

MICROZONIFICACION SISMICA-GEOTECNICA

PAJONAL BAJO

NASCA-ICA

PUEBLOS VIEJO Y NUEVO.

ALBERTO JOSÉ MARTÍNEZ VARGAS : PROFESOR EMÉRITO U.N.I. M.I, ING° CIVIL.
JOSÉ ALBERTO MARTÍNEZ DEL ROSARIO : ING° CIVIL GEOTÉCNICO

RESUMEN

Se presenta un Modelo experimentado, como alternativa de reconstrucción y/o reubicación de los pueblos arrasados por los sismos, basado en las características sismo geotécnica, ausente en las Ciudades Urbanas, y más en las Rurales del Perú, debido a que la información es generalizada, y sin información de los sus recursos naturales para la construcción de viviendas, deseable conocer antes que los sismos causen un desastre. Entre las medidas de prevención durante la emergencia, es la demanda de viviendas en limitado tiempo y escaso financiamiento no consecuente al problema social. El éxito de una microzonificación, depende del buen criterio geotécnico, para proporcionar la información rápida e indispensable en mapas básicos y aplicados para evaluar el nivel del peligro y conocer la vulnerabilidad condición en la toma de decisión de una inversión justa al fin social y humanitario. El mapa de microzonificación da al planificador, arquitecto e ingeniero civil la mejor distribución y uso de las áreas en zonas más seguras que evite mayores daños en el futuro.

1.- INTRODUCCION.

Como consecuencia de los daños y destrucción de viviendas en el último sismo en Nasca-Ica del 12/11/96, se seleccionó a los Pueblos Viejo y Nuevo de Pajonal Bajo, para la investigación de un Modelo Sísmico Geotécnico experimental (**Ref. 1**). El sismo fue importante más que por su intensidad, por el colapso de viviendas de adobes, material representativo y común en ciudades y pueblos de Nasca, como en toda la costa del Perú, la falta proyectos de vivienda económica, segura y al alcance de la gran mayoría, ésta situación socioeconómica compromete la seguridad de estos pueblos olvidados y sólo recordados cuando son destruidos por los sismos.

2.- UBICACION.

La zona investigada se encuentra al Sur del Perú, en el departamento de Ica, Provincia y Distrito de Nasca. Se llega por la carretera Panamericana en el desvío del Km. 457, margen derecha, se llega por camino carrozable al Pueblo de Pajonal Bajo.

3.- INFORMACION GEOTECNICA BASICA DE PAJONAL BAJO.

3.1.- TOPOGRAFICA.

Se realizó el levantamiento topográfico a escala 1:500 y 1:1000, para ambos pueblos (**Fig.1**), el relieve es plano con pequeñas depresiones de 2m a 5 m, los cauces son cárcavas con fondos planos y transformadas en terrenos de cultivo los pueblos ocupan pequeñas lomas alargadas en dirección E-W. Siendo de mayor longitud y área (4 Ha) Pueblo Nuevo.

3.2.- GEOLOGICA.

3.2.1.- Regional.

Los Pueblos se encuentran sobre sedimentos finos a gruesos predominando los depósitos del cuaternario reciente, tipo glacial-aluvional como parte de la extensa llanura Preandina uniforme.

3.2.2.- Local. Pueblo Viejo.

Los sedimentos de las lomas alargadas son limosos arenosos sueltos con sales y sulfatos; su origen eran por las avenidas de flujo aluvionales de lodos de la cuenca alta que las pampas áridas y erosionó levemente al sedimento glacial gravoso de clastos achatados de dioritas y granito rosado.

No hay evidencias neotectónica, el espesor superficial de las lomas erosionadas es menor de 5m. y un desnivel menor de 1.00 m, respecto a Pueblo Nuevo parece erosión eólica donde puede incidir favorablemente la inundación. En el Mapa (**Fig. 2**), se incorpora las características geológicas y geomorfológicas.

3.2.3.- Pueblo Nuevo.

Con sedimentos arenosos, limosos a gravosos sub-angulosos a sub-redondeados, su matriz arenosa-limosa es suelta de origen glacial, intercalan lentes recientes aluvionales y eólicos de limos y arenas finas en espesor de 2m. El sedimento gravoso fino a medio, con escarpas que varían de 2 a 5m. de altura con taludes inclinados de 20° a 26° de la erosión aluvional.

3.3.- GEOMORFOLOGIA.

3.3.1.- Regional.

Se encuentra dentro la llanura Preandina muy cerca a la Cordillera de la Costa, es parte de un abanico fluvial-aluvional más o menos uniforme caracterizado por las pequeñas lomas remanente de la erosión de las laderas, cuyas áreas fueron ocupadas por antiguas Haciendas y actualmente por Pueblos Rurales.

3.3.2.- Local. Pueblo Viejo.

Su geoforma tiene el aspecto de una isla rodeada por las riberas de los cauces planos, por la resistencia de los sedimentos gravosos limosos, en cambio los limosos a arenosos son sensibles a la erosión de las lluvias y flujos de lodo durante las avenidas y la acción eólica.

El drenaje es discontinuo, cuyos cauces son muy heterogénea en dirección Este-Oeste, donde las pequeñas lomas destacan por su longitud y su ligero desnivel que favorece la inundación del área al NW.

3.3.3.- Pueblo Nuevo.

Con similar características (**Fig. 2**), la parte central está deprimida por la acción erosiva predominante de los vientos fuertes donde la deflación es mayor en los suelos finos, repitiéndose el modelo de cárcavas planas a nivel regional. En ambos pueblos la influencia del viento ha esculpido desniveles en la parte central que deben considerarse para su protección con forestación.

4.- GEOTECNIA DE PAJONAL BAJO.

4.1.- SISMICA.

Se considera como suficiente los resultados del estudio de Peligro sísmico de Ica del proyecto del afianzamiento hídrico de Cañete y complementa las consideraciones de Neotectónica del Cuaternario más reciente, pues, no existen evidencias de fallas activas en Pajonal Bajo. Las características sísmicas de mayor interés para el Mapa de zonificación son:

4.1.1.- En el área estudiada de Nasca y Acari (**Ref. 2 y 3**), se han producido históricamente (24 Agosto, 1942), sismos de intensidades IX de la escala de Mercalli-Modificada, y el más reciente del 12/11/96, de I MM = VII.

- 4.1.2.-** Las condiciones sismo-tectónica regional y local indican que el peligro sísmico esta influenciado por sismos de subducción y continentales superficiales, debido a la actividad de la Placa de Nazca. Los estudios deterministico indican que : El sismo extremo tendra una aceleración máxima de 0.29g. Producido por un sismo costanero de subducción. El sismo de operación tiene una aceleración mínima de 0.10g.
- 4.1.3.-** Se recomienda en el diseño pseudo estático de viviendas un coeficiente, $\alpha = 0.15$ a 0.20.
- 4.1.4.-** Según las Normas Peruanas Sismo Resistentes (**Ref. 4**), para determinar la fuerza horizontal sísmica, debe tenerse en cuenta que: El área se encuentra en la Zona-1, como sismicidad alta, que en el Mapa de zonificación Sísmica del Perú, recomienda usar: Período natural $T_s = 0.9$ seg (suelo granular suelto). $T_s = 1.0$ (suelo fino suelto). Factor suelo $S = 1.4$ del tipo III.
- 4.1.5.-** Es importante hacer notar que los daños en viviendas de adobe, han sido similares tanto en suelo finos como granulares, se presume que el efecto de amplificación sísmica se ha presentado; no asi la resonancia, y por encontrarse el nivel de la napa freática a más de 30m no hay condición de licuación.

4.2.- MECANICA DE SUELOS.

En el estudio de Mecánica de Suelos se dan mayores detalles de los resultado de las pruebas y análisis evaluados (**Ref. 5**), considerado en el mapa de mecánica de suelos (**Fig.3**), que se complementa con la (**Ref. 6**), las características más importantes de 7 calicatas hasta 3 m. y 3 pruebas penetración dinámica P.D.L hasta 2.50m de profundidad, con los perfiles, secciones transversales son determinados los parámetros ($\gamma_t=1.37 \text{ t/m}^3$, $\phi = 28^\circ$) y $N=15(\text{SPT})$ usados en el análisis de la cimentación.

- 4.2.1.-** Los suelos clasificados como finos: son arena limosa, predominante y superficial en el área de Pueblo Viejo y gravosos arenosos en Pueblo Nuevo, concuerda con las observaciones geológica y geomorfológica de campo.
- 4.2.2.-** El comportamiento deficiente de los cimientos en Pajonal Bajo, y el colapso en viviendas de adobe, no depende de la calidad de resistencia del suelo de la cimentación, sino principalmente al pesimo material usado en la preparación del adobe, pues los daños son similares en suelos finos, limosos, arenosos, arcillosos, limo-gravosos y/o arenas gravosa. Atribuimos, tambien a las diferentes dimensiones de los adobes y deficiencia en la fabricación, fallas constructivas, y principalmente al abuso del uso de vigas de concreto sobre muros de adobes, modificaciones de ambientes amplio de la antigua vivienda de la Hacienda a espacio menores cuando pasaron a ser cooperativa. El estudio de mecánica de suelos usado para la microzonificación es generalizado para una zona y para un nivel de peligro determinado, no recomendable para cualquier otra cimentación como viviendas de más de dos pisos o estructuras especiales, en cuyo caso debe ejecutarse estudio especifico.
- 4.2.3.-** En el Mapa de la (**Fig. 3**), en la leyenda, se ha introducido la simbologia correspondiente. El nivel de la napa freática se encuentra por lo menos a 30 m.de profundidad y en el pozo de agua existente llega a 60 m. no se espera el fenómeno de licuación.

4.2.4.- Capacidad portante admisible, para viviendas hasta dos pisos, $q_{ad} = 1$ a 2 kg/cm^2 , y el nivel de cimentación $D_f = 1.20 \text{ m.}$, adecuado para cimientos superficiales de zapatas aisladas cuadradas o rectangulares, así como las conectadas según los requerimientos; no se recomienda cimentación corrida en Pueblo Viejo, las viviendas de quincha mejoradas por su poco peso no es relevante q_{ad} .

4.2.5.- Agresividad de sales y sulfatos, en el campo se detecto áreas oscuras en los suelos humedecido cerca al canal que atravieza Pueblo Viejo, al lado de la Iglesia totalmente destruida, que indican la presencia de sales en zona árida, 5 especímenes fueron seleccionados y analizados cuyos resultados en la (**Tabla-1**), son comparados con los límites del A.C.I. Se recomienda en Pajonal construirse con cemento tipo V o su equivalente como el cemento Yura. Así mismo considerar las precauciones en la selección de los materiales usados en los sistemas de agua y desagüe para evitar la corrosión de las tuberías, empalmes ,conexiones metálicas, etc. En el caso de las viviendas de quincha mejorada se recomienda evitar usar los primeros 0.40m del suelo superficial para eliminar el efecto de la humedad sobre la cimentación.

4.3.- INUNDACIONES Y EFECTO EOLICO.

4.3.1.- Inundación, aún cuando el lodo, barro arenoso y agua fluyen en un lecho plano, en los cauces son notorias las cárcavas en algunas partes altas de la cuenca como en el pueblo rural de Copara, los testimonios encontrados de erosión y escarpas en la zona del estudio. producidas en épocas de lluvias fuertes, advierte tomar prevenciones frente al Niño. siendo lo más importante, que ninguna de las zonas bajas de los terrenos agrícola no son recomendables para ubicar viviendas, menos para una población rural, son áreas inundable al Oeste del Pueblo Viejo. Se recomienda como medida de prevención reforzar las defensas vivas con árboles.

4.3.2.- Eólica, en la zona es conocida la acción eólica por los fuertes vientos algunos lo identifican con los Paracas que pasan en la misma época, donde además del efecto de la fuerza del viento en los techos, es la contaminación al producir una polvoreda que cubre el cielo y otras veces son las acumulación de arenas finas durante la preparación de los terrenos de cultivo cuando están secos. Para los techos ligeros y de esteras, caña de guayaquil o carrizo de las viviendas, se recomienda un mejor amarre; con una viga collar y/o cambiar el tipo de fijación del techo usando pequeños tijerales metálico como el usado en la Escuela. Otra alternativa, es lo referente a la forestación con árboles en las riberas laterales que miran al sur, mejor los de copas fondosas para disminuir el efecto eólico.

4.4.- ANTROPICOS.

4.4.1.- Contaminación. El efecto producido en los pobladores, que no han tenido ni tienen servicios básicos de agua potable, desagüe y luz, debido a su costumbre de tener los corrales de ganado, chancherías y aves detrás de sus viviendas. y cerca a los silos ubicados en las riberas, donde las basuras es arrojada sin ningún tratamiento; aumentan la contaminación actualmente existe plagas de rata, pulga y pique que requieren de fumigación.

4.4.2.- Depredación. El efecto antrópico con la depredación por la tala de las Casuarinas de la antigua Hacienda, que daba una protección en el ambiente ecológico conjuntamente con los eucaliptos, la falta educación puede iniciarse a través de talleres, enseñandoles a cuidar, proteger y fomentar la forestación periódicamente.

para mantener las defensas naturales y reducir de la contaminación ambiental se recomienda:

4.4.2.1.-Pueblo Viejo, llevar el trazo de un nuevo camino paralelo a la ladera contaminada, así como un canal o acequia de regadillo para asegurar que los árboles de la forestación con frutales permitan conservarse como existe en Pueblo Nuevo.

4.4.2.2.-Pueblo Nuevo, es donde menos protección se tiene al efecto eólico se recomienda su forestación principalmente contra los vientos y sedimentos arrastrados.

5.- EVALUACION DEL PELIGRO.

Para cada pueblo se ha evaluado el Peligro existente (**Fig. 4**), en función de la información sísmica geotécnica obtenida de las condiciones básicas y aplicadas principalmente el sísmico, inundación, erosión, estabilidad de taludes y la acción eólica del viento, fueron analizadas y evaluadas según su escala y nivel correspondientes presentados en la leyenda (**Tabla-2**), para el área disponible en Pueblo Viejo el nivel es severo (S) y en Pueblo Nuevo es importante (I).

Por la diferencia de resistencia de los suelos existentes, es mejor en Pueblo Nuevo. Siendo por tanto recomendable la alternativa de quincha mejorada que la de bloquetas de mortero de arena y cemento más pesadas y con la limitación del contenido de sales y sulfatos en las arenas y su fragilidad. Las construcciones en material noble con ladrillos de arcilla cocida se comportarán bien como en la Escuela, la losa de deportiva, así como algunas estructuras o elementos como pórticos, pilares, columnas, vigas de concreto armado no fallaron, sugiere una alternativa contra sismo, sin embargo no para el alcance y posibilidades de los pobladores para disponer de viviendas convencionales en forma rápida durante la emergencia y en la reconstrucción, fué sin dudas la mejor opción la quincha mejorada.

6.- EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD.

En función de los resultados de los efectos del desastre ocurrido y los posibles en el área disponible se presenta la zonificación y su vulnerabilidad (**Fig. 5**), encontrando para:

6.1.- Pueblo Viejo.

Una vulnerabilidad Alta (A) a Media (M), está descartada y/o superada a mejorar su condición de cimentación y defensas contra la inundación; debido a los malos suelos limosos, se espera efecto sísmico en las viviendas de material noble donde se produzcan algunos daños (A.D.); y condiciones severas (S), de estabilidad de taludes y la acción eólica.

6.2.- El Pueblo Nuevo.

De vulnerabilidad Baja (B) a Nula (N), es recomendable para la reubicación de viviendas y permite disponer de mayor área incluyendo las de expansión.

7.- MICROZONIFICACION.

El mapa de microzonificación sísmica geotécnica (**Fig-6**), se obtuvo analizando los niveles de peligro y vulnerabilidad, resultando con mayor área segura la zona (I), en Pueblo Nuevo, por lo que finalmente se recomendó la reubicación y construcción de viviendas con quincha mejorada así como su abastecimiento de agua potable con ayuda de la Cooperación Canadiense.

8.- RECOMENDACIONES.

- 8.1.-** Se recomienda las áreas del Pueblo Nuevo, para la reubicación y construcción de las viviendas con material noble y/o quincha mejorada por tener zonas seguras y menos vulnerables a la inundación.
- 8.2.-** Las áreas disponibles son de pequeña extensión, para ubicar toda en una sola, recomendada para la reubicación y construcción por sus mejores condiciones sismo geotécnica de Pueblo Nuevo.
- 8.3.-** Se sugiere que las áreas de Pueblo Viejo sea dedicada a la ubicación del Centro Educativo, Deportivo, Iglesia, Oficinas Administrativas como los Depósitos del Ministerio de Agricultura, Almacenes Comunales, y áreas verdes de recreación. Y Pueblo Nuevo quedaría para el uso exclusivo de viviendas y algunos servicios comunales; queda claro que cambios en el uso del suelo que no consideren los efectos sísmicos geotécnicos será de responsabilidad del planificador y/o arquitecto que tendrán que justificar los usos dentro de la seguridad y prevención adecuada.
- 8.4.-** La mejor ubicación y distribución de viviendas es en dirección S-N, para el menor efecto del viento, así como la orientación de la salida y ocultamiento del sol. para disponer de mayor luminosidad o los efectos colaterales del fuerte calor de la zona que se producen en los Pueblos orientados en su mayor longitud y con techos bajos.
- 8.5.-** La falta de recursos naturales como material de construcción, y los malos suelos li mosos arenosos y salitrosos descarta la alternativa de bloquetas de mortero, requieren zarandeo, eliminación de finos y análisis de sales y sulfatos antes de usarse, existe agua subterránea para el riego de la explotación del pozo que puede usarse en la construcción.

9.- CONCLUSION.

Es posible disponer en el Perú, una microzonificación sísmica geotécnica en los Pueblos Rurales y Ciudades sinistradas olvidadas, en forma práctica, rápida y económica aprovechando los recursos naturales en la reconstrucción, permitiendo una planificación con prevención y seguridad dentro de un futuro desarrollo que permita vivir dignamente.

Esta es una publicación del L.g.g.a-N-150 . De FIC-UNI Lim-Peru, presentada en una ponencia al XI –CONIC-Trujillo- 1999.

10.-ANEXOS:

MAPAS GEOTÉCNICOS VER FIG 1 AL 6.

TABLA-1.

AGRESIVIDAD DE SALES Y SULFATOS

COMPONENTES. UBICACIÓN.	Cl. (p.p.m.)	SO ₄ (p.p.m.)	LIMITES Comité 315-85, ACI.
IGLESÍA.	86,877	13,800	CLORUROS (> 6000)
ADOBE PAJONAL ANTIGÜO.	39,006	6,340	PERJUDICIAL
MUESTRA-5, PUEBLO NUEVO.	63,828	9,820	SULFATOS (0-1000) LEVE
MUESTRA-1B, PUEBLO VIEJO.	72,693	10,580	(2000-20000) SEVERO
CANTERA.	538	136	(>20000) MUY SEVERO

TABLA-2.

EVALUACION SISMICA-GEOTECNICA.
PAJONAL BAJO NAZCA -ICA.

MICROZONIFICACION DE LOS
PUEBLOS VIEJO Y NUEVO.

EVALUACION DE EVENTOS	DESASTRES NATURALES					ANTROPICOS	NIVELES			EVALUACION
	SISMICO		INUNDACION Y EROSION	ESTABILIDAD DE TALUDES	EOLICO VIENTOS		PELIGRO	VULNERABILIDAD	ZONAS	
ALTERNATIVA										
PUEBLO VIEJO	S	AD	I	S	S	S	S	A a M	II y III	DESCARTADA PARA VIVIENDAS RECOMENDADA PARA CENTRO EDUCACIONAL DEPORTIVO Y OTROS.
PUEBLO NUEVO	S	N	AD	AD	S	I	I	M a B	I, II Y III	SELECCIONADA PARA VIVIENDAS, REQUIERE DEFINIR VÍAS.

Evaluated by A. Martínez Vargas (1997).

LEYENDA :

PELIGRO

S = SEVERO
I = IMPORTANTE
AD = ALGUNOS DAÑOS
N = NULA O POCA

VULNERABILIDAD

A = ALTA
M = MEDIA
B = BAJA
N = NULA

ZONAS

III = CRITICA
II = SEGURA
I = MAS SEGURA

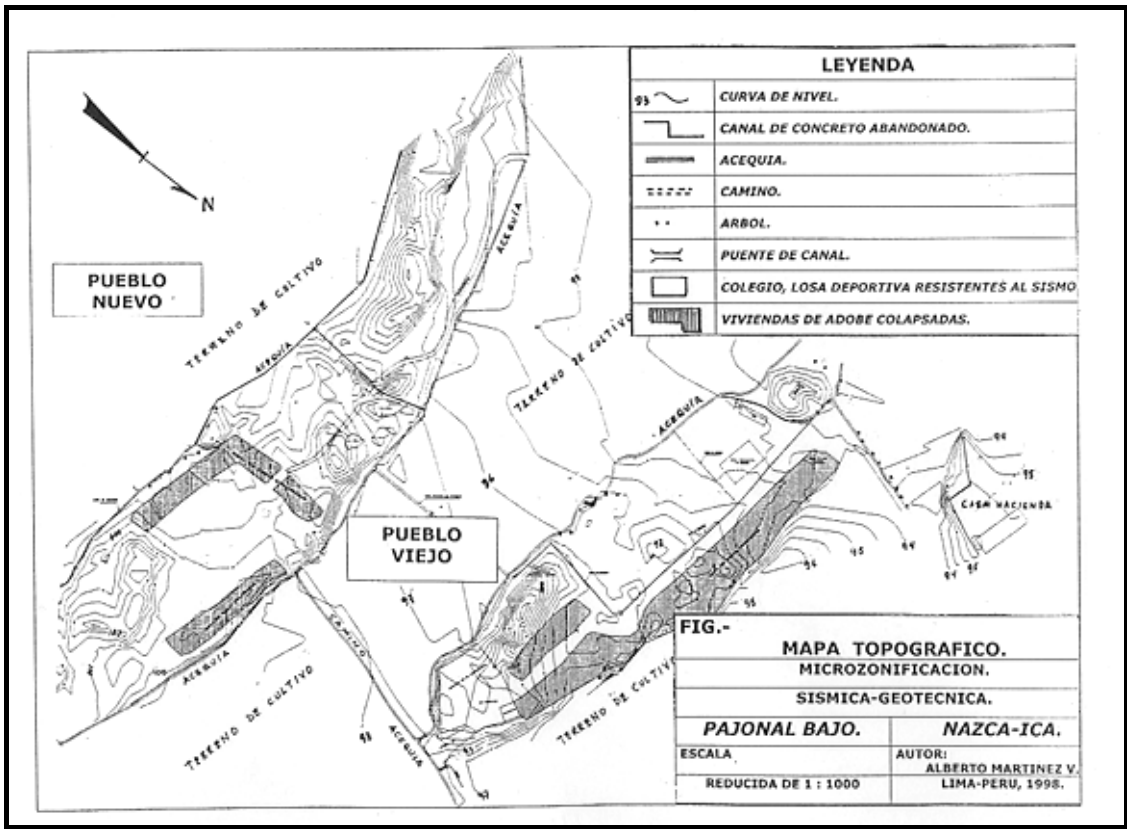


FIG.-1

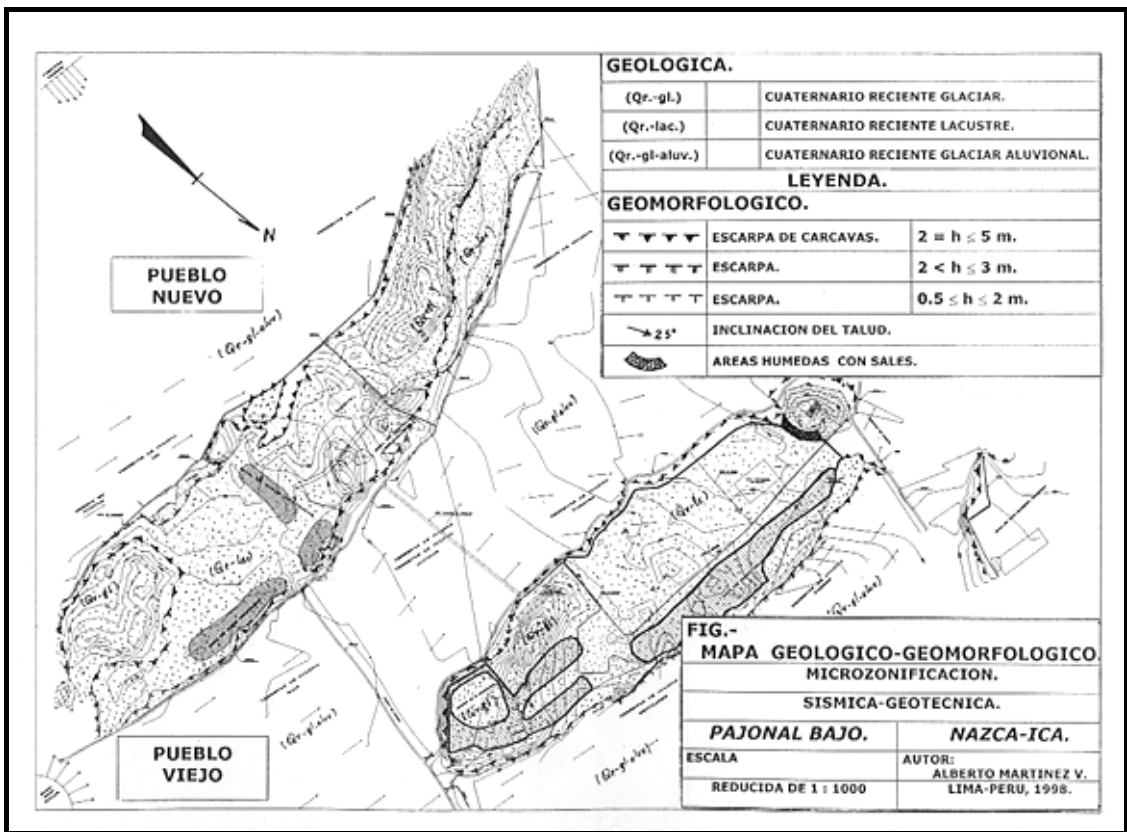


FIG.-2

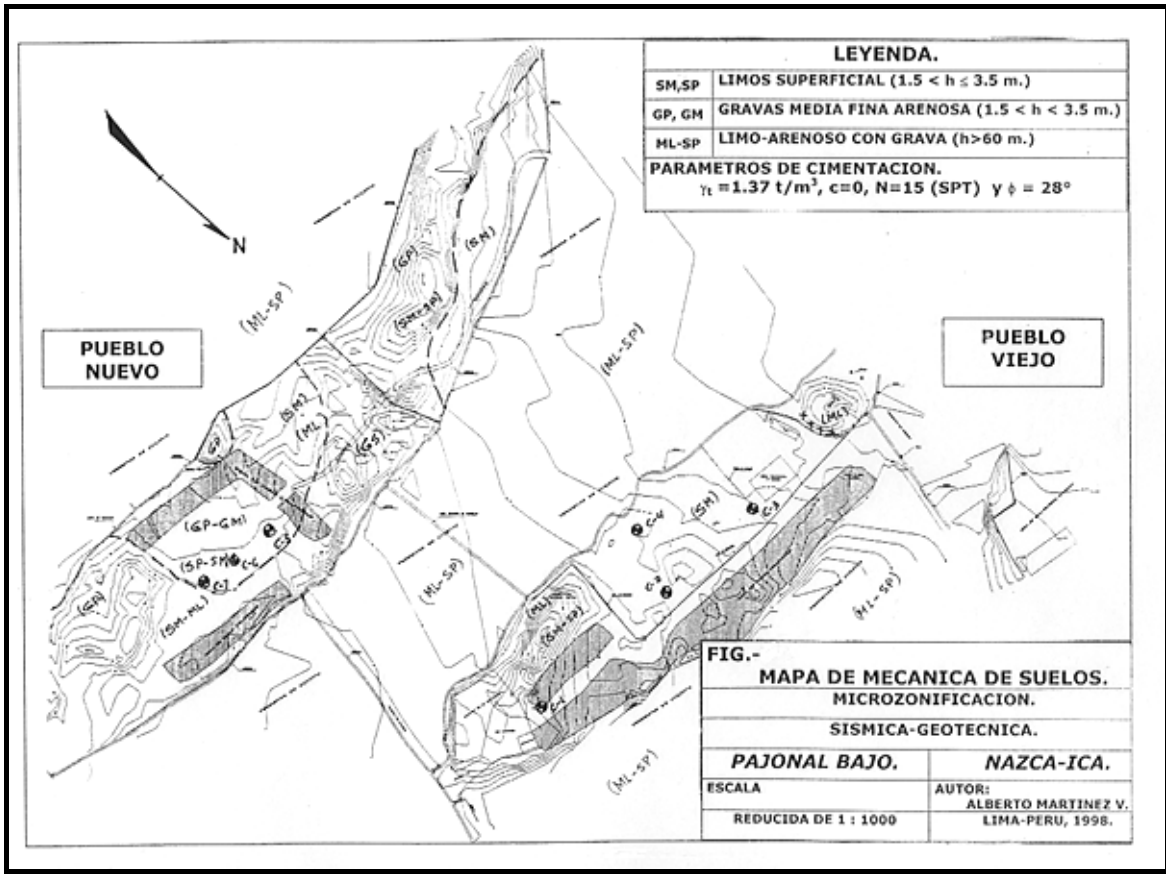


FIG.-3

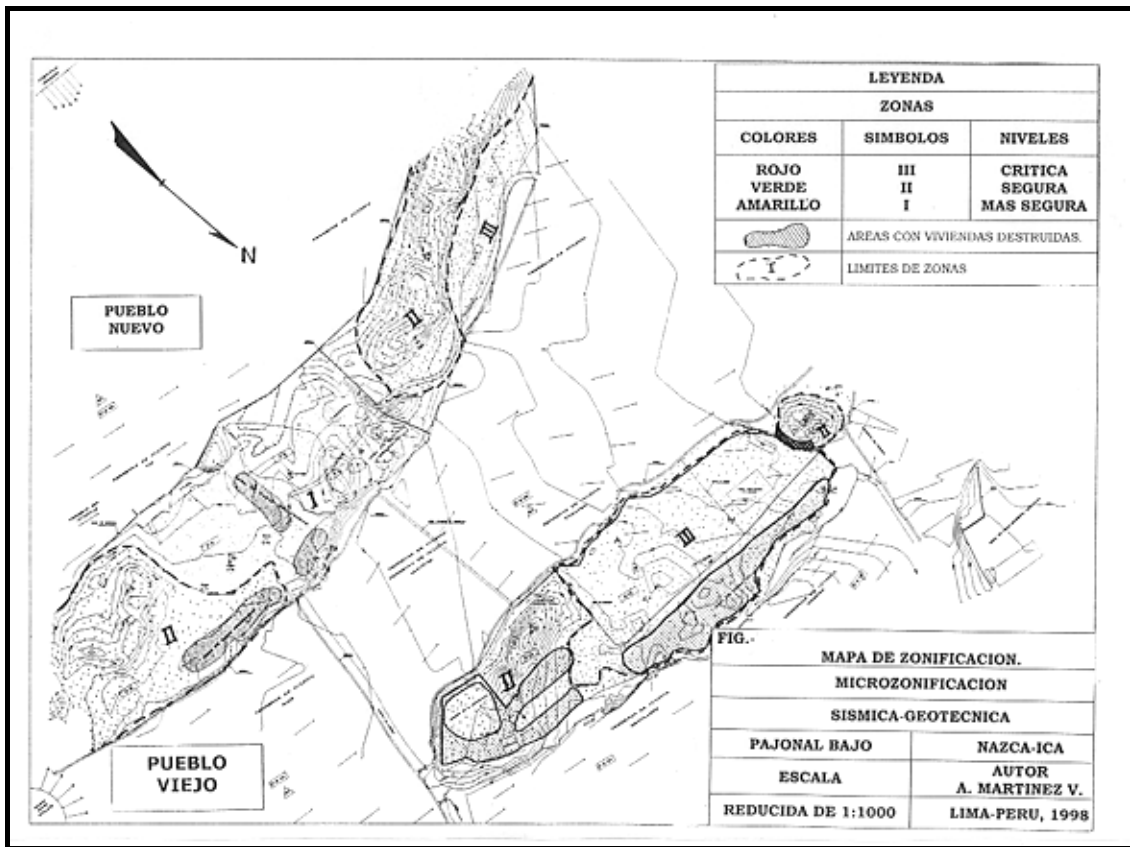


FIG.-4

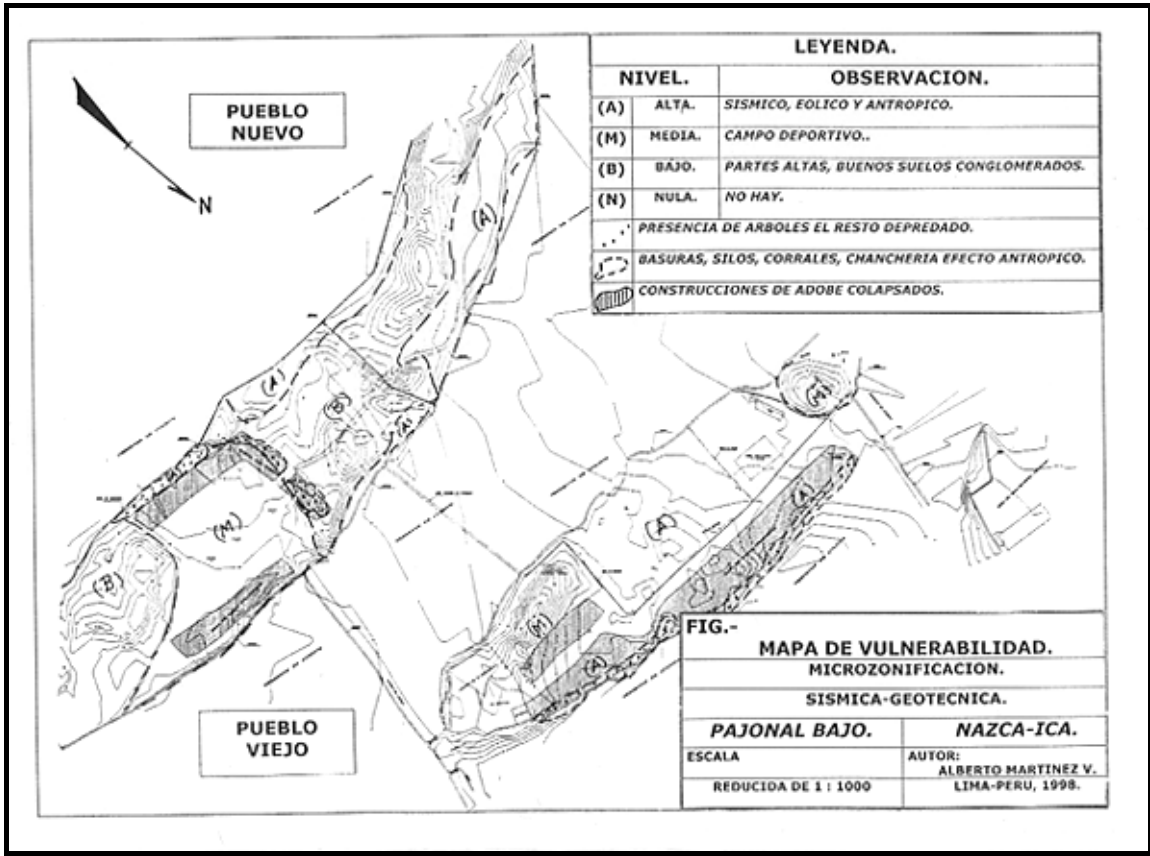


FIG-5

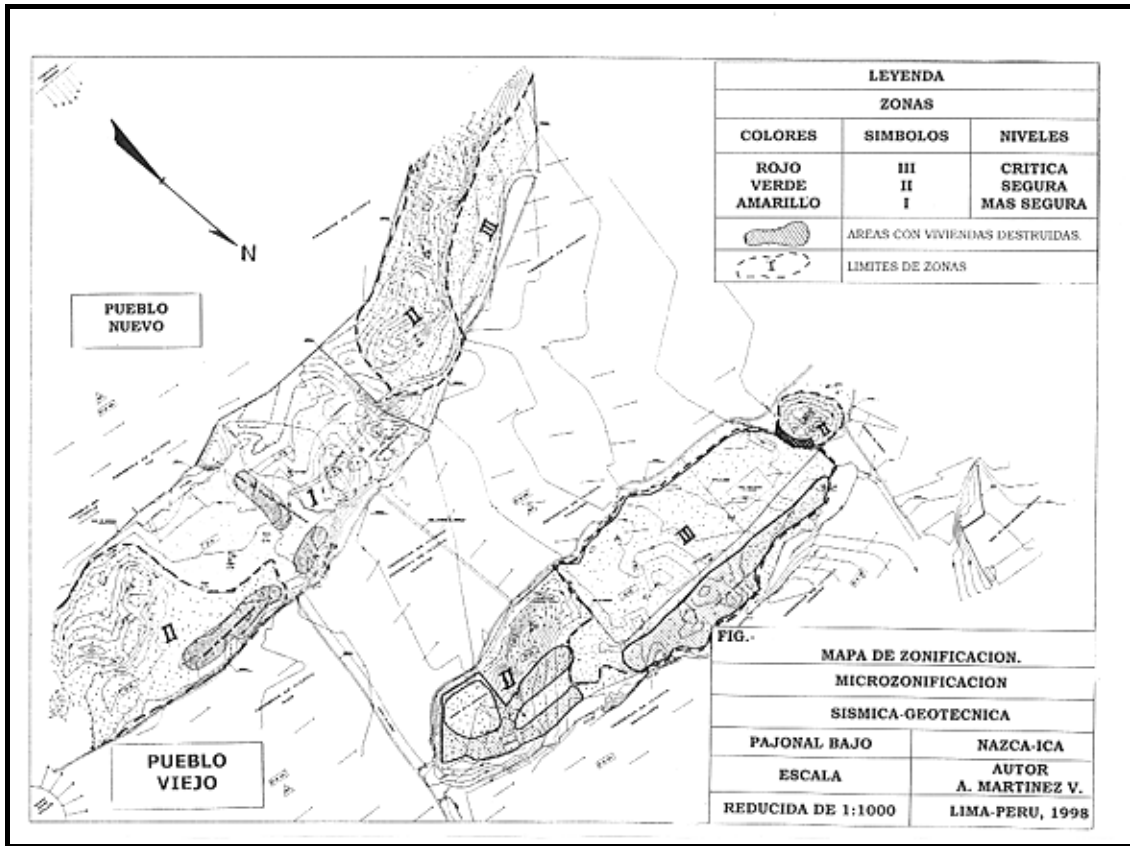


FIG-6

FIG.-611.-REFERENCIAS.

- 1.- Martínez Vargas Alberto José. “Daños en el Pueblo de Pajonal Bajo en Nazca sismo del 12/11/96. Informe técnico, PREDES-1997.**
- 2.- I.G.P. “El sismo de Nazca-Perú del 12 de Noviembre de 1996” Informe preliminar, 1997.**
- 3.- CISMID,FIC-UNI. “Sismo de Nasca del 12 de Noviembre de 1996” Piqué J., Revista El Ingeniero Civil, 1997.**
- 4.- M.T.C.“Norma E030 de Edificaciones Sismo resistente”, Revista El Ingeniero-1997.**
- 5.- Martínez Del Rosario José Alberto.”Estudio de Mecánica de Suelos- Microzonificación de Pajonal Bajo-Nazca: Pueblos Viejo y Nuevo, ”PREDES-1997.**
- 6.- M.T.C. “Norma E.050, Suelos y Cimentaciones”, Reglamento Nacional de Construcción Vice Ministro de Vivienda y Construcción, SENCICO-1997.**