



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**Escuela de Graduados**



**“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES  
DE LA ALBAÑILERIA PRODUCIDA CON UNIDADES FABRICADAS  
EN LA REGIÓN CENTRAL JUNIN”**

**Tesis para optar el grado académico de  
Magíster en Ingeniería Civil**

**Presentada por:**

**DIONISIA ROSA AGUIRRE GASPAR**

**Lima - Perú**

**DIC.- 2004**

**AGRADECIMIENTO :**

A la Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Graduados, por contribuir en mi formación profesional, en la persona del Dr. Marcial Blondet.

Al Mag. Daniel Quiun Wong, mi asesor por su orientación para el desarrollo de la presente tesis.

Al Ing. José Augusto Meza Figueroa, mi esposo por su apoyo y comprensión.

A todas aquellas personas, que de alguna manera han colaborado con el desarrollo de esta tesis.



**DEDICATORIA :**

A : José, mi esposo.

Paola y Fresia, mis hijas.

Eliseo y Liduvina, mis padres.

Miriam y Jesús, mis hermanos.

Amanda, mi cuñada.

## RESUMEN

La presente tesis se desarrolló con la finalidad de determinar principalmente las características estructurales de la albañilería y sus componentes, con unidades fabricadas artesanalmente en las diferentes zonas de la región Junín. Primero se registró a los artesanos, se identificó las características principales de la materia prima, la oferta-demanda de las unidades en el mercado, el proceso de producción y se zonificó en cuatro grupos (Palián, Cajas, Saño y Jauja). Después se realizó los ensayos de laboratorio, con materiales de las cuatro zonas como se resume a continuación.

1.- Ensayos de la unidad (variación dimensional, alabeo, compresión, absorción, densidad, succión y tracción por flexión). De los resultados obtenidos se concluye que las unidades ensayadas a compresión no alcanzan el valor mínimo especificado en la Norma E.070 vigente, siendo el promedio de las cuatro zonas de  $39.4 \text{ kg/cm}^2$ ; sin embargo, con los resultados de los otros ensayos, estas clasifican como II o III.

2.- Ensayos de la albañilería simple fabricadas con estas unidades: compresión de pilas donde se determinó la resistencia promedio  $f'm = 27.9 \text{ kg/cm}^2$  ( $2.84 \text{ MPa}$ ) y el módulo de elasticidad promedio  $E_m = 11570 \text{ kg/cm}^2$  ( $1.18 \text{ GPa}$ ); compresión diagonal de muretes donde se obtuvo la resistencia promedio al corte  $v'm = 5.7 \text{ kg/cm}^2$  ( $0.58 \text{ MPa}$ ) y el módulo de corte promedio  $G_m = 6640 \text{ kg/cm}^2$  ( $0.68 \text{ GPa}$ ). De los resultados obtenidos se puede decir que la albañilería tiene baja resistencia en compresión y regular comportamiento en corte.

3.- Ensayos del mortero fabricado con agregado de la cantera del río Mantaro; se obtuvo los siguientes resultados: resistencia en compresión  $R_c = 86.1 \text{ kg/cm}^2$  ( $8.77 \text{ MPa}$ ), fluidez = 186% y la adherencia por flexión es de  $7.24 \text{ kg/cm}^2$  ( $0.74 \text{ MPa}$ ).

Finalmente, se describió la tipología de las construcciones que predominan en la región central Junín, mostrando en forma visual y descriptiva los procesos constructivos característicos, así como las conclusiones y las recomendaciones de cada uno de los tópicos desarrollados.

## INTRODUCCIÓN

El hábitat para los seres humanos, desde que el hombre dejó de ser un nómada, se ha convertido en un reto y en una necesidad primordial, resumida en la actualidad en un "sueño de la casa propia". Según las estadísticas de los Censos Nacionales IX de población y IV de vivienda de 1993, se tiene que el 36% del total de las viviendas en nuestro país son de albañilería y el 43% de adobe. Dentro de las primeras la gran mayoría son del tipo albañilería confinada.

Dado de que la albañilería confinada es el material de construcción de viviendas predominante en el Perú, y que atiende a la clase media a baja, se elabora el presente estudio buscando ampliar los conocimientos y experimentos realizados en la PUCP, con materiales de las ciudades de Lima, región Grau y ahora en la región Central Junín.

Las viviendas de albañilería son económicas y están al alcance de las clases sociales populares, cuya demanda está entre dos a 5 pisos; según el Ing. Héctor Gallegos (1989), se tiene una ventaja económica de hasta 25% respecto a una solución aporticada u otro tipo.

En la región Central, al igual que el resto del País, los muros de albañilería confinada son construidos con unidades fabricadas en la propia región que son elaboradas por medios tradicionales y de forma artesanal. A pesar de este uso masivo, no se tiene hasta la fecha ninguna información básica sobre las características estructurales de estas unidades de albañilería y el comportamiento estructural de este sistema constructivo, lo que conduce en la mayoría de los casos a un diseño aproximado, o la incertidumbre de las soluciones adoptadas. En otros casos, hay una actitud de reserva, relegando este material por otros ya conocidos, de procedencia fuera de la región, especialmente de la capital Lima; lo que también trae como consecuencia la pérdida del mercado local y del aparato productivo regional.

La calidad estructural de la albañilería simple se puede medir en función de la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad, la resistencia al corte y el módulo de corte de la albañilería, que a su vez es dependiente de la calidad de la unidad, del mortero y de la mano de obra empleada. Por tanto, para alcanzar estos objetivos, el presente estudio se sintetizó en 5 capítulos:

En el Capítulo I se presenta las consideraciones del estudio, antecedentes, alcances y objetivos; se identificó la ubicación y las características predominantes de las canteras de la región central Junín, para la fabricación de las unidades de arcilla y se seleccionaron algunos productores para la toma de muestras.

En el Capítulo II, se describe los aspectos generales de la producción de las fábricas de unidades de ladrillo; también se dan detalles del proceso más representativo para la elaboración de estas unidades incluidos sus costos, rendimientos y volumen de producción.

En el Capítulo III se describen las metodologías y se muestran los resultados de los ensayos que se hacen a las unidades: variación dimensional, alabeo, compresión, absorción, densidad, succión y tracción por flexión; ensayos al mortero: resistencia a compresión y fluidez; y ensayos a la albañilería: compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes.

A continuación en el capítulo IV, se describe la historia de la albañilería, la tipología de las construcciones que predominan en la región Junín, mostrando en forma visual y descriptiva los procesos constructivos característicos. Se hace una evaluación de cuatro edificaciones existentes representativas, mostrando sus deficiencias estructurales.

Finalmente, en el último capítulo se presentan las conclusiones del trabajo y las recomendaciones al proceso de fabricación y al control de calidad de la albañilería producida con unidades de arcilla fabricadas artesanalmente, como elemento estructural. Se enfatiza en la baja calidad estructural de las unidades artesanales y en la albañilería construida con ellas.

## INDICE GENERAL

### CAPITULO I

#### CONSIDERACIONES GENERALES, UBICACIÓN, DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA, Y TOMA DE MUESTRAS

1.1. Generalidades	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación	2
1.1.3 Alcances del estudio	5
1.1.4 Objetivos	8
1.2. Materia Prima	8
1.2.1 Información técnica sobre las arcillas	8
1.2.2 Ubicación de las canteras	9
1.2.3 Descripción de las canteras de arcillas	11
1.3. Identificación de productores artesanales	14
1.3.1 Condición socio-económica de los productores	14
1.3.2 Localización y registro de ladrilleras	15
1.4.- Muestreo de las unidades de Albañilería (ladrillos)	25
1.4.1 Marco conceptual	25
1.4.2 Criterios de zonificación	25
1.4.3 Número de Muestras	26

1.4.4	Identificación de Muestras	27
1.4.5	Resumen	28

## CAPITULO II

### PROCESO ARTESANAL UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, COSTOS Y VOLUMEN DE PRODUCCIÓN

2.1.	Actividades del Proceso de fabricación	29
2.1.1	Extracción del Material	29
2.1.2	Dosificación, mezcla y amasado	32
2.1.3	Moldeado de las unidades	35
2.1.4	Secado de las unidades	37
2.1.5	Calcinado de las unidades	38
2.2	Costos de producción	41
2.3	Comercialización de las unidades	42
2.4	Volumen de producción	43

## CAPITULO III

### ENSAYOS DE LAS UNIDADES Y ALBAÑILERÍA SIMPLE, RESULTADOS Y CLASIFICACION SEGÚN NORMAS

3.1.	Propiedades de la unidad de la Albañilería	44
3.1.1.	Resultados e interpretación de los ensayos realizados	44
3.1.1.1.	Ensayo de variación dimensional	44
3.1.1.2.	Alabeo	51

3.1.1.3. Ensayo de compresión de la unidad	53
3.1.1.4. Ensayo de tracción por flexión	58
3.1.1.5. Peso específico y humedad natural	62
3.1.1.6. Succión	66
3.1.1.7. Ensayos de absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación	69
3.2. Propiedades de la Albañilería Simple	72
3.2.1. Ensayos de Pilas	72
3.2.1.1. Determinación del módulo de elasticidad	72
3.2.1.2. Determinación de la resistencia a la compresión	75
3.2.1.3. Modo de falla	77
3.2.2. Ensayos de resistencia al corte (muretes)	79
3.2.2.1. Determinación del módulo de corte	79
3.2.2.2. Determinación de la resistencia al corte	81
3.2.2.3. Modo de falla	82
3.3. Comparación de resultados de $f'_m$ - $E_m$ y $E_m$ - $G_m$	84
3.4. Comparación de resultados de $f'_m$ - $v'_m$ y $f'_m$ - $f'_b$	85
3.5. Propiedades del mortero	87
3.5.1. Ensayo de consistencia o fluidez	87
3.5.2. Ensayo de compresión de cubos	88
3.5.3. Ensayo de adhesión	93

**CAPITULO IV****EVALUACIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN EN LA REGIÓN CENTRAL  
JUNÍN**

4.1. Consideraciones generales	96
4.1.1. Historia de la albañilería en el Perú y el mundo	96
4.1.2. Tipos de albañilería y especificaciones reglamentarias	100
4.1.2.1. Clasificación por la función estructural	100
4.1.2.2. Clasificación por la distribución del refuerzo	100
4.2. Tipología de la construcción en el Perú	111
4.3. Tipología de la construcción en la región central Junín	113
4.3.1. Construcciones importantes en la región central Junín	116
4.3.2. Características importantes de las construcciones	119
4.3.2.1. Unidad de Albañilería	119
4.3.2.2. Mortero	120
4.3.2.3. Mano de obra	120
4.4. Evaluación de algunas construcciones de la Región Central	121

**CAPITULO V**

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	130
---------------------------------------	-----

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	133
-----------------------------------	-----

**ANEXO 1 : ENSAYOS DE SUELOS****ANEXO 2 : GRAFICAS DE ENSAYOS (PILAS Y MURETES)****ANEXO 3: VIVIENDAS MODELOS PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD**







## CAPÍTULO I

### **CONSIDERACIONES GENERALES, UBICACIÓN, DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA, Y TOMA DE MUESTRAS**

#### **1.1. Generalidades**

##### **1.1.1. Antecedentes**

Desde el año 1980, existe un esfuerzo sostenido por la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), el Centro de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres de la Universidad Nacional de Ingeniería (CISMID-UNI) y el Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la vivienda con el propósito de evaluar las características de la albañilería en nuestro país. Esta propuesta ha tenido su primer frente de acción en el análisis de las unidades que abastecen el mercado de Lima, tanto las fabricadas artesanalmente como las fabricadas industrialmente.

En la región central, los ingenieros: Natividad Sánchez, Marcos Zapata y Hugo Granados, realizaron un estudio denominado "ANÁLISIS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PRODUCIDAS EN HUANCAYO" (1992), allí concluyeron que las unidades clasificaban como tipo I, según los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción, densidad. Los ensayos de resistencia a la compresión de las unidades f'c, cuyos resultados fueron 37.78Kg/cm<sup>2</sup> (Cajas) y 43.04kg/cm<sup>2</sup> (Palian), resultaron menores a lo especificado en la norma de albañilería ININVI 1982 vigente, para unidades del Tipo I, cuya resistencia mínima debe ser de 60 kg/cm<sup>2</sup>. Por tanto, se determinó que en esta parte del país no se podía ni se cumplía las normas. Este estudio fue publicado en el IX CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA CIVIL, Colegio de Ingenieros del Perú, Concejo Departamental de Ica-1992.

Referente a la historia de cómo llegó la albañilería confinada a la región central, según el Lic. Adm. Villanes Rubén (1990), la fabricación de unidades de albañilería, en esta parte del país, tendría lugar hacia el año 1945, cuando la constructora Tirado, de la ciudad de Lima, tuvo a su cargo la Construcción del Sanatorio Olavegoya de Jauja. Para ello instaló la primera fábrica de ladrillos dirigida por el maestro Ochoa, quien se casó con una Jaujina, y para conseguir el sustento económico de su familia continuó fabricando ladrillos. La construcción del convento de Santa Rosa de Ocopa, el Hotel de Turistas de Huancayo, entre otras edificaciones importantes de entonces, deben haber empleado ladrillo de esta fábrica.

### 1.1.2. Justificación

La región central se encuentra en una zona de actividad sísmica intermedia (zona 2, según la NTE E.030), existiendo gran cantidad de edificaciones de albañilería de hasta 6 pisos, lo que hace que éstas sean vulnerables a los efectos de los sismos, como los que se pueden apreciar en las Figuras N° 1.1. @ 1.3. Así mismo, existe la necesidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas de este material que es utilizado cada vez en mayor proporción, con la finalidad de conocer su comportamiento estructural y plantear soluciones más acertadas.



Figura N° 1.1. Colapso de edificación de albañilería (Tacna-2001)



**Figura N° 1.2.** Fisuras y falla por corte en muros de Iglesia (Arequipa-2001)



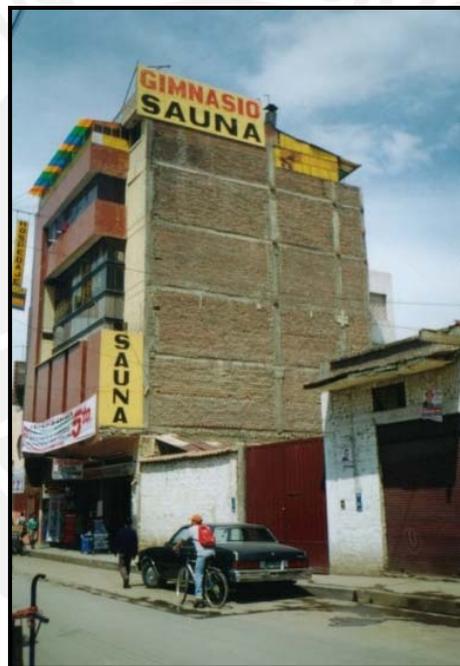
**Figura N° 1.3.** Típica falla a corte en vivienda (Arequipa-2001)

Otra característica a considerar, es conocer las técnicas constructivas, ya que se ha demostrado con evidencias, que las edificaciones de albañilería tienen un mal proceso constructivo, cuando no tienen un asesoramiento técnico como las edificaciones denominadas auto construidas, tal como son la gran mayoría de edificaciones construidas en esta región central, que sumado a las condiciones del suelo y a la falta de control de calidad de los materiales (unidades de arcilla artesanal). ver Figuras N° 1.4 @ 1.5, hacen que las edificaciones de ladrillo tengan problemas estructurales a lo largo de su vida útil, como por ejemplo, rajaduras, problemas de concepción estructural, etc. como consecuencia de esto, se realizó el estudio de las unidades producidas en la región Junín en esta Tesis: “Evaluación de las

características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín”.



**Figura N° 1.4.** Edificio de 5 pisos (Huancayo-2003)



**Figura N° 1.5.** Edificio de 6 pisos, (Huancayo - 2003)

En nuestro país, el evento dinámico predominante para el diseño de las diversas obras civiles son los sismos. La zona central-Junín, según Silgado (1957), tiene en el siglo XX el registro histórico de sismos mostrados en la Tabla 1.1; de los cuales el de mayor intensidad fue el registrado el primero de Noviembre de 1947. Este terremoto en la zona central del Perú, dejó un saldo de muertos cuya cifra exacta quedó desconocida. Este evento ocasionó daños considerables a las construcciones principalmente de adobes, en las provincias de Satipo, La Merced, Andamarca, Acobamba, Comas, entre otros centro poblados importantes.

Cabe resaltar también que la falla geológica del Huaytapallana se encuentra ubicada muy cerca de la ciudad de Huancayo, siendo una fuente probable de sismos locales.

**Tabla 1.1** Sismicidad Histórica en Junín

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>INTENSIDAD MM</b>	<b>UBICACIÓN</b>
1938	JUL-02.	VI	HUANCAYO
1946	SET-29	VI-VII	CHANCHAMAYO
1947	NOV-01.	VIII-IX	ZONA CENTRAL
1955	MAY-22.		SATIPO
1962	MAR-03.	VI-VII	JUNIN
1969	JUL-23.		HUANCAYO
1969	OCT-10.	V	HUANCAYO
1971	JUN-10.	III-IV	JUNIN-CHINCHA

### 1.1.2. Alcances del estudio

La presente tesis tiene como fin principal evaluar las propiedades estructurales de la albañilería de la región central, para determinar si ésta es adecuada para fines estructurales o no. A fin de cumplir con nuestros objetivos, después de haber analizado las diferencias y similitudes sobre materia prima, proceso de fabricación y demanda de las unidades, basados en la norma INTINTEC 331.019. "Muestreo y Recepción de elementos de arcilla cocida utilizados en albañilería", se definió estudiar cuatro muestras representativas de estos ladrillos, agrupados por zonas como se presenta en el Mapa N° 1.1.



Mapa N° 1.1 Mapa de la Región central-Junín y Zonas seleccionadas para este estudio

Así mismo el estudio está limitado a la Región Central del país, entre las provincias de: Huancayo, Chupaca, Concepción y Jauja. (Mapa N° 1.2)



#### 1.1.4. Objetivos

- a) Determinar el tipo de materia prima empleado para la fabricación de ladrillos artesanales.
- b) Estimar el volumen de producción y consumo de ladrillos artesanales.
- c) Evaluar las características físicas y mecánicas de las unidades de arcilla fabricadas artesanalmente en la región y que abastecen a ésta.
- d) Describir y analizar el proceso de fabricación más representativo que se utiliza para la fabricación de las unidades de la región central-Junín.
- e) Determinar la calidad y fluidez del mortero.
- f) Definir las características estructurales de la albañilería simple, producida con unidades fabricadas artesanalmente.
- g) Comparar los resultados de los ensayos con: la Norma E-070 (1982), la propuesta de Norma (2004), INDECOPI NTP y otros estudios similares en otras zonas efectuadas.
- h) Describir la tipología de la construcción.

#### 1.2. Materia Prima

La materia prima utilizada para la elaboración de las unidades de albañilería, más conocido como “ladrillos”, es la arcilla, encontrada en la superficie, lo que permite su fácil y económica explotación.

##### 1.2.1. Información técnica sobre Arcillas

Según la teoría geológica se explica que la formación de las arcillas se da por la descomposición de las rocas ígneas primarias o rocas básicas, como los granitos, feldespatos o pegmatitos, los cuales son alterados por los agentes atmosféricos a través del tiempo, produciéndose las diferentes clases de arcilla según el grado de intemperización hasta alcanzar tamaños menores que dos micras (0.002 mm).

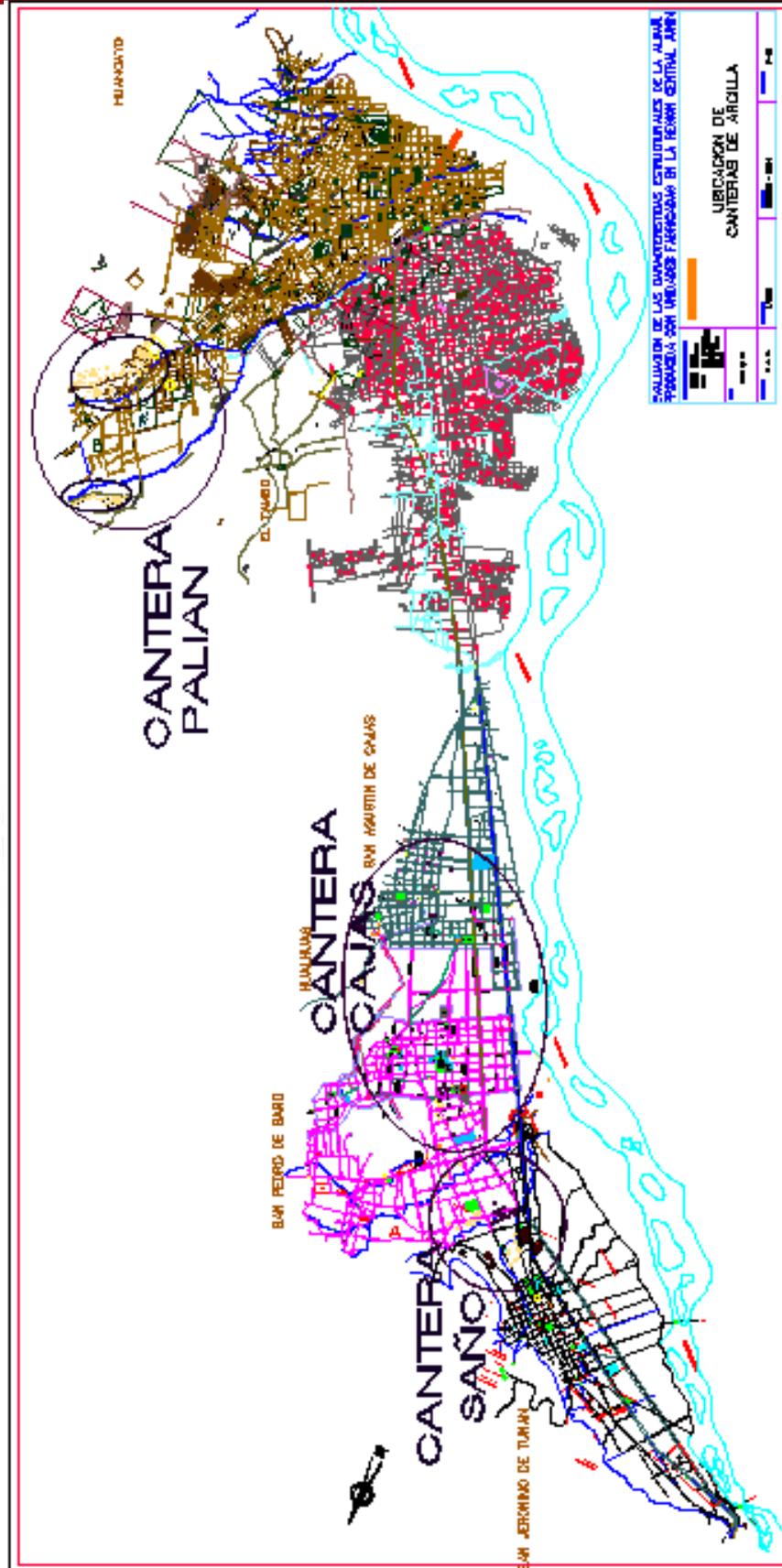
Según la teoría química explica la formación de las arcillas por sedimentación coloidal a partir de geles de aluminio y sílica (disoluciones) de grano fino.

La arcilla es el producto final de la descomposición de las rocas, el cual se presenta como material pétreo o terroso que contiene esencialmente silicato de aluminio hidratado e impurezas, componentes que le da diferentes propiedades como:

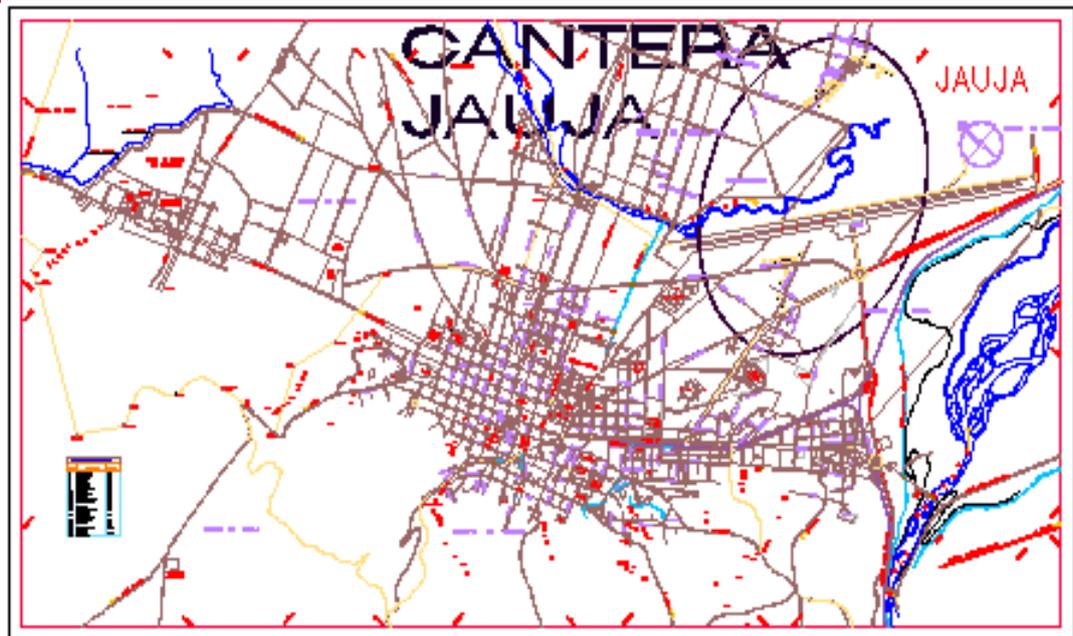
- Plasticidad, esta propiedad le permite a la arcilla en combinación con el agua necesaria, adquirir cierta flexibilidad, y se puede con la masa amoldar diferentes formas de objetos o ladrillos.
- Contracción, tiene efecto durante el secado. La pérdida de agua se inicia en los poros superficiales, continuando estos en los poros interiores, hasta conseguir un equilibrio, entonces por arrastre se contraen los poros, disminuyendo el volumen.
- Aglutinación, es la propiedad por la cual las arcillas se consolidan en una masa.
- Porosidad y absorción de agua, dependiendo de los componentes estos pueden ser impermeables.
- Vitrificación, es la propiedad de las arcillas de hacerse duras. A temperaturas muy elevadas la pasta se vitrifica, se vuelve más sonora y queda dura.

### 1.2.2. Ubicación de las canteras

A lo largo de toda la región central existen diversas canteras, que hace referencia el Ministerio de Energía y Minas, en el Anuario de mineralogía, de las cuales solo se explotan parcialmente las canteras de Palián, Cajas, Saño y Jauja. La cantera de Palián se encuentra ubicada al pie del cerro Palián, la que se explota sin ninguna limitación; las canteras de Cajas y Saño se ubican en el área urbana de los Distritos del mismo nombre y su explotación está limitada por el crecimiento urbano, lo que ha ocasionado que disminuya su producción de ladrillos; y la cantera de Jauja ubicada en Molinos, la que se explota sin limitaciones, en el mismo lugar; en otros casos esta arcilla es transportada a las ladrilleras ubicadas en el área urbana de Jauja y Huertas. La ubicación de cada una de las canteras se detalla en los Mapas 1.3 a y b.



Mapa N° 1.3a Ubicación de canteras de arcilla



**Mapa N° 1.3b** Ubicación de canteras de arcilla

### 1.2.3. Descripción de las canteras de arcillas

Las canteras de arcilla, con fines de explotación para la elaboración de ladrillos, explotadas actualmente, se encuentran en las zonas de Palián, Cullhuas, Cajas, Hualhuas, Saño, Quilcas, San Jerónimo y Jauja. Cada una de estas canteras presenta diversas calidades de arcillas, coloraciones e impurezas, pero también presentan composiciones y estados comunes, lo cual se describe así:

En la cantera de Palián se tiene un perfil estratigráfico de tres capas muy pronunciadas, como se muestra en la Figura N° 1.6; en la parte superior, tiene un espesor promedio de 1.20m, de color amarillo claro, con manchas de arcilla color verde claro; en la zona intermedia se tiene una arcilla de color violáceo, con un espesor de 0.40 a 0.60m, que al igual que la capa superior presenta manchas de arcilla color verde claro; y en la tercera capa de 1.30m de espesor, se tiene una arcilla de color verde amarillenta, manchadas de una capa muy delgada de color marrón que dan una apariencia de raíces impregnadas en la arcilla.



**Figura N° 1.6** Cantera Palián. Nótese las diferentes capas de arcilla.

En la cantera de Cajas, al igual que la de Saño, su característica predominante es el color marrón claro a oscuro. El perfil estratigráfico, esta formada por tres capas relativamente definidas: la capa superior de 1.00m de espesor, es de color marrón oscuro, con presencia de materia orgánica, terrenos que al igual que otros junto a éstos son netamente agrícolas; la capa intermedia de 0.3 a 0.4m de espesor, es de color violáceo, y menos plástico que las demás; y la capa inferior de 1.50m de espesor de color marrón claro, con manchas amarillentas. Cabe mencionar que a partir de la tercera capa se presenta una cuarta de color blanquecino, el cual no es apto para la fabricación de estas unidades, razón por la cual los artesanos explotan una capa de 3.00 a 3.50m de profundidad.

El labrador artesano, corta la arcilla desde la parte superior hasta la base, una especie de “tajada”, lo que utiliza mezclado para la fabricación de ladrillos.



**Figura N° 1.7** Cantera Cajas-Saño.

En la cantera de Jauja, se tiene cuatro capas de arcilla bien definidas: la primera tiene un espesor de 0.8m, de color violáceo, de mediana plasticidad con respecto a las otras; la segunda capa es de 1.00m de espesor, de color amarillenta y arenoso, se desgrana al tacto en la parte superficial; la tercera capa de 0.3 a 0.4m de espesor es una grava de cantos rodados, la cual es descartada en su totalidad, por último es se tiene una capa de 1.5m de espesor, de color verde amarillenta, la que tiene mas plasticidad que las demás. En la Figura 1.8, puede apreciarse claramente estas características.



**Figura N° 1.8** Cantera de la Zona de Jauja. Notese 4 capas bien definidas.

A fin de respaldar la descripción de suelos realizada, se tomó muestras de suelos de cada cantera, de cada estrato, y una muestra de la mezcla empleada en la fabricación de las unidades, para realizar ensayos en el laboratorio de suelos de: granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y peso específico. Estos resultados indicaron una granulometría similar entre las cuatro zonas y, según la clasificación SUCS todas las muestras tomadas de la mezcla clasifican como un CL.

En la Tabla 1.2, se muestra el resumen de los ensayos de laboratorio (límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y peso específico de sólidos). En el anexo 1 se adjunta las hojas de registro de ensayos.

**Tabla 1.2.** Resultados de los ensayos de Suelos.

CANTERA	MUESTRA	LIMITE LIQUIDO (LL)	LIMITE PLASTICO (LP)	INDICE DE PLASTICIDAD	PESO ESPECÍFICO	CLASIFIC. SUCS
PALIAN	M-1	25	14	11	2.61	CL
	M-2	24	14	10	2.65	CL
	M-3	30	17	13	2.6	CL
	M-1,M-2,M-3	28	17	11	2.58	CL
CAJAS	M-1	30	19	11	2.67	CL
	M-2	32	21	11	2.65	CL
	M-3	43	22	21	2.58	CL
	M-1,M-2,M-3	31	18	13	2.54	CL
SAÑO	M-1	36	23	13	2.65	CL
	M-2	26	17	9	2.63	CL
	M-1,M-2	28	19	9	2.58	CL
JAUJA	M-1	51	25	26	2.6	CH
	M-2	20	16	4	2.67	CL-ML
	M-3	43	22	21	2.58	CL
	M-1,M-2,M-3	37	21	16	2.58	CL

### 1.3. Identificación de productores artesanales

#### 1.3.1. Condición socio económica de los productores

La condición socio económica de estos labradores, es de precaria a muy precaria, pero dada la situación económica del país, esta actividad es una alternativa de empleo temporal o permanente. Es así que los labradores en su gran mayoría, comparten su actividad agrícola ganadera con la de labrar ladrillos.

Del trabajo de campo efectuado se ha registrado que el ingreso promedio diario de un trabajador categorizado como peón (persona con poca o sin experiencia en la actividad) es de S/. 12.00 por día y S/. 360.00 mensuales (\$103/mensual. 1\$=S/.3.50), lo cual está por debajo del ingreso mínimo vital. De igual modo, un oficial (persona con experiencia en la actividad) obtiene como jornal, S/. 16.00 por día y S/. 480 mensuales (\$137/mensual) a Junio del 2003.

Otro de los puntos resaltantes es que el 50% de las personas que se dedican a esta labor son inmigrantes al Valle del Mantaro, provenientes principalmente de Huancavelica, Huánuco y la Selva Central, por razones diversas. Estas personas son arrendatarios de los terrenos aptos para la fabricación de ladrillos, o en otros casos son contratadas por los “dueños” y trabajan en forma de destajo en la fabricación de ladrillos.

### 1.3.2. Localización y Registro de Ladrilleras

Realizado la localización y zonificación de las ladrilleras, se procedió a empadronarlas con un trabajo de campo minucioso, registrándose a cada una de ellas con un código catastral, identificando a cada una por la letra inicial de cada zona, seguido por el número de ladrillera; Por ejemplo ladrillera número 10, ubicada en la zona de Palian sería P-10. Este registro clasificado por zonas se muestra en las Tablas 1.3 @1.6, así como el registro del volumen de producción de cada una de ellas. La ubicación de cada una de las ladrilleras se muestra en los Mapas 1.4 @ 1.7.

**Tabla 1.3** Ladrilleras zona de Palian.

COD. CAT.	LADRILLERA	PROPIETARIO	UBICACIÓN	N°HORNO	CAPACIDAD	FRECUENCIA	
				S		QUEMADO	
				POR/L	MIL	MES	MES
P-01	CARLOS	PASCUAL CARLOS	PALIAN	1	20	1.5	13.333
P-02	SANTIAGO	GREGORIO SANTIAGO	PALIAN	1	20	2	10
P-03	CAPCHA	ORLANDO CAPCHA	PALIAN	1	18	1.5	12
P-04	QUISPE	ISAAC QUISPE	PALIAN	1	20	2	10
P-05	SANTIAGO	JUANA SANTIAGO	PALIAN	1	22	1.5	14.667
P-06	TICZA	IVAN TICZA	PALIAN	1	18	2	9
P-07	TICZA	CARLOS TICZA	PALIAN	1	18	2.5	7.2
P-08	ZAPANA	DIONISIO ZAPANA	PALIAN	1	18	3	6
P-09	SANTIAGO	VICTOR SANTIAGO	PALIAN	1	25	1.5	16.667
P-10	QUISPE	LUZ QUISPE	PALIAN	1	18	1.5	12
P-11	ROJAS	FELICIA ROJAS DE SANABRIA	PALIAN	1	15	3	5
P-12	OCHOA	MAXIMO OCHOA	PALIAN	1	18	2	9
P-13	SULLCA	DEMETRIO SULLCA	PALIAN	1	18	2.5	7.2
P-14	VILA	MANUEL VILA	PALIAN	1	15	4	3.75
P-15	SULLCA	SABINA PEREZ SULLCA	PALIAN	1	18	2	9
P-16	PAITAN	JUAN PAITAN	PALIAN	1	22	3	7.3333
P-17	CHUQUILLANQUI	DANIEL CHUQUILLANQUI	PALIAN	1	22	3	7.3333
P-18	VILLA	MANUEL VILLA ESPINOZA	PALIAN	1	18	3	6
P-19	DE LA CRUZ	JESUS DE LA CRUZ	PALIAN	1	18	2	9
P-20	CHUQUILLANQUI	FISHER CHUQUILLANQUI	PALIAN	1	15	2	7.5
P-21	GOMEZ	SABINO GOMEZ GEREMIAS	PALIAN	1	18	2	9
P-22	JORDAN	JOSEFINA JORDAN	PALIAN	1	16	2.5	6.4
P-23	VELI	MADOR VELI	PALIAN	1	18	1.5	12
P-24	QUISPE	MARIA QUISPE COSME	PALIAN	1	22	1.5	14.667
P-25	SULLCA	RAMIRO SULLCA	PALIAN	1	18	1.5	12
P-26	POMA	CARLOS POMA	PALIAN	1	20	1.5	13.333
P-27	DE LA CRUZ	ALIPIO DE LA CRUZ	PALIAN	1	18	2	9
P-28	RAMOS	MARCELINA RAMOS DE VELI	PALIAN	1	16	2	8
P-29	CARLOS	JUAN CARLOS CHANCO	PALIAN	1	15	2	7.5
P-30	CUYUTUPA	FERNANDO CUYUTUPA SALOME	PALIAN	1	15	2	7.5
P-31	CANCHARI	RUFINO CANCHARI	PALIAN	1	18	2	9
P-32	SULLCA	APARICIO SULLCA RIBERA	PALIAN	1	20	3	6.6667
P-33	DE LA CRUZ	GREGORIO DE LA CRUZ	PALIAN	1	16	3	5.3333
P-34	CASTILLOS	IRMA CASTILLON	PALIAN	1	16	3	5.3333
P-35	DE LA CRUZ	TEODOLA DE LA CRUZ	PALIAN	1	18	2.5	7.2
P-36	QUISPE	FORTUNATO QUISPE	PALIAN	1	18	2.5	7.2
P-37	GOMEZ	LIDIA GOMEZ	PALIAN	1	20	2.5	8
P-38	VELI	TITO VELI	PALIAN	1	20	2.5	8
P-39	VIA	MANUEL VÍA	PALIAN	1	22	3	7.3333
P-40	VERA	LEANDRO VERA	PALIAN	1	22	2	11
P-41	CHUQUILLANQUI	JUAN CHUQUILLANQUI	PALIAN	1	25	2.5	10
P-42	VILLAVERDE	FLORINDA VILLAVERDE	PALIAN	1	18	2	9
P-43	SALVO	EVA SALVO CALDERON	PALIAN	1	16	1.5	10.667
P-44	FLORES	ORLANDO VICTOR FLORES	PALIAN	1	18	1.5	12
P-45	PIRCA	JUVENAL PIRCA	PALIAN	1	20	2	10
P-46	ROMAN	CESAR ROMAN	PALIAN	1	20	2	10
P-47	RAMIRO	REBECA RAMIRO SULLCA	PALIAN	1	18	1.5	12
P-48	CENTE	ALBERTO CENTE SOTO	PALIAN	1	16	1.5	10.667

P-49	GOMEZ	WILLIAM GOMEZ	PALIAN	1	16	2	8
P-50	CENTENO	ROSA CENTENO	PALIAN	1	16	2	8
P-51	DE LA CRUZ	TEODOLO DE LA CRUZ	PALIAN	1	16	2.5	6.4
P-52	GASPAR	MARIA GASPAR ESPINAL	PALIAN	1	18	2.5	7.2
P-53	HINOSTROZA	JHOEL HINOSTROZA	PALIAN	1	20	2.5	8
P-54	CUYUTUPA	OSCAR CUYUTUPA	PALIAN	1	20	1.5	13.333
P-55	VELI	MANUEL VELI	PALIAN	1	18	1.5	12
P-56	RAMIRO	JULIA RAMIRO SULLCA	PALIAN	1	18	3	6
P-57	ESTEBAN	APOLINARIO ESTEBAN	PALIAN	1	20	3	6.6667
P-58	NÚÑEZ	EMILIO NUÑEZ	CULLPA	1	18	2.5	7.2
P-59	ROMERO	CIRILO ROMERO	CULLPA	1	16	2.5	6.4
P-60	ROMERO	OSCAR ROMERO	CULLPA	1	16	3	5.3333
P-61	NÚÑEZ	ROQUE NUÑEZ	CULLPA	1	16	3	5.3333
P-62	CORDOVA	REYNALDO CORDOVA	CULLPA	1	16	3	5.3333
P-63	ROMERO	LUISA ROMERO	CULLPA	1	16	2.5	6.4
P-64	MENDOZA	BERNARDINO MENDOZA	CULLPA	1	16	2	8
P-65	CAMAS	ROMAN CAMAS	CULLPA	1	16	2	8
P-66	ROJAS	ALEJANDRO ROJAS	CULLPA	1	16	2	8
P-67	MUÑICO	PEDRO MUÑICO	CULLPA	1	18	1.5	12
P-68	POMA	MARCIAL POMA	CULLPA	1	15	1.5	10
P-69	HUAMAN	ANGEL HUAMAN	CULLPA	1	18	1.5	12
P-70	ROMERO	EVARISTO ROMERO	CULLPA	1	18	3	6
P-71	VARGAS	RODOLFO VARGAS	CULLPA	1	16	2.5	6.4
P-72	VELASQUEZ	EDWIN VELASQUES	CULLPA	1	16	2	8
P-73	NÚÑEZ	JESUS NUÑEZ	CULLPA	1	16	2.5	6.4
							<b>8.73</b>



**Tabla 1.4.** Registro ladrilleras zona Cajas.

Codigo catastral	LADRILLERIA	PROPIETARIO	UBICACIÓN	N° Hornos	Capacidad	PRODUCCION	
						FREC. MESES	PROMEDIO MES/MIL
C-01	LAZO	LUCIO LAZO	CAJAS	1	18	1.5	12.00
C-02	VARIABLE	BETTY BARIABLE PARRAGUIRRE	CAJAS	1	15	1.5	10.00
C-03	RAMÍREZ	EUSEBIO RAMÍREZ	CAJAS	1	15	1.5	10.00
C-04	RAMÍREZ	VICTOR RAMÍREZ	CAJAS	1	15	1.5	10.00
C-05	MALLQUI	RAUL MALLQUI CAÑARI	CAJAS	1	16	1.5	10.67
C-06	MALLQUI	LILIA MALLQUI	CAJAS	1	18	2	9.00
C-07	MEZA	PEDRO MEZA	CAJAS	1	14	1.5	9.33
C-08	DE LA CRUZ	BONAS DE LA CRUZ	CAJAS	1	14	1.5	9.33
C-09	SEDANO	JESUS SEDANO	CAJAS	1	20	1.5	13.33
C-10	MEZA	HERMINIO MEZA	CAJAS	1	12	1.5	8.00
C-11	MEZA	HERMINIO MEZA	CAJAS	1	12	1.5	8.00
C-12	VELIZ	FRANCISCO VELIZ	CAJAS	1	18	1.5	12.00
C-13	VELIZ	FRANCISCO VELIZ	CAJAS	1	30	2	15.00
C-14	GASPAR	AQUILES GASPAR SOTELO	CAJAS	1	20	1.5	13.33
C-15	NÚÑEZ	ALBERTO NÚÑEZ	CAJAS	1	18	1.5	12.00
C-16	NÚÑEZ	ALBERTO NÚÑEZ	CAJAS	1	18	1.5	12.00
C-17	GASPAR	AQUILES GASPAR SOTELO	CAJAS	1	18	1.5	12.00
C-18	GASPAR	AQUILES GASPAR SOTELO	CAJAS	1	16	1.5	10.67
C-19	CONDORI	JULIO CONDORI CASQUI	HUALHUAS	4	20	77	0.26
C-20	CONDORI	JULIO CONDORI CASQUI	HUALHUAS	2	25	120	0.21
C-21	BENDEZU	JULIO BENDEZU DONATO	HUALHUAS	4	18	65	0.28
C-22	LINDO	CARMEN LINDO PIMENTEL	HUALHUAS	4	18	2	9.00
C-23	TADEO	FORTUNATO TADEO	HUALHUAS	1	16	2	8.00
C-24	CISNEROS	MARGARITA CISNEROS	HUALHUAS	1	15	2	7.50
C-25	NÚÑEZ	EVIDEO NÚÑEZ	HUALHUAS	1	22	2	11.00
C-26	MALLQUI	BERNARDO MALLQUI	HUALHUAS	3	25	3	8.33
					18	2	9.00
					12	1.5	8.00
C-27	TORPOCO	DAVID TORPOCO	HUALHUAS	1	18	2	9.00
C-28	CONDORI	BEATRIZ CONDORI	HUALHUAS	1	18	2.5	7.20
C-29	CABEZA	VIRGILIO CABEZA	HUALHUAS	1	16	2	8.00
C-30	CONDORI	BEATRIZ CONDORI	HUALHUAS	1	18	2.5	7.20
C-31	PACHA	PASTOR PACHA	HUALHUAS	1	23	2.5	9.20
C-32	LULO	FREDY LULO GASPAR	HUALHUAS	1	20	2	10.00
C-33	LAZO	HNOS LAZO	HUALHUAS	3	16	2	8.00
					18	1.5	12.00
					16	3	5.33
C-34	LAZO	RUFINO LAZO HURTADO	HUALHUAS	1	18	2.5	7.20
C-35	LOPEZ	RODRIGO LOPEZ GOMEZ	HUALHUAS	1	22	2	11.00
C-36	ZAVALA	CESAR ZAVALA VALERO	HUALHUAS	1	30	5	6.00
C-37	ZAVALA	MOISES LAZO HURTADO	HUALHUAS	1	20	2	10.00
C-38	ABREGU	MIGUEL ABREGU	HUALHUAS	1	16	2	8.00
C-39	MALLQUI	OSCAR MALLQUI	HUALHUAS	1	25	2.5	10.00
C-40	LAZO	ELISEO LAZO HURTADO	HUALHUAS	1	18	2	9.00
C-41	GALINDO	JAIME GALINDO CORDOVA	HUALHUAS	1	22	1.5	14.67
							<b>9.32</b>



Tabla 1.5. Registro ladrilleras zona Saño.

Codigo CATAST.	LADRILLERIA	PROPIETARIO	UBICACIÓN	N° Hornos	Capa- cidad	PRODUCCION	
						FREC. MESES	PROMEDIO MES/MIL
S-01	FERNANDEZ	ISIDORO FERNANDEZ	SAÑO	1	20	2	10.00
S-02	GARCIA	RUBEN GARCIA MUNIVE	SAÑO	1	20	1.5	13.33
S-03	CUEVA	JOSE CUEVA	SAÑO	1	7	2	3.50
S-04	AYALA	ORLANDO AYALA CRESPIAN	SAN JERONIMO	2	14	2	7.00
					20	3	6.67
S-05	TURÍN	MARCELA TURIN CASAS	SAN JERONIMO	1	16	2	8.00
S-06	HUAMAN	SANTIAGO HUAMAN GUZMAN	SAN JERONIMO	1	18	2	9.00
S-07	SOLANO	GABRIEL SOLANO	SAN JERONIMO	1	20	2.5	8.00
S-08	BERNABÉ	ELMER BERNABE	SAN JERONIMO	1	22	1.5	14.67
S-09	MORONES	RAUL MARTINEZ	SAÑO	1	22	1.5	14.67
S-10	AGUIRRE	RUBEN AGUIRRE GAMARRA	SAN JERONIMO	1	20	2	10.00
S-11	MARTINEZ	PONCIANO MARTINEZ	SAN JERONIMO	1	12	2	6.00
S-12	MARTINEZ	LUIS MARTINEZ	SAÑO	1	16	2	8.00
S-13	CABEZAS	MARGARITA CABEZA BARJA	SAÑO	1	20	2.5	8.00
					15	1.5	10.00
S-14	VELIZ	ALCIDES VELIZ	SAN JERONIMO	1	20	10	2.00
S-15	CABEZAS	VIRGILIO CABEZAS	SAÑO	1	15	2	7.50
					15	2	7.50
S-16	AGUIRRE	EMITERIO AGUIRRE GAMARRA	SAÑO	1	18	2.5	7.20
S-17	CISNEROS	AMADOR CISNEROS	SAÑO	1	20	1.5	13.33
S-18	CABEZAS	FELICIA CABEZAS	SAN JERONIMO	1	20	2	10.00
S-19	BERNABÉ	TOLOMEO BERNABE	SAN JERONIMO	1	18	1.5	12.00
S-20	BERNABÉ	MAURO BERNABE SUAZO	SAÑO	1	20	2	10.00
S-21	HUAYTA	TORIBIO HUAYTA	SAÑO	1	25	3	8.33
S-22	TUPAC	ISAAC TUPAC YUPANQUI	SAÑO	1	18	2	9.00
S-23	BERNABE	PEDRO BERNABE SUAZO	SAÑO	1	18	2.5	7.20
S-24	CISNEROS	CISNEROS	SAÑO	1	20	1.5	13.33
S-25	DAVIRAN	JUAN DAVIRAN MIRANDA	SAÑO	1	18	2	9.00
S-26	RIVAS	FELICITA RIVAS CURUCHAGUA	SAÑO	1	25	2	12.50
S-27	URETA	GALICIO URETA	SAN JERONIMO	1	18	1.5	12.00
S-28	RIVERA	ALFREDO RIVERA-DANIEL NEYRA	SAN JERONIMO	1	16	1.5	10.67
S-29	CANTORIN	PERCY CANTORIN	SAÑO	1	25	2	12.50
S-30	OLORTICO	PASCUAL OLORTICO ESPINOZA	SAN JERONIMO	2	35	3	11.67
					25	2.5	10.00
S-31	BERNABÉ	PERCY BERNABE RIVERA	SAN JERONIMO	1	12	2.5	4.80
S-32	CARDENAS	MAXIMO CARDENAS	SAN JERONIMO	1	16	2	8.00
S-33	COMÚN	CLAUDIO COMÚN ROMERO	SAN JERONIMO	1	18	2.5	7.20
S-34	MUSUCANCHA	RAUL MUSUCANCHA CUYUTUPA	SAN JERONIMO	1	18	2	9.00
S-35	CHURAMPI	MERCEDES CHURAMPI	SAN JERONIMO	1	16	3	5.33
S-36	CHURAMPI	RICHARD CHURAMPI	SAN JERONIMO	1	18	2.5	7.20
S-37	POVIS	JOSE POVIS	SAN JERONIMO	1	20	2.5	8.00
S-38	POVIS	JULIA POVIS EGOAVIL	SAN JERONIMO	1	16	2.5	6.40
S-39	FLORES	JUSTO FLORES	SAN JERONIMO	1	20	2	10.00
S-40	AVILA	ELMER AVILA	SAN JERONIMO	1	18	2	9.00
S-41	FLORES	JUSTO FLORES	SAN JERONIMO	1	12	2	6.00
S-42	AYALA	FAM. AYALA CRISPIN	SAN JERONIMO	1	14	3	4.67
S-43	CAMARENA	MARISOL CAMARENA	SAN JERONIMO	1	18	2.5	7.20
							<b>8.84</b>



Tabla 1.6 Ladrilleras zona de Jauja.

COD. CAT.	LADRILLERA	PROPIETARIO	UBICACIÓN JAUJA	N°HORNOS POR/L	CAPACIDAD		FRECUENCIA	
					MIL		QUEMADO MES	MES
J-001	NUÑEZ	ERASMO NUÑEZ SOTO	CORMES	1	10		1.5	6.67
J-002	FLORES	NERI FLORES ZEGARRA	CORMES	2	20		1	20.00
					20		1	20.00
J-003	ANTEALON	DOMINGO ANTEALON	CORMES	1	16		1.5	10.67
J-004	HUAMAN	CLAUDIO HUAMAN	CORMES	1	16		1	16.00
J-005	BULLON	JESUS BULLON	CORMES	1	15		1	15.00
J-006	CLEMENTE	VICENTE CLEMENTE	CORMES	1	16		1	16.00
J-007	VELIZ	JULIAN VELIZ	CORMES	2	16		2	8.00
					16		2	8.00
J-008	CASTILLO	FELICITA CASTILLO	CORMES	2	16		2	8.00
					16		2	8.00
J-009	HUARI	LEONOR HUARI OLARTE	CORMES	3	16		3	5.33
J-010	GONZALES	FELICIANA GONZALES	CORMES	1	8		1	8.00
J-011	VIVANCO	JUAN VIVANCO	CORMES	1	12		1	12.00
J-012	SUAREZ	YUCER SUAREZ QUISPE	HUERTAS	1	6		1.5	4.00
J-013	FABIA	HERNAN FABIA	HUERTAS	1	8		1	8.00
J-014	HUAMAN	LUIS HUAMAN	HUERTAS	1	10		1	10.00
J-015	AYLAS	PEDRO AYLAS QUINTANILLO	HUERTAS	1	8		1	8.00
J-016	AYLAS	FELIX AYLAS QUINTANILLA	HUERTAS	1	8		1	8.00
J-017	VALENZUELA	JUAN VALENZUELA	HUERTAS	1	8		1	8.00
J-018	VIVANCO	FIDEL VIVANCO VALENZUELA	HUERTAS	1	8		1	8.00
J-019	VIVANCO	JUAN VIVANCO	HUERTAS	1	8		1	8.00
J-020	AYLAS	MIGUEL AYLAS VALENZUELA	HUERTAS	1	10		1.5	6.67
J-021	VALENZUELA	CEFERINO VALENZUELA	HUERTAS	1	12		1.5	8.00
J-022	GUEVARA	PABLO GUEVARA	HUERTAS	1	8		1.5	5.33
J-023	HUAYTA	SILVESTRE HUAYTA	HUERTAS	1	10		1.5	6.67
J-024	VALENZUELA	CRISTOBAL VALENZUELA	HUERTAS	1	10		1.5	6.67
J-025	QUISPE	AGRIPINO QUISPE	CORMES	1	8		1.5	5.33
J-026	VIVANCO	GREGORIO VIVANCO	HUERTAS	1	6		1	6.00
J-027	YAURI	ENRRIQUE YAURI	HUERTAS	1	6		1	6.00
J-028	YAURI	ELMER YAURI	HUERTAS	1	8		1	8.00
J-029	YAURI	RAUL YAURI	HUERTAS	1	8		1	8.00
J-030	ADAMOS	CESAR ADAMOS CUEVA	CONDORSINGA	1	8		1.5	5.33
J-031	GUERRA	YENNY GUERRA	CONDORSINGA	1	8		1.5	5.33
J-032	VALENZUELA	HIPOLITO VALENZUELA	CONDORSINGA	1	16		1.5	10.67
J-033	RAMIREZ	PABLO RAMIREZ	CONDORSINGA	1	8		1.5	5.33
J-034	RAMIREZ	GERARDO RAMIREZ	CONDORSINGA	1	10		1.5	6.67
								<b>8.99</b>



De los registros por zonas, se presenta un consolidado por cada zona, determinándose que se tiene 191 ladrilleras registradas y operativas con una aproximación del 95%, en toda la región central, como se muestra en la Tabla 1.7.

<b>Tabla 1.7. Resumen de registro de ladrilleras por Zonas</b>		
<b>ZONA</b>	<b>CODIGO</b>	<b>N°LADRILLERAS</b>
PALIAN (PALIAN Y CULLHUAS)	P	73
CAJAS (CAJAS Y HUALHUAS)	C	41
SAÑO (SAÑO Y SAN JERONIMO)	S	43
JAUJA (CORMES Y CONDORSINGA)	J	34
<b>TOTAL LADRILLERAS</b>		<b>191</b>

#### 1.4 Muestreo de las Unidades de Albañilería (Ladrillos)

##### 1.4.1 Marco Conceptual

**Lote :** Es el conjunto de ladrillos de la misma forma y tamaño fabricados en condiciones similares de producción.

**Muestra:** Es el grupo de ladrillos extraídos al azar del lote para efectos de obtener la información necesaria que permita apreciar las características de ese lote.

**Espécimen:** Es cada una de las unidades en donde se aplicará cada ensayo especificado en la Norma.

##### 1.4.2 Criterios Zonificación.

Del estudio de reconocimiento preliminar, se determinó agrupar en 4 zonas, en base a las siguientes criterios:

- Presencia en el Mercado.
- Técnica empleada en la fabricación.
- Ubicación.
- Materia prima.

### 1.4.3 Número de Muestras

De las Normas ININVI E.070 e ITINTEC 331.017, sección 4.2, para cada lote de 50000 ladrillos o fracción, se realizará la secuencia "A" de ensayos y la secuencia "B" de ensayos, por cada grupo adicional de 100000 ladrillos o fracción. En base a esto la Tabla 1.8 indica el número de especímenes escogidos.

ENSAYOS	SECUENCIA A	SECUENCIA B
VARIACIÓN DE DIMENSIONES	10	0
ALABEO	10	0
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	5	3
DENSIDAD	5	3
MÓDULO DE RUPTURA	5	3
ABSORCIÓN	5	3
ABSORCIÓN MÁXIMA	5	3
SUCCION	5	3

Del proyecto de Norma NTE-070 Albañilería (2004), acápite E.1 la resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'm$ ) y a corte ( $v'm$ ) se determinará de manera empírica, recurriendo a tablas o registros históricos o mediante ensayos de prismas, según se indica en la Tabla 1.9.

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	CASAS DE 1 a 2 PISOS			VIVIENDAS DE 3 a 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	ZONA SISMICA			ZONA SISMICA			ZONA SISMICA		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$f'm$	A	A	A	B	<b>B</b>	A	B	B	B
$v'm$	A	A	A	B	<b>A</b>	A	B	B	A
A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero. B: Determinada mediante ensayos de laboratorio.									

Cuando se construyan conjuntos habitacionales, la resistencia de la albañilería  $f'm$  y  $v'm$  deberán comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante ella. Los ensayos previos a la obra consistirán de cinco especímenes. Durante la construcción, la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

a.- Cuando se construyan conjuntos habitacionales de viviendas multifamiliares de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'm será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500m<sup>2</sup> de área techada y v'm con tres muretes por cada 1000m<sup>2</sup> de construcción.

b.- Cuando se construyan conjuntos habitacionales de viviendas de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'm será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500m<sup>2</sup> de área techada y v'm con tres muretes por cada 500m<sup>2</sup> de construcción.

Teniendo en consideración los criterios expuestos, se presenta el resumen en la Tabla 1.10, del número de muretes y pilas a ensayar por cada lote (zona) y el número de unidades requeridas para cada uno de éstos.

ENSAYO	CANTIDAD	N° DE UNIDADES	TOTAL
	ESPECIMENES	POR C/ESPÉCIMEN	UNIDADES
MURETES	5	9	45
PILAS	5	5	25

#### 1.4.4. Identificación de Muestras.

La Norma ITINTEC. 331.017, en su numeral 4.3, dice "Se marcará cada espécimen, de manera que se le pueda identificar en cualquier momento. Las marcas no cubrirán más del 5% de la superficie del espécimen"

Por tanto las muestras han sido identificadas según se muestra en la Tabla 1.11.

ZONA	LOCALIDADES COMPRENDIDAS	DENOMINACIÓN MUESTRAS	SIGNIFICADO
PALIAN	PALIAN	HP-n	HUANCAYO PALIAN - MUESTRA n
	CULLHUAS		
CAJAS	CAJAS	HC-n	HUANCAYO CAJAS - MUESTRA n
	HUALHUAS		
SAÑO	SAÑO	HS-n	HUANCAYO SAÑO - MUESTRA n
	SAN JERÓNIMO		
JAUJA	CORMES	HJ-n	HUANCAYO JAUJA - MUESTRA n
	CONDORSINGA		

### 1.4.5. Resumen

En la Tabla 1.12, se presenta el resumen del número de unidades requeridas, para los diversos ensayos por cada zona; de tal manera de tener un total de especímenes para muestrear y ensayar en laboratorio.

<b>Tabla 1.12. Número de especímenes por cada Zona</b>				
<b>ZONAS</b>	<b>PALIAN</b>	<b>CAJAS</b>	<b>SAÑO</b>	<b>JAUJA</b>
<b>ENSAYOS</b>				
DIMENSIONES/ALABEO	10	10	10	10
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	5	5	5	5
DENSIDAD	10	10	10	10
MÓDULO DE RUPTURA	5	5	5	5
ABSORCIÓN	10	10	10	10
ABSORCIÓN MÁXIMA	10	10	10	10
SUCCION	10	10	10	10
MURETES	45	45	45	45
PILAS	25	25	25	25
TOTAL UNIDADES POR ZONA	<b>130</b>	<b>130</b>	<b>130</b>	<b>130</b>
TOTAL UNIDADES O ESPECÍMENES				<b>520</b>

Para los ensayos de Absorción, Succión, y densidad, se ensayaron 10 unidades, debido a la importancia de estos resultados.

## CAPÍTULO II

### ***PROCESO ARTESANAL UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, COSTOS Y VOLUMEN DE PRODUCCIÓN***

#### **2.1 Actividades del proceso de fabricación**

El proceso artesanal para la elaboración de unidades de albañilería, es muy similar en toda la región central, pero cada una tiene algunas particularidades, en la zona de Palián los artesanos mezclan diferentes arcillas, en Cullhuas la masa se dosifica con menos aserrín que las demás zonas; en Cajas y Saño algunos artesanos utilizan carbón para alcanzar un mejor calcinado, etc.

En términos generales, las actividades del proceso artesanal para la fabricación de las unidades de albañilería, comprenden las actividades de extracción del material, dosificación de la mezcla y amasado, moldeado, secado y finalmente calcinación de las unidades.

##### **2.1.1 Extracción del Material**

Esta actividad comprende el desmembramiento o arranque de la materia prima en su estado natural de la cantera, lo que se realiza manualmente, ayudados por herramientas rústicas como el pico, pala y barreta según permita la cantera a ser extraída. Después de ello, se desterrona o muele la arcilla, ayudados por las mismas herramientas (Figuras N° 2.1 y 2.2).



**Figura N° 2.1.** Extracción de la arcilla



**Figura N° 2.2.** Desterronado y separado de impurezas.

La extracción de la materia prima, genera taludes como se muestra en la Figura N° 2.3, los cuales modifican la topografía del lugar provocando alteraciones de impacto ambiental, el mismo que debería ser tomado en cuenta con estudios paralelos a la explotación de este recurso; pero en las localidades de producción como Condorsinga (Huertas) y parte de Cormes (Jauja), la materia prima es transportada desde otra cantera ubicado en Molinos (Figura N° 2.4), distante a unos 6 km, y cuyo costo actualmente es en promedio de S/. 15/m<sup>3</sup>. de materia prima puesto en el lugar de fabricación.



**Figura N° 2.3.** Taludes generados por la extracción de la materia prima para la elaboración de las unidades de albañilería



**Figura N° 2.4.** Transporte de materia prima (arcilla) a las fábricas artesanales de ladrillos en Jauja.

Para el caso de las zonas donde se producen unidades en el mismo lugar de la cantera, el costo de la materia prima según datos recogidos de los productores, es que por cada 18 mil unidades calcinadas, entregan al propietario de la tierra 2 millares, en esta proporción el equivalente de costo por m<sup>3</sup> de materia prima tendría un costo de S/. 8.64, teniendo como base el costo de cada millar de ladrillos en horno de S/. 140.00 nuevos soles a Junio del 2003.

El resumen de los análisis de costos unitarios, rendimientos de materiales y mano de obra, se muestra en la Tabla 2.1, donde se indica que el costo de extracción de materia prima es de S/. 12.72 por cada m<sup>3</sup>, incluido materiales, mano de obra y herramientas.

Tabla 2.1 Análisis de Costos Unitarios						
					Fecha : 06/2003.	
<b>PARTIDA :</b>	<b>EXTRACCIÓN MATERIA PRIMA</b>					
<b>ESPECIF.</b>	COMPRENDE EL DESMENBRAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA Y SU DESTERRONADO					
<b>UND:</b>	M3					
<b>REND.</b>	3 M3/DIA	<b>P.BASE :</b> 01 PEON				
	<b>INSUMOS</b>	<b>UND</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>P.PARC.</b>	<b>SUB-TOTAL</b>
<b>1.00 MATERIALES</b>						
1.1	ARCILLA (MATERIA PRIMA)	M3	1.00	8.64	8.64	8.64
<b>2.00 MANO DE OBRA</b>						
2.1	PEON	HH	2.67	1.50	4.01	4.01
<b>3.00 EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>						
3.1	HERRAMIENTAS	%	3.00	2.40	0.07	0.07
						<b>12.72</b>

### 2.1.2 Dosificación, mezcla y amasado

Dependiendo del tipo de materia prima disponible en cada ladrillera y en base a la experiencia del artesano, la arcilla en algunos casos es dosificada con otro tipo, en las proporciones que sus experiencias les demanden. A esta dosificación de arcillas, se agrega en todos los casos de 8 a 12 sacos de aserrín; en la Zona de Cullhuas y Palian, los productores agregan 8 sacos, en las zonas de Cajas y Saño agregan 12 sacos, y en la zona de Jauja agregan 10 sacos. De forma general, el promedio de aserrín utilizado es de 10 sacos ó el equivalente a 0.70m<sup>3</sup> por tanda de masa preparada para 1000 unidades (Figura N° 2.5).

Se tiene referencia que en la región Grau-Piura, los artesanos no utilizan aserrín en la dosificación para la fabricación de unidades (Fontana 1999).



Figura N° 2.5. Agregado de aserrín a la mezcla de barro.

Después de dosificar la arcilla y el aserrín, se agrega agua necesaria para mezclarla, ayudados por herramientas menores y pisado de la masa con los pies como se muestra en la Figura N° 2.6, hasta conseguir una masa plástica moldeable, luego se deja reposar cubriéndole con plástico para que no pierda humedad durante el moldeado.



**Figura N° 2.6.** Pisado de la masa de barro.

El suministro de agua para la elaboración de estas unidades se realiza de diversas formas. En la zona de Palian los productores construyeron un reservorio y conexiones de agua a cada una de las ladrilleras. Los productores de las zonas de Cajas y Saño, se abastecen del agua de riego agrícola, por lo cual pagan un sol por cada “soltada”, como ellos lo denominan, esto es almacenado en una especie de piscina o pozo natural (Figura N° 2.7), de donde utilizan los siguientes días; sólo en algunos casos donde la napa freática del agua es alto, se abastecen de aguas subterráneas. Para el caso de Jauja, la mayoría se abastece de agua potable, porque sus ladrilleras están en sus viviendas o aledaños a ellos y se encuentran dentro de la periferia urbano.



**Figura N° 2.7.** Almacenamiento de Agua típico en Cajas-Saño.

Referente al suministro de aserrín, bastante empleado por los productores para ayudar en la calcinación de las unidades, proviene de aserraderos de la zona; pero en su gran mayoría este preciado material es traído desde la selva central, La Merced, a un costo promedio de S/. 700 por camionada en un camión de doble eje, de 30m<sup>3</sup> aproximadamente.

El resumen del análisis de costos unitarios, rendimientos de materiales y mano de obra, se muestra en la Tabla.2.2, donde se indica que el costo de dosificación, mezclado y amasado es de S/. 38.10 por cada millar de ladrillos, incluido materiales, mano de obra y herramientas.

<b>Tabla 2.2. Análisis de Costos Unitarios</b>					
					Fecha: 6/2003.
<b>PARTIDA :</b>	<b>DOSIFICACION, MEZCLADO Y AMASADO</b>				
<b>ESPECIF.:</b>	COMPRENDE LA DOSIFICACION MEZCLA Y AMASADO				
<b>UND:</b>	MILLAR				
<b>REND.</b>	1 MIL/DIA P.BASE : 0.5 OFICIAL + 01 PEON				
INSUMOS	UND	CANT.	P.UNIT	P.PARC.	SUB-TOTAL
<b>1.00 MATERIALES</b>					
1.1 ASERRIN	M3	0.70	25.00	17.50	17.50
<b>2.00 MANO DE OBRA</b>					
2.1 OFICIAL	HH	4.00	2.00	8.00	
2.2 PEON	HH	8.00	1.50	12.00	20.00
<b>3.00 EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>					
3.1 HERRAMIENTAS	%	3.00	20.00	0.60	0.60
					<b>38.10</b>

### 2.1.3 Moldeado de las unidades

El moldeado de estas unidades, se realiza en moldes de madera, llamados “gaveras”, algunos de 6, otros de 4 y en algunos casos de 2 unidades. El llenado de estas gaveras se realiza manualmente. Se toma una porción de barro para una unidad tanteada según la experiencia del artesano (Figura N° 2.8), se empapa de arena y se llena la gavera con un ligero golpe, además de aplicarle una presión con las manos (Figura N° 2.9). Después de haber llenado las gaveras, el excedente se retira con una regla de madera llamada “Callhua” (Figura N° 2.10), la cual después de cada uso es lubricada con agua.



Figura N° 2.8. Separado de una porción de barro y empapado con arena



Figura N° 2.9. Llenado de la gavera con un ligero golpe.



**Figura N° 2.10.** Nivelado y Separado del excedente de barro con una regla

Después de tener una gavera llena, el artesano se dirige al tendal a depositarlas en forma ordenada sobre una superficie relativamente plana (Figura N° 2.11). Luego de este proceso, el molde es arenado a manera de lubricante, con una arena sucia no apta para construcción (Figura N° 2.12), para recibir a las próximas unidades y así repetir el ciclo.



**Figura N° 2.11.** Depósito de las unidades, en tendal previamente nivelado



**Figura N° 2.12.** Arenado de las gaveras.

El resumen del análisis de costos unitarios, rendimientos de materiales y mano de obra, se muestra en la Tabla 2.3, donde se indica que el costo de moldeado de las unidades es de S/. 20.67 por cada millar de ladrillos, incluido materiales, mano de obra y herramientas.

<b>Tabla 2.3. Análisis de Costos Unitarios</b>						
						Fecha: 06/2003
<b>PARTIDA :</b>	<b>MOLDEADO DE LAS UNIDADES</b>					
<b>UND:</b>	MILLAR					
<b>REND.</b>	1 MIL/DIA	<b>P.BASE : 01 OFICIAL</b>				
	<b>INSUMOS</b>	<b>UND</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>P.PARC.</b>	<b>SUB-TOTAL</b>
<b>1.00 MATERIALES</b>						
1.1	ARENA FINA	M3	0.25	25.00	6.25	6.25
<b>2.00 MANO DE OBRA</b>						
2.1	OFICIAL	HH	4.00	2.00	8.00	
2.2	PEON	HH	4.00	1.50	6.00	14.00
<b>3.00 EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>						
3.1	HERRAMIENTAS	%	3.00	14.00	0.42	0.42
						<b>20.67</b>

#### 2.1.4 Secado de las unidades

Después de 24 a 30 horas de depositadas las unidades en el tendal en forma horizontal, se levanta éstas de costado para continuar el secado. Luego de otras 48 a 64 horas, es posible colocarlas en pircas de dos unidades cruzadas y con aberturas entre ellas y hasta una altura de 1 a 1.20m, por espacio de 10 días (Figura N° 2.13), después de este tiempo, ya se tiene aptas las unidades para ser calcinadas en los hornos.



**Figura N° 2.13.** Colocado de los ladrillos en pircas para el secado.

El resumen del análisis de costos unitarios, rendimientos de materiales y mano de obra, se muestra en la Tabla.2.4, donde se indica el costo de

manipuleo para el secado, el apilado y el traslado hasta dejarlos en boca de horno, previo al “cajonado”, es de S/. 8.23 por cada millar de ladrillos, incluido materiales, mano de obra y herramientas como “mantadas”, plástico para cubrir las rumas y protegerlas de las lluvias.

Tabla 2.4 Análisis de costos Unitarios						
						Fecha : 06/2003
<b>PARTIDA :</b>	<b>SECADO Y TRASLADO A BOCA DE HORNO</b>					
<b>ESPECIF.:</b>	Comprende el volteado, apilado y transporte a boca de horno					
<b>UND:</b>	MILLAR					
<b>REND.</b>	1.5 MIL/DIA	P.BASE : 01 PEON				
INSUMOS	UND	CANT.	P.UNIT	P.PARC.	SUB-TOTAL	
<b>1.00 MATERIALES</b>						
<b>2.00 MANO DE OBRA</b>						
2.1 PEON		HH	5.33	1.5	7.99	7.99
<b>3.00 EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>						
3.1 HERRAMIENTAS		%	3	7.99	0.24	0.24
						<b>8.23</b>

### 2.1.5 Calcinado de las unidades

Previamente a la calcinación de las unidades, se tiene la actividad del “cajonado”, actividad consistente en el acomodo de las unidades con una ligera abertura entre ellas para el paso del calor (Figura N° 2.14). Este cajonado permite hacerle una especie de nichos en una o dos bocas, según sea el tamaño del horno.

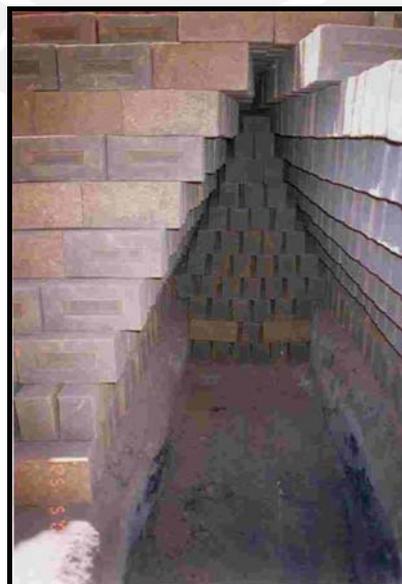


Figura N° 2.14. Cajonado de Horno, nótese la disposición de las unidades con aberturas entre ellas.

En las ladrilleras estudiadas, el calcinado de las unidades son muy similares, utilizan como insumo leña llamada “chaplas” (ramas de eucalipto) o “cortezas” (troncos o cortezas de los árboles de eucalipto), como se aprecia en la Figura N° 2.15, dependiendo de la materia prima y la calidad de calcinación que los productores quieran alcanzar, se quema por 72 horas aproximadamente, lo que ellos denominan tres días y tres noches.



**Figura N° 2.15** Insumo de leña, arriba “chapla”-abajo “corteza”

La variedad de dimensiones y capacidad de los hornos abiertos son diversos, comúnmente son construidos en suelos naturales, empotrados o semi empotrados en el suelo, hasta una altura promedio de 1.5 a 2.00m y completada con adobe, tapia y ladrillos de la misma fabricación, ver Figura N° 2.16.

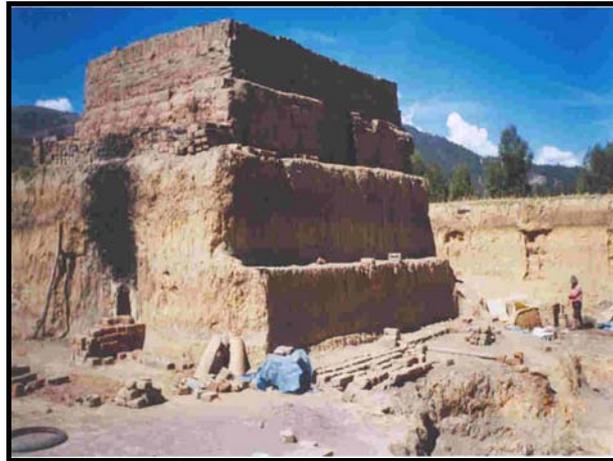


Figura N° 2.16. Horno típico utilizado para la calcinación de las unidades.

El resumen del análisis de costos unitarios, para el calcinado de las unidades, se muestra en la Tabla 2.5, donde se indica que el costo de “cajonado”, calcinado y la cobertura del horno con ladrillos y barro, es de S/. 39.36 por cada millar de ladrillos, incluido materiales, mano de obra y herramientas.

Tabla 2.5. Análisis de Costos Unitarios						
						Fecha: 06/2003
<b>PARTIDA : CALCINADO DE LAS UNIDADES</b>						
<b>ESPECIF.:</b> Comprende el cajonado y calcinado por 3 días consecutivos y el tapado con barro.						
<b>UND:</b> MIL						
<b>REND.</b>	20MIL/HORNADA	<b>P.BASE :</b> 01 PEON + 01OFICIAL				
	<b>INSUMOS</b>	<b>UND</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>P.PARC.</b>	<b>SUB-TOTAL</b>
<b>1.00 MATERIALES</b>						
1.01	LEÑA	CAM.	0.05	300	15.00	15.00
<b>2.00 MANO DE OBRA</b>						
2.1	OFICIAL	HH	6.00	2.00	12.00	
2.2	PEON	HH	8.00	1.50	12.00	24.00
<b>3.00 EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>						
3.1	HERRAMIENTAS	%	3.00	12.00	0.36	0.36
						<b>39.36</b>

Finalmente en la Figura N° 2.17 se puede apreciar el resultado de la calcinación de las unidades. En la parte superior se nota una coloración clara, lo que indica que no han sido bien calcinadas; en la zona intermedia se tiene un color uniforme y de coloración intermedia; y en la zona baja se puede apreciar las unidades mas oscuras, pero con ligeras deformaciones, lo que nos indica que han sido mejor calcinadas pero que han sufrido ligeras deformaciones.

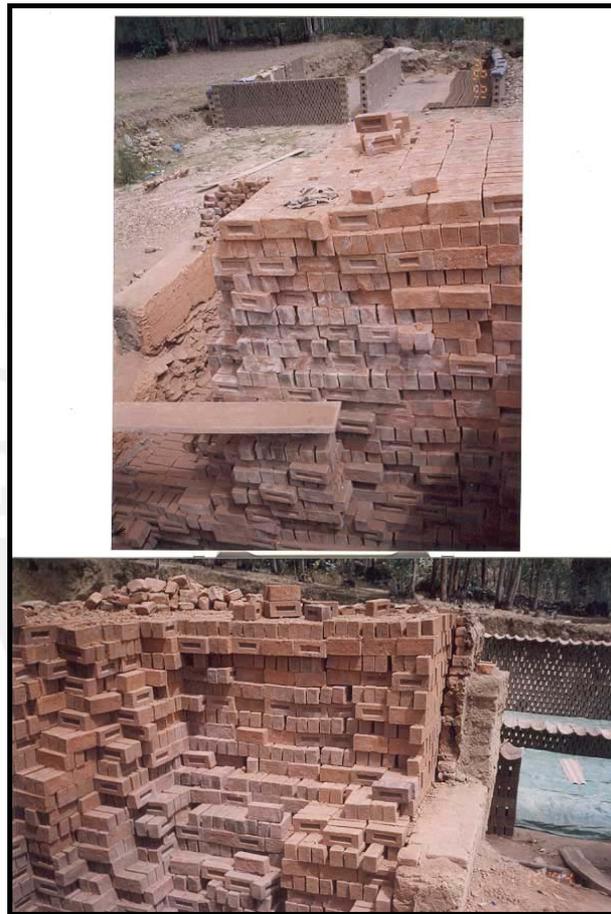


Figura N° 2.17. Unidades calcinadas en horno artesanal.

## 2.2 Costos de producción

El costo de producción en promedio de las 4 zonas escogidas, por millar de ladrillos es de S/. 124.2 nuevos soles a Junio del 2003, incluyendo todos los insumos.

Del análisis de costos de producción, se observa que el rubro de mayor incidencia es el de la Mano de Obra con 59%, seguido por materiales con 40% y Herramientas con 1% incluido alquiler de horno, ver resumen en Tabla 2.6.

**Tabla 2.6. Costo de Producción de Ladrillos por rubros.(Junio-2003)**

ITEM	ACTIVIDAD	UND	X MIL	MATERIALES		MANO DE OBRA		HERRAMIENTAS	
				P.UNIT.	P.PARC.	P.UNIT.	P.PARC.	P.UNIT.	P.PARC.
1.00	EXTRACCIÓN MATERIA PRIMA	M3	1.75	7.5	13.125	4.05	7.0875	0.072	0.126
					0		0		0
2.00	DOSIFICACION, MEZCLADO Y AMASADO	MIL	1	15	15	20	20	0.6	0.6
					0		0		0
3.00	MOLDEADO Y TENDIDO DE LAS UNIDADES	MIL	1	6.25	6.25	14	14	0.42	0.42
					0		0		0
4.00	SECADO Y TRASLADO A BOCA DE HORNO	MIL	1	0	0	7.99	7.99	0.24	0.24
					0		0		0
5.00	CAJONADO Y CALCINADO	MIL	1	15	15	24	24	0.36	0.36
					49.375		73.0775		1.746
<b>TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN POR MILLAR</b>				<b>S/.</b>	<b>124.2</b>				

### 2.3 Comercialización de las unidades

Una vez terminado el producto final, la mayoría de los productores, debido a que no están legalmente constituidos se limitan a entregar sus productos a los "intermediarios", comerciantes encargadas de entregar el producto al consumidor final en ferias ambulatorias como se muestra en la Figura N° 2.18. Este producto es comercializado sin ningún control de calidad certificada por ninguna institución competente. El consumidor final adquiere el producto basado en las recomendaciones de su constructor o de los mismos comerciantes. El costo promedio por millar de ladrillos en horno es de S/. 140.00, en la feria S/. 180 a S/. 220.00, dependiendo de la distancia, calidad del ladrillo y habilidad de compra-venta.



Figura N° 2.18 Comercialización de ladrillos.

#### 2.4 Volumen de producción

De los datos de campo registrados, se tiene que la producción promedio mensual de cada ladrillera es de 9 mil unidades cada mes, esto multiplicado por el total de ladrilleras (Tabla 1.1), se tiene una producción mensual de 1719 millares (1719000 unidades), que reflejarían la construcción de 23000m<sup>2</sup> de muros de cabeza ó 43000 m<sup>2</sup> de muro de soga en toda la región central por cada mes.

## CAPITULO III

### **ENSAYOS DE LAS UNIDADES Y ALBAÑILERÍA SIMPLE, RESULTADOS Y CLASIFICACION SEGÚN NORMAS.**

#### **3.1. Propiedades de la unidad de albañilería**

El conocimiento de las propiedades físicas mecánicas de las unidades nos da un cierto criterio sobre la resistencia de la albañilería, así como de la durabilidad ante el intemperismo. Estos dos motivos

y la relativa facilidad de los ensayos sobre las unidades hacen de ellos un indicador utilizado frecuentemente.

Cabe señalar que los ensayos se hicieron con unidades de 4 ladrilleras artesanales previamente seleccionadas.

Las propiedades que se estudiaron son las siguientes:

**Propiedades Físicas:** variación dimensional, alabeo, peso específico, humedad natural, absorción, absorción máxima y succión

**Propiedades mecánicas:** resistencia a la compresión, resistencia a tracción por flexión.

#### **3.1.1. Resultados e interpretación de los ensayos realizados**

##### **3.1.1.1 Ensayo de variación dimensional**

Las dimensiones Largo x Ancho x Altura se tomaron como el promedio de 4 medidas (en milímetros) hechas en la parte intermedia de las superficies correspondientes, como se muestra en la Figura N° 3.1 para la altura h.

Según el proyecto de norma E.070 [SENCICO 2004], la variación dimensional (en porcentaje) de cada arista de la unidad de albañilería se obtendrá como el cociente entre la desviación estándar y el valor promedio de la muestra, multiplicado por 100 (coeficiente de variación), como se muestra en la ecuación 3.1. Este tipo de ensayo se efectuó en una muestra representativa de 10 unidades en cada una de las ladrilleras seleccionadas (Figura N° 3.2).

$$V(\%) = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (3.1)$$

Donde:

$\sigma$  = desviación estándar.

$\bar{x}$  = dimensión promedio.

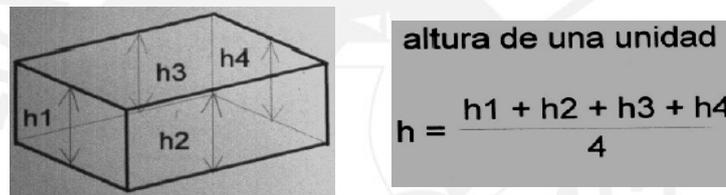


Figura N° 3.1. Determinación de la altura de la unidad.



Figura N° 3.2. Unidades para ensayar variabilidad (Palián).

A continuación, se muestran en las Tablas 3.1 @ 3.12, los resultados de las zonas seleccionadas.

**Tabla 3.1.** Variación dimensional del largo de la unidad - Palian.

Especimen	Largo(mm)					Resultados de unidad	
	L1	L2	L3	L4	Lprom.	$\delta$	V(%)
HP-1	238.6	238.3	239.7	239.3	238.98	0.640	0.268
HP-2	239.4	239.5	239.4	239.4	239.43	0.050	0.021
HP-3	239.6	239.7	239.6	239.7	239.65	0.058	0.024
HP-4	237.9	237.7	237.8	237.7	237.78	0.096	0.040
HP-5	238.8	239.9	239.7	238.9	239.33	0.556	0.232
HP-6	237.5	237.1	237.5	237.1	237.30	0.231	0.097
HP-7	238.3	238.5	237.5	237.3	237.90	0.589	0.247
HP-8	239.3	239.9	239.6	239.3	239.53	0.287	0.120
HP-9	234.6	235.5	236.1	234.4	235.15	0.794	0.338
HP-10	237.9	237.3	238.1	237.2	237.63	0.443	0.186
				<b>Promedio</b>	<b>238.27</b>		
				<b><math>\delta</math>=</b>	<b>1.41</b>		
				<b>V=</b>	<b>0.6</b>		%

**Tabla 3.2.** Variación dimensional del ancho de la unidad - Palian.

Especimen	Ancho(mm)					Resultados de unidad	
	A1	A2	A3	A4	Aprom.	$\delta$	V(%)
HP-1	125.5	125.7	125.5	125.8	125.63	0.150	0.119
HP-2	125.5	125.5	126.4	125.7	125.78	0.427	0.340
HP-3	125.1	125.8	124.7	124.5	125.03	0.574	0.459
HP-4	122.5	123.4	122.3	123.3	122.88	0.556	0.453
HP-5	126.4	126.5	125.1	125.6	125.90	0.668	0.531
HP-6	124.4	124.9	124.9	125.6	124.95	0.493	0.395
HP-7	125.6	126.1	125.7	125.4	125.70	0.294	0.234
HP-8	127.1	125.9	127.7	126.1	126.70	0.849	0.670
HP-9	125	124.1	125.7	125.8	125.15	0.785	0.627
HP-10	124	123.3	123.7	123.7	123.68	0.287	0.232
				<b>Promedio</b>	<b>125.14</b>		
				<b><math>\delta</math> =</b>	<b>1.12</b>		
				<b>V=</b>	<b>0.9</b>		%

**Tabla 3.3.** Variación dimensional de la altura de la unidad - Palián.

Especimen	Altura(mm)					Resultados de unidad	
	H1	H2	H3	H4	Hprom.	$\delta$	V(%)
HP-1	81.3	81.1	82.4	80.8	81.40	0.698	0.857
HP-2	80.7	79.3	82.7	82.5	81.30	1.608	1.978
HP-3	82.5	80.9	81.9	83.1	82.10	0.938	1.143
HP-4	81.9	83.5	83.8	82.8	83.00	0.845	1.018
HP-5	81.1	82.7	82.8	83.3	82.48	0.954	1.156
HP-6	82.8	82.8	81.9	82.2	82.43	0.450	0.546
HP-7	81.9	81.2	82.9	82.5	82.13	0.741	0.902
HP-8	82.1	80.6	82.5	82.5	81.93	0.903	1.103
HP-9	81.6	81.2	84	84.9	82.93	1.806	2.178
HP-10	82	81	82.9	83.5	82.35	1.091	1.325
				<b>Promedio</b>	<b>82.20</b>		
				<b><math>\delta</math> =</b>	<b>0.56</b>		
				<b>V=</b>	<b>0.7</b>		%

**Tabla 3.4.** Variación dimensional del largo de la unidad - Cajas.

Especimen	Largo(mm)					Resultados de unidad		
	Nº	L1	L2	L3	L4	Lprom.	$\delta$	V(%)
HC-1	239.4	237.9	239.7	238.3	238.83	0.862	0.361	
HC-2	240.2	234.4	241.6	240.6	239.20	3.254	1.360	
HC-3	236.5	237.2	237	236.2	236.73	0.457	0.193	
HC-4	240	239	242.6	240.2	240.45	1.526	0.635	
HC-5	235	235.8	237.8	234.6	235.80	1.424	0.604	
HC-6	240.8	240.3	243.3	240.4	241.20	1.417	0.587	
HC-7	237.4	237.2	239.8	237.2	237.90	1.270	0.534	
HC-8	243.8	240.8	245.6	243.3	243.38	1.981	0.814	
HC-9	241.2	239.6	241	239.5	240.33	0.900	0.374	
HC-10	239.2	240.2	240.4	238.1	239.48	1.056	0.441	
					<b>Promedio</b>	<b>239.33</b>		
					$\delta =$	<b>2.20</b>		
					<b>V=</b>	<b>0.9</b>		%

**Tabla 3.5.** Variación dimensional del ancho de la unidad - Cajas.

Especimen	Ancho(mm)					Resultados de unidad		
	Nº	A1	A2	A3	A4	Aprom.	$\delta$	V(%)
HC-1	126.3	128.5	126.5	125.8	126.78	1.187	0.936	
HC-2	121	120.5	121.7	124	121.80	1.547	1.270	
HC-3	125.7	125	126	127.2	125.98	0.918	0.729	
HC-4	123	124.7	123.4	123.1	123.55	0.785	0.636	
HC-5	125.9	126.5	125.1	125.6	125.78	0.585	0.465	
HC-6	124.3	124.4	124.2	123.7	124.15	0.311	0.250	
HC-7	122.6	121.7	123	123	122.58	0.613	0.500	
HC-8	125.3	125.6	126.1	126.4	125.85	0.493	0.392	
HC-9	123.4	124.3	124	124.1	123.95	0.387	0.312	
HC-10	124.7	124.8	124.9	125	124.85	0.129	0.103	
					<b>Promedio</b>	<b>124.53</b>		
					$\delta =$	<b>1.61</b>		
					<b>V=</b>	<b>1.3</b>		%

**Tabla 3.6.** Variación dimensional de la altura de la unidad - Cajas.

Especimen	Altura(mm)					Resultados de unidad		
	Nº	H1	H2	H3	H4	Hprom.	$\delta$	V(%)
HC-1	79.8	80.5	78.4	80.1	79.70	0.913	1.145	
HC-2	76.8	80.2	77.3	79.9	78.55	1.748	2.226	
HC-3	78.8	79.6	81	80.8	80.05	1.038	1.296	
HC-4	79.9	80.7	79.5	80.6	80.18	0.574	0.716	
HC-5	80	80.2	79.8	77.3	79.33	1.360	1.714	
HC-6	80	80.5	78.8	79.4	79.68	0.737	0.924	
HC-7	78.3	80.3	77.5	80.1	79.05	1.370	1.733	
HC-8	80.2	79.2	79.5	80.1	79.75	0.480	0.601	
HC-9	78.8	78.6	77.2	78.5	78.28	0.727	0.929	
HC-10	79.5	78.6	81.4	81.7	80.30	1.494	1.861	
					<b>Promedio</b>	<b>79.49</b>		
					$\delta =$	<b>0.68</b>		
					<b>V=</b>	<b>0.9</b>		%

**Tabla 3.7.** Variación dimensional del largo de la unidad - Saño.

Especimen	Largo(mm)					Resultados de unidad		
	Nº	L1	L2	L3	L4	Lprom.	$\delta$	V(%)
HS-1	239.9	239.7	240.3	239.1	239.75	0.500	0.209	
HS-2	235.7	234.8	235.7	234.2	235.10	0.735	0.313	
HS-3	235.6	235.1	236.2	234.5	235.35	0.723	0.307	
HS-4	236	238.7	237.2	237.5	237.35	1.109	0.467	
HS-5	229.6	230.8	230.3	231.7	230.60	0.883	0.383	
HS-7	232.7	231.5	234.2	231.7	232.53	1.234	0.531	
HS-8	233	232.9	236.1	234.6	234.15	1.515	0.647	
HS-10	234.8	234.5	235.3	234.7	234.83	0.340	0.145	
HS-11	238.7	238.2	238.2	238.5	238.40	0.245	0.103	
HS-12	237.5	236.6	239	237.7	237.70	0.990	0.416	
					<b>Promedio</b>	<b>235.58</b>		
					$\delta =$	<b>2.79</b>		
					<b>V=</b>	<b>1.2</b>		%

**Tabla 3.8.** Variación dimensional del ancho de la unidad - Saño.

Especimen	Ancho(mm)					Resultados de unidad		
	Nº	A1	A2	A3	A4	Aprom.	$\delta$	V(%)
HS-1	122.9	122	123.9	122.7	122.88	0.785	0.639	
HS-2	119.1	119	119.8	117.9	118.95	0.785	0.660	
HS-3	120.8	120.4	120.3	114.9	119.10	2.808	2.358	
HS-4	119.4	119.1	119.9	122.9	120.33	1.748	1.453	
HS-5	115	117.2	115.3	116	115.88	0.978	0.844	
HS-7	117	119.5	116.6	118.5	117.90	1.344	1.140	
HS-8	118.8	117.6	119.7	121.1	119.30	1.476	1.238	
HS-10	118.7	121	120.5	120.3	120.13	0.995	0.828	
HS-11	125.3	124.2	125.3	123.8	124.65	0.768	0.616	
HS-12	120.1	118.6	118.3	120.9	119.48	1.234	1.033	
					<b>Promedio</b>	<b>119.86</b>		
					$\delta =$	<b>2.45</b>		
					<b>V=</b>	<b>2.0</b>		%

**Tabla 3.9.** Variación dimensional de la altura de la unidad - Saño.

Especimen	Altura(mm)					Resultados de unidad		
	Nº	H1	H2	H3	H4	Hprom.	$\delta$	V(%)
HS-1	79.6	81.5	83.2	81.7	81.50	1.476	1.812	
HS-2	83.2	82.2	84.5	83.5	83.35	0.947	1.136	
HS-3	77.9	77.2	77.8	76.4	77.33	0.690	0.892	
HS-4	81.9	78	83.7	80.5	81.03	2.405	2.968	
HS-5	77.5	78.5	78.3	80.5	78.70	1.275	1.621	
HS-7	80.8	80.9	80.5	80	80.55	0.404	0.502	
HS-8	83.5	83	83.2	82.7	83.10	0.337	0.405	
HS-10	82	80.5	81.1	81.9	81.38	0.709	0.871	
HS-11	82.4	83.3	82.8	81.8	82.58	0.634	0.768	
HS-12	80	80.2	82.8	80.8	80.95	1.279	1.580	
					<b>Promedio</b>	<b>81.05</b>		
					$\delta =$	<b>1.88</b>		
					<b>V=</b>	<b>2.3</b>		%

**Tabla 3.10.** Variación dimensional del largo de la unidad - Jauja.

Especimen	Largo(mm)					Resultados de unidad			
	Nº	L1	L2	L3	L4	Lprom.	$\delta$	V(%)	
HJ-1		234.2	236.6	234	235.5	235.08	1.215	0.517	
HJ-2		235.6	236.1	236.2	236.2	236.03	0.287	0.122	
HJ-3		236.3	237.2	236.1	236.8	236.60	0.497	0.210	
HJ-4		235.7	235	236.6	236.8	236.03	0.834	0.353	
HJ-5		235.7	235.7	235.6	235	235.50	0.337	0.143	
HJ-6		234.8	234.6	235.4	235.3	235.03	0.386	0.164	
HJ-7		233.6	234.3	234	233.6	233.88	0.340	0.146	
HJ-8		234.7	233.6	234.7	235.5	234.63	0.780	0.333	
HJ-9		232.4	232.8	234.1	234.4	233.43	0.974	0.417	
HJ-10		237.2	235.7	238.1	239.2	237.55	1.480	0.623	
		<b>Promedio</b>				<b>235.37</b>			
		<b><math>\delta =</math></b>				<b>1.24</b>			
		<b>V=</b>				<b>0.5</b>			%

**Tabla 3.11.** Variación dimensional del ancho de la unidad - Jauja.

Especimen	Ancho(mm)					Resultados de unidad			
	Nº	A1	A2	A3	A4	Aprom.	$\delta$	V(%)	
HJ-1		127.5	127	123.8	126.5	126.20	1.651	1.308	
HJ-2		125.5	126.8	125.7	124.6	125.65	0.904	0.719	
HJ-3		126.2	125.8	125.5	126.6	126.03	0.479	0.380	
HJ-4		126.9	125.2	126.9	125.9	126.23	0.830	0.658	
HJ-5		126.7	126.7	126.5	127.9	126.95	0.640	0.504	
HJ-6		127.1	131.4	127.8	126.9	128.30	2.102	1.639	
HJ-7		125.2	125.9	125.5	125.4	125.40	0.294	0.235	
HJ-8		126.4	126.5	126.5	126.8	126.55	0.173	0.137	
HJ-9		126.9	126.1	126.9	126.5	126.60	0.383	0.303	
HJ-10		124.6	124.8	124.2	126.1	124.93	0.822	0.658	
		<b>Promedio</b>				<b>126.28</b>			
		<b><math>\delta =</math></b>				<b>0.93</b>			
		<b>V=</b>				<b>0.7</b>			%

**Tabla 3.12.** Variación dimensional del altura de la unidad - Jauja.

Especimen	Altura(mm)					Resultados de unidad			
	Nº	H1	H2	H3	H4	Hprom.	$\delta$	V(%)	
HJ-1		79.8	78.5	80.8	80.5	79.90	1.023	1.280	
HJ-2		80.7	78.7	81.7	79.8	80.23	1.279	1.594	
HJ-3		78.2	79.6	79.6	77.7	78.78	0.974	1.237	
HJ-4		81.5	78.8	79.4	79.9	79.90	1.158	1.449	
HJ-5		78.5	77.4	77.2	77.9	77.75	0.580	0.746	
HJ-6		77.9	78.6	77.5	76	77.50	1.098	1.417	
HJ-7		80	78.1	78.8	77.8	78.68	0.978	1.243	
HJ-8		80.1	79.1	78.8	79.6	79.40	0.572	0.720	
HJ-9		79.9	78.8	79	77.7	78.85	0.904	1.146	
HJ-10		79.9	79.7	79.2	80	79.70	0.356	0.447	
		<b>Promedio</b>				<b>79.07</b>			
		<b><math>\delta =</math></b>				<b>0.93</b>			
		<b>V=</b>				<b>1.2</b>			%

### Resumen e interpretación de resultados

A continuación, se muestra la Tabla 3.13a que resume los resultados de la variabilidad dimensional y se compara con la clasificación del proyecto de norma E.070 [SENCICO, 2004]. Se muestra en esta tabla, que la unidad de Saño tiene un ancho significativamente menor que las otras unidades de la región central-Junín.

**Tabla 3.13a.** Comparación de la variabilidad dimensional.

Zona	Variabilidad dimensional						Clasificación de Norma
	L(mm)	L(%)	a(mm)	a(%)	h(mm)	h(%)	
Palian	238.27	0.6	125.1	0.9	82.2	0.7	Tipo V
Cajas	239.33	0.9	124.5	1.3	79.5	0.9	Tipo V
Saño	235.58	1.2	119.9	2.0	81.1	2.3	Tipo IV
Jauja	235.37	0.5	126.3	0.7	79.1	1.2	Tipo V

El ensayo de variación dimensional determina el espesor de las juntas de la albañilería. Se debe mencionar que por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales, adicionales al mínimo requerido de 10 mm, la resistencia a compresión y al corte de la albañilería disminuye en 15% aproximadamente [San Bartolomé, 1998]. Según la norma E.070, el espesor de las juntas horizontales debe ser 4mm más dos veces la desviación estándar de la altura de la unidad (Tabla N° 3.13b).

**Tabla 3.13b.** Espesores de junta horizontal.

Zona	Desviación Estándar (mm)	Junta calculada = $4\text{mm} + 2 \cdot \sigma$ (mm)
Palián	0.56	5.12
Cajas	0.68	5.36
Saño	1.88	7.76
Jauja	0.93	5.86

Por inspección de la Tabla 3.13a y 3.13b; se deduce que, las unidades de las cuatro zonas estudiadas en la región central, no tendrán una reducción significativa de la resistencia, siempre y cuando se cumpla con el requerimiento mínimo de 10 mm. de junta horizontal y como máximo de 15 mm [San Bartolomé, 1998].

### 3.1.1.2 Alabeo

La concavidad y convexidad se medirán con una regla y una cuña graduada como lo estipula la Norma 331.018 de ITINTEC (ver Figura N° 3.3). Para este ensayo se analizó una muestra representativa de 10 unidades de cada ladrillera. Según el proyecto de norma E.070 [SENCICO, 2004], el alabeo de la unidad de albañilería será tomado como el valor promedio. El resultado indica si la unidad es cóncava, convexa, u horizontal (Tablas 3.14 @ 3.17).



Figura N° 3.3. Ensayo de alabeo en una unidad de la ciudad de Cajas.

Tabla 3.14. Alabeo de la unidad de albañilería - Palián.

Especímen N°	Cara A		Cara B		Alabeo	
	1(mm)	2(mm)	1(mm)	2(mm)	1(mm)	2(mm)
HP-1	CC-0.00	CV-1.00	CC-1.00	CC-1.00	1.00	1.00
HP-2	CC-1.50	CC-2.00	CV-0.00	CV-1.00	2.00	1.00
HP-3	CC-0.00	CC-0.00	CC-1.50	CC-1.50	0.00	1.50
HP-4	CC-1.50	CC-2.00	CV-1.50	CV-1.75	2.00	1.75
HP-5	CC-0.00	CC-1.00	CC-1.00	CC-1.50	1.00	1.50
HP-6	CV-0.00	CC-0.00	CC-1.00	CC-0.00	0.00	1.00
HP-7	CC-0.00	CC-0.00	CC-1.00	CC-1.50	0.00	1.50
HP-8	CV-0.50	CV-0.00	CV-1.50	CV-1.00	0.50	1.50
HP-9	CC-1.00	CC-2.00	CV-1.00	CC-0.00	2.00	1.00
HP-10	CC-0.00	CC-0.00	CC-0.00	CV-1.50	0.00	1.50
				<b>Promedio</b>	<b>0.85</b>	<b>1.33</b>

**Tabla 3.15.** Alabeo de la unidad de albañilería – Cajas.

Especimen	Cara A		Cara B		Alabeo	
	1(mm)	2(mm)	1(mm)	2(mm)	1(mm)	2(mm)
HC-1	CC-0.00	CC-0.00	CC-1.00	CC-1.00	0.00	1.00
HC-2	CC-0.00	CC-1.00	CC-1.50	CC-1.00	1.00	1.50
HC-3	CC-1.50	CC-1.00	CC-1.25	CC-1.50	1.50	1.50
HC-4	CC-0.00	CC-0.50	CV-1.00	CC-1.00	0.50	1.00
HC-5	CC-1.00	CC-1.00	CV-1.50	CV-2.00	1.00	2.00
HC-6	CC-0.00	CC-0.00	CC-1.00	CC-0.50	0.00	1.00
HC-7	CC-1.00	CC-1.00	CC-1.50	CC-1.00	1.00	1.50
HC-8	CC-0.00	CC-0.00	CC-0.00	CC-1.50	0.00	1.50
HC-9	CC-0.00	CC-1.00	CC-1.75	CC-1.30	1.00	1.75
HC-10	CC-1.00	CC-0.50	CC-2.50	CC-1.50	1.00	2.50
					<b>Promedio</b>	<b>0.70</b>
						<b>1.53</b>

**Tabla 3.16.** Alabeo de la unidad de albañilería - Saño.

Especimen	Cara A		Cara B		Alabeo	
	1(mm)	2(mm)	1(mm)	2(mm)	1(mm)	2(mm)
HS-1	CC-1.00	CC-1.50	CV-1.50	CV-1.50	1.50	1.50
HS-2	CC-1.00	CC-1.00	CC-2.50	CC-1.00	1.00	2.50
HS-3	CC-1.00	CC-1.50	CV-2.50	CV-2.00	1.50	2.50
HS-4	CC-2.50	CC-3.50	CV-2.00	CV-2.50	3.50	2.50
HS-5	CC-1.00	CC-1.50	CC-2.50	CC-2.50	1.50	2.50
HS-7	CC-0.00	CC-0.00	CC-1.50	CV-2.50	0.00	2.50
HS-8	CC-0.00	CC-1.50	CC-1.00	CC-1.00	1.50	1.00
HS-10	CC-0.00	CC-0.00	CC-2.50	CC-2.50	0.00	2.50
HS-11	CC-0.00	CC-0.00	CC-1.50	CC-1.50	0.00	1.50
HS-12	CC-1.00	CC-1.00	CC-1.50	CC-1.00	1.00	1.50
					<b>Promedio</b>	<b>1.15</b>
						<b>2.05</b>

**Tabla 3.17.** Alabeo de la unidad de albañilería – Jauja.

Especimen	Cara A		Cara B		Alabeo	
	1(mm)	2(mm)	1(mm)	2(mm)	1(mm)	2(mm)
HJ-1	CC-2.00	CC-2.50	CC-1.00	CC-1.00	2.50	1.00
HJ-2	CV-1.50	CV-2.00	CC-1.75	CC-0.50	2.00	1.75
HJ-3	CV-1.00	CC-1.00	CC-3.00	CC-4.00	1.00	4.00
HJ-4	CC-1.50	CC-1.00	CC-1.00	CC-1.00	1.50	1.00
HJ-5	CC-2.00	CC-1.75	CC-2.50	CC-1.00	2.00	2.50
HJ-6	CV-2.00	CC-1.00	CC-2.00	CC-3.50	2.00	3.50
HJ-7	CV-2.00	CV-1.50	CC-1.00	CC-2.00	2.00	2.00
HJ-8	CC-1.00	CC-0.00	CC-2.00	CC-2.00	1.00	2.00
HJ-9	CV-2.00	CC-1.00	CV-2.00	CC-1.50	2.00	2.00
HJ-10	CC-1.25	CC-1.50	CC-1.25	CC-1.50	1.50	1.50
					<b>Promedio</b>	<b>1.75</b>
						<b>2.13</b>

## Resumen e interpretación de resultados

A continuación, se muestra la Tabla 3.18 que resume los resultados de alabeo de la unidad de arcilla cocida de las 4 zonas estudiadas y se compara con el proyecto de norma E.070 [SENCICO, 2004]. La Norma INDECOPI 331.017 no incluye el alabeo como parámetro de clasificación.

**Tabla 3.18.** Comparación de alabeo de la unidad.

Zona	Alabeo de la unidad		Clasificación Norma E.070
	Cara 1(mm)	Cara 2(mm)	
Palián	0.85	1.33	Tipo V
Cajas	0.70	1.53	Tipo V
Saño	1.15	2.05	Tipo IV
Jauja	1.75	2.13	Tipo IV

Como se mencionó en la variación dimensional si las juntas de mortero son mayores de 15 mm, reducirán la resistencia de la albañilería, el alabeo también determina esta característica; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos como especie de cangrejas en las zonas más alabeadas; o incluso puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad [San Bartolomé, 1998].

Por inspección de la Tabla 3.18, se puede interpretar, que las cuatro zonas productoras de unidades de arcilla calcinada, no tendrán este tipo de problema, porque el alabeo máximo obtenido de los ensayos es de 2.13 mm, menor a lo especificado en la norma, que indica 4 mm para el ladrillo tipo IV y 2 mm para el tipo V.

### 3.1.1.3 Ensayo de compresión de la unidad ( $f'_{cb}=f'_{cb}$ )

El ensayo de compresión de la unidad, se desarrolló en base a las especificaciones de la norma ITINTEC 331.018 y 331.019. Donde se recomienda ensayar 5 especímenes por lote, por tanto se ensayó un total de 20 especímenes (5 de cada zona).

Este ensayo se realizó con testigos de medias unidades secas, para lo cual, en las superficies de asiento se colocó un capping de yeso, para nivelar y distribuir uniformemente la carga aplicada como se muestra en las Figuras N° 3.4 y 3.5.



**Figura N° 3.4.** Unidades cortadas a la mitad.



**Figura N° 3.5.** Medias unidades con su capping de yeso.

La carga de compresión se aplica perpendicular a las caras de asiento, con una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min; o en otro caso, se controla la velocidad de carga de manera que se llegue a la rotura en unos 3 a 5 minutos (Figura N° 3.6).



**Figura N° 3.6.** Medias unidades con su capping de yeso en la máquina de ensayos.

La resistencia a la compresión ( $f'_{cb} = f'_b$ ) se determina dividiendo la carga de rotura ( $P_u$ ), entre el área bruta ( $A$ ) de la unidad (Ecuación 3.2).

$$f'_{cb} = \frac{P_u}{A} \quad (3.2)$$

La resistencia característica se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

En las Tablas 3.19 @ 3.23, se determina la resistencia a compresión ( $f'_{cb}$ ) y así mismo, se determina el módulo de elasticidad de la unidad  $E_b$  (ecuación N° 3.3), según Sahlin (1971), ello con el afán de comparar posteriormente con el módulo de elasticidad de la albañilería.

$$E_b = 300 \cdot f'_{cb} \quad (3.3)$$

En la Tabla 3.19, se muestra algunos valores de la resistencia a la compresión de diferentes unidades de mampostería [Bonett, 2003].

**Tabla 3.19.** Resistencia a la compresión de diferentes unidades de mampostería (Bonnet 2003)

Material	Intervalo de $f'_{cb}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Piedra	410 < $f'_{cb}$ < 1000
Concreto macizo	150 < $f'_{cb}$ < 250
Arcilla	50 < $f'_{cb}$ < 200
Concreto ligero	40 < $f'_{cb}$ < 60
Adobe	10 < $f'_{cb}$ < 15

**Tabla 3.20.** Resistencia a la compresión de la unidad ( $f'_{cb}$ ) y módulo de elasticidad de la unidad ( $E_b$ ) - Palián.

Espécimen	Largo	Ancho	Área	Pmáx.	$f'_{cb}$	$E_b$ según Sahlin
Nº	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kg/cm <sup>2</sup> )	
HP-6	12.42	11.53	143.20	49.95	35.57	10670.55
HP-7	12.49	11.51	143.76	48.51	34.41	10322.97
HP-8	12.63	11.57	146.13	55.80	38.94	11680.69
HP-9	12.43	11.47	142.57	53.27	38.10	11430.97
HP-10	12.30	11.51	141.57	39.61	28.53	8557.99
				$\delta =$	<b>4.11</b>	<b>1233.62</b>
				<b>promedio</b>	<b>35.11</b>	<b>10532.63</b>
				<b>prom- <math>\delta</math></b>	<b>31.00</b>	<b>9299.02</b>

**Tabla 3.21.** Resistencia a la compresión de la unidad ( $f'_{cb}$ ) y módulo de elasticidad de la unidad ( $E_b$ ) - Cajas.

Espécimen	Largo	Ancho	Área	Pmáx.	$f'_{cb}$	$E_b$ según Sahlin
Nº	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kg/cm <sup>2</sup> )	
HC-6	12.33	11.43	140.93	59.52	43.07	12919.58
HC-7	12.27	11.49	140.98	81.40	58.88	17663.55
HC-8	12.51	11.50	143.87	55.36	39.24	11770.96
HC-9	12.38	11.51	142.49	52.21	37.36	11209.46
HC-10	12.36	11.40	140.90	52.81	38.22	11466.42
				$\delta =$	<b>8.95</b>	<b>2684.37</b>
				<b>promedio</b>	<b>43.35</b>	<b>13006.00</b>
				<b>prom- <math>\delta</math></b>	<b>34.41</b>	<b>10321.62</b>

**Tabla 3.22.** Resistencia a la compresión de la unidad ( $f'_{cb}$ ) y módulo de elasticidad de la unidad ( $E_b$ ) - Saño.

Espécimen	Largo	Ancho	Área	Pmáx.	$f'_{cb}$	$E_b$ según Sahlm
N°	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kg/cm <sup>2</sup> )	
HS-6	12.29	11.56	142.07	85.61	61.44	18433.46
HS-7	11.88	11.55	137.21	48.43	35.99	10797.38
HS-8	11.69	11.41	133.38	84.41	64.53	19358.66
HS-10	11.96	11.53	137.90	93.22	68.93	20679.79
HS-11	12.47	11.51	143.53	107.44	76.33	22899.74
				$\delta=$	<b>15.29</b>	<b>4586.92</b>
				<b>promedio</b>	<b>61.45</b>	<b>18433.80</b>
				<b>prom- <math>\delta</math></b>	<b>46.16</b>	<b>13846.88</b>

**Tabla 3.23.** Resistencia a la compresión de la unidad ( $f'_{cb}$ ) y módulo de elasticidad de la unidad ( $E_b$ ) - Jauja.

Espécimen	largo	Ancho	Área	Pmáx.	$f'_{cb}$	$E_b$ según Sahlm
N°	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(kN)	(kg/cm <sup>2</sup> )	
HJ-7	12.56	11.65	146.32	90.62	63.15	18944.66
HJ-8	12.71	11.44	145.40	75.00	52.59	15778.40
HJ-9	12.63	12.04	152.07	120.06	80.51	24153.78
HJ-10	12.47	12.01	149.76	67.17	45.73	13719.62
HJ-13	12.66	11.51	145.72	78.68	55.06	16517.79
				$\delta=$	13.34	4001.83
				<b>promedio</b>	<b>59.41</b>	<b>17822.85</b>
				<b>prom- <math>\delta</math></b>	<b>46.07</b>	<b>13821.02</b>

### Resumen e interpretación de resultados

A continuación, se muestra la Tabla 3.24, donde se presenta el resumen de resistencia a la compresión de las unidades de arcilla cocida de las cuatro zonas estudiadas y se compara con el proyecto de norma E.070 [SENCICO, 2004], donde la resistencia mínima es de 50kg/cm<sup>2</sup> para la unidad tipo I, también comparado con la norma de albañilería ININVI (1982) vigente, donde mínimo debió ser 60kg/cm<sup>2</sup>. Cabe mencionar que en el Proyecto de Norma Técnica Peruana (PNTP) 331.017, la resistencia mínima a compresión debe ser de 100kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 3.24.** Comparación de la resistencia a la compresión y del módulo de elasticidad según Sahlin, con la NTE E.070.

Zona	Resistencia a la compresión				Clasificación de Norma
	f' b(kg/cm <sup>2</sup> )	f' b(MPa)	Eb(kg/cm <sup>2</sup> )	Eb(MPa)	
Palian	31.00	3.04	9299.02	911.92	NO CLASIFICA
Cajas	34.41	3.37	10321.62	1012.20	NO CLASIFICA
Saño	46.16	4.53	13846.88	1357.91	NO CLASIFICA
Jauja	46.07	4.52	13821.02	1355.37	NO CLASIFICA
Prom.	<b>39.41</b>	<b>3.86</b>	<b>11822.14</b>	<b>1159.35</b>	

Se muestra que ninguna unidad estudiada clasifica como unidad de albañilería normalizada. Además, esto indicaría que las unidades de las cuatro zonas de la región central, tienen poca durabilidad y baja resistencia. Según la Tabla 3.19 [Bonnet, 2003], los valores de la resistencia a la compresión de la unidad están por debajo de los valores dados para un material de arcilla calcinada.

#### 3.1.1.4 Ensayo de tracción por flexión (ftb)

Constituye una medida de la calidad de la unidad. Su evaluación debería realizarse cuando se tenga un alto alabeo que pueda conducir a la unidad a una falla de tracción por flexión. Para que exista una distribución uniforme de carga se debe colocar capping de yeso (Figura N° 3.7).

El ensayo consiste en someter a la unidad a la acción de una carga concentrada creciente (en el centro de la unidad), a una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min (ver Figura N° 3.8); luego se calcula ftb utilizando la ecuación (3.4)

$$f_{tb} = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad (3.4)$$

Donde:

P = Es la carga máxima aplicada al espécimen.

L = Longitud de los apoyos.

b = ancho de la unidad.

h = altura de la unidad.



Figura N° 3.7. Aplicación de capping de yeso a la unidad.



Figura N° 3.8. Aplicación de carga a la unidad, en el ensayo de tracción por flexión.

En las Tablas 3.25 @ 3.28, se muestran los resultados del ensayo de tracción por flexión de las cuatro zonas estudiadas.

Tabla 3.25. Resistencia a la tracción por flexión (ftb) - Palián

Espécimen	largo	Ancho	espesor	Lo	Carga	Ftb	ftb(Bonett)
N°	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kN)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
HP-22	23.90	12.25	8.00	18.00	3.23	11.33	4.12
HP-23	23.78	12.50	8.10	18.00	2.45	8.23	4.05
HP-24	23.70	12.50	8.20	18.00	3.79	12.41	4.31
HP-25	23.80	12.45	8.20	18.00	4.25	13.98	4.26
HP-26	23.82	12.55	8.20	18.00	1.88	6.15	3.69
<b>Promedio</b>						<b>10.42</b>	<b>4.08</b>
<b>δ=</b>						<b>3.18</b>	<b>0.25</b>
<b>prom- δ</b>						<b>7.24</b>	<b>3.84</b>

**Tabla 3.26.** Resistencia a la tracción por flexión (ftb) -Cajas

Especimen	largo	Ancho	espesor	Lo	Carga	f't	ftb(Bonett)
Nº	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kN)	(kg/cm2)	(kg/cm2)
HC-11	24.06	12.20	8.05	18.00	3.48	12.12	4.53
HC-12	24.10	12.60	7.80	18.00	4.13	14.82	5.29
HC-15	24.10	12.50	7.80	18.00	5.08	18.38	4.32
HC-16	23.50	12.55	7.80	18.00	3.88	14.00	4.22
HC-30	24.08	12.47	7.90	18.00	2.65	9.39	4.27
<b>Promedio</b>						<b>13.74</b>	<b>4.53</b>
<b>δ=</b>						<b>3.33</b>	<b>0.45</b>
<b>prom- δ</b>						<b>10.41</b>	<b>4.08</b>

**Tabla 3.27.** Resistencia a la tracción por flexión (ftb) - Saño

Especimen	largo	Ancho	espesor	Lo	Carga	f't	ftb(Bonett)
Nº	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kN)	(kg/cm2)	(kg/cm2)
HS-12	23.90	12.00	8.00	18.00	4.40	15.76	5.41
HS-13	23.30	11.90	8.17	18.00	4.51	15.63	4.14
HS-17	23.90	12.20	8.50	18.00	5.48	17.13	5.54
HS-18	23.70	12.55	8.20	18.00	5.21	17.00	5.73
HS-19	23.70	11.80	8.20	18.00	3.00	10.42	6.03
<b>Promedio</b>						<b>15.19</b>	<b>5.37</b>
<b>δ=</b>						<b>2.75</b>	<b>0.73</b>
<b>prom- δ</b>						<b>12.43</b>	<b>4.64</b>

**Tabla 3.28.** Resistencia a la tracción por flexión (f'tb) – Jauja

Especimen	largo	Ancho	Espesor	Lo	Carga	f't	ftb(Bonett)
Nº	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kN)	(kg/cm2)	(kg/cm2)
HJ-18	23.90	12.25	8.00	18.00	6.47	22.74	5.48
HJ-19	23.78	12.50	8.10	18.00	3.22	10.81	5.00
HJ-20	23.70	12.50	8.20	18.00	9.48	31.04	6.19
HJ-21	23.80	12.45	8.20	18.00	6.43	21.15	4.67
HJ-22	23.82	12.55	8.20	18.00	5.44	17.76	5.12
<b>Promedio</b>						<b>20.70</b>	<b>5.29</b>
<b>δ=</b>						<b>7.38</b>	<b>0.58</b>
<b>prom- δ</b>						<b>13.33</b>	<b>4.71</b>

### Resumen e interpretación de resultados

Según Bonett (2003), la resistencia a la tracción uniaxial de las unidades de mampostería ftb, se puede obtener en función de la resistencia a la compresión f'cb. No obstante, estas expresiones son bastante sensibles a la técnica de ensayo empleada. La ecuación (3.5), presenta una relación frecuentemente utilizada:

$$f_{tb} = c \cdot \sqrt{f'cb} \quad (3.5)$$

La constante  $c$ , toma valores de acuerdo al tipo de ensayo, a continuación, se muestra los valores recomendados [Bonett, 2003]:

$c = 0.28$ , para un ensayo de tensión uniforme.

$c = 0.34$ , para un ensayo de tensión indirecta.

$c = 0.69$ , para un ensayo de flexión.

Los valores obtenidos en los ensayos son mayores que los obtenidos con la ecuación (3.5). Los valores tabulados según la ecuación 3.5 descrita por Bonett (2003), parecieran algo más razonables, por la razón de que, cuando un prisma de albañilería es sometido a una carga de compresión la primera falla ocurre al rajarse verticalmente los ladrillos, como consecuencia de la tracción lateral. Pero, como se puede notar la resistencia en compresión de la unidad es relativamente baja (además de estar ligada a la resistencia a compresión de pilas), no pudiendo tener una resistencia en tracción alta. Esto también es corroborado por la Tabla 3.29 para valores mínimos, Norma ITINTEC 331.017 (1978).

**Tabla 3.29.** Valores mínimos de módulos de ruptura.

TIPO LADRILLO	MÓDULO DE RUPTURA(kg/cm <sup>2</sup> )
I	6.12
II	7.14
III	8.16
IV	9.18
V	10.20

En la Tabla 3.30, se muestra la clasificación de acuerdo a la norma ITINTEC 331.017 (1978), con los resultados obtenidos en el laboratorio y con lo calculado con la ecuación (3.5), descrita en el estudio hecho por Bonett (2003).

**Tabla 3.30.** Clasificación y comparación de las unidades.

Zona	Módulo de Ruptura		Clasificación Según resultados ensayos	Clasificación Según fórmula de ftb - Bonett
	Resultados según ensayos ftb (kg/cm <sup>2</sup> )	Resultados según fórmula de ftb – Bonett (kg/cm <sup>2</sup> )		
Palian	7.24	3.84	Tipo II	NO CLASIFICA
Cajas	10.41	4.08	Tipo V	NO CLASIFICA
Saño	12.43	4.64	Tipo V	NO CLASIFICA
Jauja	13.33	4.71	Tipo V	NO CLASIFICA

### 3.1.1.4 Peso específico y humedad natural

Para determinar el peso específico se aplica la ecuación N° 3.6.

$$\gamma = \frac{P_{SECO}}{V} \quad (3.6)$$

Además:  $V = P_1 - P_2$

Donde:

P1 = peso del espécimen saturado (3 horas en ebullición), en gramos.  
(Figura N° 3.10 y 11).

P2 = peso del espécimen saturado sumergido, en gramos. (Figura N° 3.9).

Pseco = peso del espécimen seco, en gramos.

V = volumen en centímetros cúbicos.

$\gamma$  = peso específico en gramos por centímetro cúbico.

La humedad natural, se calcula con la ecuación 3.7.

$$H\% = \frac{P_0 - P_1}{P_1} \quad (3.7)$$

Donde: P<sub>0</sub> = peso en estado natural, en gramos.

P<sub>1</sub> = peso del espécimen seco, en gramos, después de haber  
sido secado en el horno.

Los valores finales considerados, son los promedios de 5 ensayos realizados de cada ladrillera. Las Tablas 3.31 @ 3.34 muestran los resultados en las dos últimas filas de densidad y humedad natural.



**Figura N° 3.9.** Control de peso de unidad sumergida.



**Figura N° 3.10.** Nótese la colocación de unidades y suministro de agua.



Figura N° 3.11. Unidades saturadas en ebullición.

Tabla 3.31. Peso específico y humedad natural – Palián.

Especimen N°	Peso(gr)				Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad Nat. (%)
	Natural	Seco	Sumerg.	3 h ebull.			
HP-14	3300.3	3281	2045.3	4272.7	2227.4	1.47	0.59
HP-19	3567.6	3540.9	2193.4	4477.2	2283.8	1.55	0.75
HP-20	3318.8	3299.6	2055.8	4325.2	2269.4	1.45	0.58
HP-29	3626.4	3601.6	2114.6	4488.2	2373.6	1.52	0.69
HP-30	3310.7	3278.5	2040.5	4261.8	2221.3	1.48	0.98
<b>Promedio</b>						<b>1.49</b>	<b>0.72</b>

Tabla 3.32. Peso específico y humedad natural - Cajas

Especimen N°	Peso(gr)				Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad Nat. (%)
	Natural	Seco	Sumerg.	3 h ebull.			
HC-13	3441.3	3437.7	2127.5	4252.3	2124.8	1.62	0.10
HC-18	3480.5	3477	2154.5	4339.6	2185.1	1.59	0.10
HC-19	3342.5	3338.1	2060.9	4180.3	2119.4	1.58	0.13
HC-27	3479.3	3476.8	2155.7	4329.5	2173.8	1.60	0.07
HC-28	3404.4	3401.8	2115	4266.9	2151.9	1.58	0.08
<b>Promedio</b>						<b>1.59</b>	<b>0.10</b>

**Tabla 3.33.** Peso específico y humedad natural - Saño

Espécimen Nº	Peso(gr)				Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad Nat. (%)
	Natural	Seco	Sumerg.	3 h ebul.			
HS-30	3400	3394.5	2099.1	4174.7	2075.6	1.64	0.16
HS-31	3387.7	3384.6	2090.2	4098.9	2008.7	1.68	0.09
HS-32	3439.4	3436	2120.3	4196.5	2076.2	1.65	0.10
HS-33	3370	3366.5	2060.4	3957.9	1897.5	1.77	0.10
HS-34	3349.6	3345.1	2065.1	4103.7	2038.6	1.64	0.13
<b>Promedio</b>					<b>1.68</b>	<b>0.12</b>	

**Tabla 3.34.** Peso específico y humedad natural – Jauja.

Espécimen Nº	Peso(gr)				Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad Nat. (%)
	Natural	Seco	Sumerg.	3 h ebul.			
HJ-15	3210.9	3200.3	1969.3	4258.7	2289.4	1.40	0.33
HJ-16	3126.7	3122.6	1923.8	4197.5	2273.7	1.37	0.13
HJ-25	3234.3	3228.9	1987.9	4230.2	2242.3	1.44	0.17
HJ-26	3145.2	3142.7	1940.7	4217.5	2276.8	1.38	0.08
HJ-30	3086.9	3082.9	1900.6	4136.6	2236	1.38	0.13
<b>Promedio</b>					<b>1.39</b>	<b>0.17</b>	

### Resumen e interpretación de resultados

Como se puede notar en la Tabla 3.35, el rango de valores se encuentra entre 1.4 gr/cm<sup>3</sup> y 1.7 gr/cm<sup>3</sup>, rango en el que se encuentran la gran mayoría de unidades de arcilla cocida artesanal con escaso control de calidad [Gallegos, 1989].

**Tabla 3.35.** Valores resumen.

Peso Específico y Humedad Natural		
Zona	D(gr/cm <sup>3</sup> )	Hn(%)
Palian	1.49	0.72
Cajas	1.59	0.10
Saño	1.68	0.12
Jauja	1.39	0.17
Prom.	1.54	

En la Tabla 3.35, se puede observar además, que los ladrillos de la Zona de Palián tienen un valor alto de humedad natural, en comparación con las otras zonas.

### 3.1.1.6 Succión

La succión es una propiedad importante en las unidades de arcilla calcinada, debido a que una succión excesiva producirá uniones entre mortero y ladrillo inadecuadas. El mortero, debido a la rápida pérdida de parte del agua que es absorbida por el ladrillo, se deforma y endurece, no logrando un contacto completo con la cara del ladrillo superior. El resultado es que se tendrá un muro con una adhesión pobre e incompleta de sus unidades, dejando uniones de baja resistencia y muros permeables al agua.

El ensayo para fines de investigación se realiza con muestras secadas al horno, y para su evaluación se hace con muestras en estado natural. Debido a la importancia de sus resultados se ensayaron 10 unidades de cada ladrillera.

Después de pesar la muestra seca ( $P_s$ ) se la coloca en una bandeja con agua sobre unos soportes durante un minuto (Figuras N° 3.12 y 3.13), luego se retira y se vuelve a pesar, secándola previamente con un paño ( $P_m$ ), esta succión se evalúa sobre un superficie de contacto de  $200 \text{ cm}^2$  [Norma ITINTEC, 2002].

La succión es expresada por la ecuación 3.8.

$$\text{Succión}(\text{gr} / 200 - \text{cm}^2 - \text{min}) = \frac{200 \cdot (P_m - P_s)}{A} \quad (3.8)$$

Donde:

A: Área de contacto.

$P_s$  = peso seco de la muestra

$P_m$  = peso de la muestra húmeda, después de la succión.



Figura N° 3.12. Nivelación de los soportes antes del ensayo.



Figura N° 3.13. Evaluación de la succión en una unidad de ladrillo de Palian-Huancayo.

Las Tablas 3.36 @ 3.39, muestran los resultados.

Tabla 3.36. Resultados de Succión - Palián

Espécimen N°	largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Peso(gr)		Área de asiento (cm <sup>2</sup> )	Pm-Ps (gr)	Succión (gr/200 cm <sup>2</sup> /min)
				Ps	Pm			
HP-1	238.98	125.63	81.40	3399	3510.5	300.212	111.500	74.281
HP-2	239.43	125.78	81.30	3434.5	3508.9	301.137	74.400	49.413
HP-3	239.65	125.03	82.10	3521.2	3583.8	299.622	62.600	41.786
HP-4	237.78	122.88	83.00	3525.7	3590.2	292.166	64.500	44.153
HP-5	239.33	125.90	82.48	3556.3	3625.8	301.310	69.500	46.132
HP-6	237.30	124.95	82.43	3529.3	3596.3	296.506	67.000	45.193
HP-7	237.90	125.70	82.13	3448.9	3532.9	299.040	84.000	56.180
HP-8	239.53	126.70	81.93	3462.1	3562.7	303.478	100.600	66.298
HP-9	235.15	125.15	82.93	3571.4	3641.5	294.290	70.100	47.640
HP-10	237.63	123.68	82.35	3536.7	3594.1	293.883	57.400	39.063
							<b>Promedio</b>	<b>51.014</b>

**Tabla 3.37.** Resultados de Succión - Cajas

Espécimen	Largo	Ancho	Altura	Peso(gr)		Área de Asiento (cm <sup>2</sup> )	Pm-Ps (gr)	Succión (gr/200 cm <sup>2</sup> /min)
				Ps	Pm			
HC-1	238.83	126.78	79.70	3507.4	3586.6	302.77	79.200	52.317
HC-2	239.20	121.80	78.55	3462.7	3642.3	291.35	179.600	123.290
HC-3	236.73	125.98	80.05	3409.1	3536.5	298.21	127.400	85.442
HC-4	240.45	123.55	80.18	3459.4	3575.7	297.08	116.300	78.296
HC-5	235.80	125.78	79.33	3386.1	3482.7	296.58	96.600	65.143
HC-6	241.20	124.15	79.68	3380.3	3481.7	299.45	101.400	67.724
HC-7	237.90	122.58	79.05	3344.9	3496.7	291.61	151.800	104.113
HC-8	243.38	125.85	79.75	3517.9	3612.9	306.29	95.000	62.033
HC-9	240.33	123.95	78.28	3276.3	3378.3	297.88	102.000	68.483
HC-10	239.48	124.85	80.30	3415.4	3532.7	298.98	117.300	78.466
<b>Promedio</b>								<b>78.531</b>

**Tabla 3.38.** Resultados de Succión - Saño

Espécimen	largo	Ancho	Altura	Peso(gr)		Área de Asiento (cm <sup>2</sup> )	Pm-Ps (gr)	Succión (gr/200 cm <sup>2</sup> /min)
				Ps	Pm			
HS-1	239.75	122.88	81.50	3686.4	3833.6	294.59	147.200	99.935
HS-2	235.10	118.95	83.35	3492.5	3625.4	279.65	132.900	95.047
HS-3	235.35	119.10	77.33	3335.1	3503.2	280.30	168.100	119.942
HS-4	237.35	120.33	81.03	3018	3256.4	285.59	238.400	166.952
HS-5	230.60	115.88	78.70	2752.3	2911.4	267.21	159.100	119.083
HS-7	232.53	117.90	80.55	2940.3	3211.6	274.15	271.300	197.923
HS-8	234.15	119.30	83.10	3267.9	3415.8	279.34	147.900	105.892
HS-10	234.83	120.13	81.38	3263.2	3400.7	282.08	137.500	97.489
HS-11	238.40	124.65	82.58	3687.9	3779.5	297.17	91.600	61.649
HS-12	237.70	119.48	80.95	2993	3233.3	283.99	240.300	169.230
<b>Promedio</b>								<b>123.314</b>

**Tabla 3.39.** Resultados de Succión - Jauja

Espécimen	largo	Ancho	Altura	Peso(gr)		Área de asiento (cm <sup>2</sup> )	Pm-Ps (gr)	Succión (gr/200 cm <sup>2</sup> /min)
				Ps	Pm			
HJ-1	235.08	126.20	79.90	3173.9	3270.6	296.66	96.700	65.191
HJ-2	236.03	125.65	80.23	3154.9	3245.9	296.57	91.000	61.369
HJ-3	236.60	126.03	78.78	3263.6	3351.5	298.18	87.900	58.959
HJ-4	236.03	126.23	79.90	3133.4	3220.5	297.92	87.100	58.472
HJ-5	235.50	126.95	77.75	3085.9	3189.7	298.97	103.800	69.439
HJ-6	235.03	128.30	77.50	3218.1	3302.9	301.54	84.800	56.245
HJ-7	233.88	125.40	78.68	3073.8	3165.7	293.28	91.900	62.671
HJ-8	234.63	126.55	79.40	3158.4	3263.8	296.92	105.400	70.996
HJ-9	233.43	126.60	78.85	3207.8	3310.1	295.52	102.300	69.235
HJ-10	237.55	124.93	79.70	3238.9	3325.9	296.76	87.000	58.633
<b>Promedio</b>								<b>63.121</b>

## Resumen e interpretación de resultados

La succión más aceptable la tienen las unidades de la zona de Palián, probablemente por que tiene una humedad natural alta (Tabla 3.35), pero en general, todas tienen valores de succión muy altos, con los cuales no clasifican según la norma ITINTEC, 1978. En la Tabla 3.40, se presenta el resume de los resultados.

Según Angel San Bartolomé (1998), la succión debería tener un valor comprendido entre 10 y 20 gr/200cm<sup>2</sup>-min. Si aplicamos ese criterio, ninguna unidad está en este rango, por lo que las unidades deben tratarse antes de su asentado para reducir la succión.

**Tabla 3.40.** Resultados de clasificación según norma [ITINTEC, 1978]

Succión		Clasificación de Norma
Zona	Gr/200cm <sup>2</sup> /min	
Palian	51.01	Tipo III
Cajas	78.53	NO CLASIFICA
Saño	123.31	NO CLASIFICA
Jauja	63.12	Tipo I

### 3.1.1.7 Ensayos de absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación

La absorción es una medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería; la absorción máxima, es la medida de la cantidad de agua que puede contener una unidad saturada; finalmente, el coeficiente de saturación es una medida de la facilidad con que una unidad puede saturarse con agua.

El ensayo se realiza pesando medias unidades en estado seco, luego en estado saturado durante 24 horas con las superficies secadas previamente (Figura N° 3.14 y 3.15), a esta diferencia de pesos se le conoce como absorción, y cuando las unidades hierven durante 5 horas antes de pesarlas en estado saturado, recibe el nombre de absorción máxima, ambas se expresan en porcentaje, el coeficiente de saturación es la razón entre dichos porcentajes (NTP 399.604).



**Figura N° 3.14.** Medias Unidades saturadas. **Figura N° 3.15.** Medias Unidades secadas al horno

En las Tablas 3.41 @ 3.44, se muestran los resultados.

**Tabla 3.41.** Resultados de Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación – Palián.

Especimen	Peso(kg)				Absorc. %	Abs. Máx. %	Coef. Saturac.
	N°	Natural	Seco	24h inm.			
HP-6	1800.60	1785.20	2102.10	2243.10	17.75	25.65	0.69
HP-7	1838.50	1714.50	2063.90	2205.80	20.38	28.66	0.71
HP-8	1804.50	1786.80	2138.30	2286.30	19.67	27.96	0.70
HP-9	1819.50	1782.20	2119.10	2254.60	18.90	26.51	0.71
HP-10	1810.50	1785.90	2116.40	2248.10	18.51	25.88	0.72
				<b>Promedio</b>	<b>19.04</b>	<b>26.93</b>	<b>0.71</b>

**Tabla 3.42.** Resultados de Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación – Cajas.

Espécimen	Peso(kg)				Absorc.	Abs. Máx.	Coef. Saturac.
	Nº	Natural	Seco	24h inm.			
HC-6	1734.00	1729.70	2036.90	2184.00	17.76	26.26	0.68
HC-7	1722.50	1720.50	1957.20	2123.30	13.76	23.41	0.59
HC-8	1833.00	1826.60	2141.50	2293.00	17.24	25.53	0.68
HC-9	1704.50	1698.70	1987.50	2130.00	17.00	25.39	0.67
HC-10	1730.00	1723.20	2018.70	2172.40	17.15	26.07	0.66
				<b>Promedio</b>	<b>16.58</b>	<b>25.33</b>	<b>0.65</b>

**Tabla 3.43.** Resultados de Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación – Saño.

Espécimen	Peso(kg)				Absorc.	Abs. Máx.	Coef. Saturac.
	Nº	Natural	Seco	24h inm.			
HS-7	1471.00	1460.40	1731.30	1848.30	18.55	26.56	0.70
HS-8	1676.30	1656.20	1942.50	2066.00	17.29	24.74	0.70
HS-9	1448.50	1447.20	1754.50	1870.30	21.23	29.24	0.73
HS-10	1648.50	1633.60	1901.60	2018.80	16.41	23.58	0.70
HS-11	1872.80	1861.40	2144.30	2258.10	15.20	21.31	0.71
				<b>Promedio</b>	<b>17.73</b>	<b>25.09</b>	<b>0.71</b>

**Tabla 3.44.** Resultados de Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación – Jauja.

Espécimen	Peso(kg)				Absorc.	Abs. Máx.	Coef. Saturac.
	Nº	Natural	Seco	24h inm.			
HJ-7	1542.00	1528.20	1889.30	2063.40	23.63	35.02	0.67
HJ-8	1604.50	1591.60	1962.80	2136.00	23.32	34.20	0.68
HJ-9	1517.50	1509.80	1840.90	1989.50	21.93	31.77	0.69
HJ-10	1538.00	1525.60	1880.00	2055.90	23.23	34.76	0.67
HJ-13	1597.30	1534.10	1962.30	2118.50	27.91	38.09	0.73
				<b>Promedio</b>	<b>24.00</b>	<b>34.77</b>	<b>0.69</b>

### Resumen e interpretación de resultados

Se aconseja que la absorción máxima no sobrepase el 22% [San Bartolomé, 1998],. Para las unidades de la zona en estudio está condición no es la satisfactoria y por tal motivo contienen más humedad; pero existe una contradicción ya que el coeficiente de saturación es bajo, lo que indicaría que es poco absorbente y muy durable lo cual por el momento no es real. En la Tabla Nº 3.45, se muestra el resumen de los resultados.

Tabla 3.45. Resultados resumen.

Zona	Absorc.	Abs. Máx.	Coef. Saturac.
	%	%	
Palian	19.04	26.93	0.71
Cajas	16.58	25.33	0.65
Saño	17.73	25.09	0.71
Jauja	24.00	34.77	0.69
<b>Promedio</b>	<b>19.32</b>	<b>28.03</b>	<b>0.69</b>

### 3.2. Propiedades de la albañilería simple

La resistencia de la albañilería a una sollicitación (compresión, tracción y corte) define el comportamiento estructural de la edificación. Con el propósito de determinar dichas resistencias, muchos investigadores diseñaron una serie de ensayos capaces de evaluar estructuralmente sus materiales componentes.

Tal evaluación se realiza en distintos componentes; morteros, unidades, pilas y muretes. En esta parte se obtienen todas las características de la albañilería simple.

#### 3.2.1. Ensayos de pilas

Tiene tres objetivos: en el rango elástico determinar el módulo de elasticidad  $E_m$ ; en la rotura determinar la resistencia  $f'_m$  y la forma de falla.

##### 3.2.1.1 Determinación del módulo de Elasticidad

Se calcula según la propuesta de norma [NTE E.070, 2004], entre el 50% y 10% del esfuerzo máximo axial. Las ecuaciones con las cuales se calculó el módulo de elasticidad ( $E_m$ ), fueron de la ecuación 3.9 @ 3.12. Los gráficos de los ensayos de compresión de pilas se adjuntan en el Anexo 1, al final de este estudio.

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad (3.9)$$

$$E = \frac{(P_{50\%} - P_{10\%}) / A}{(\delta_{50\%} - \delta_{10\%}) / Li} \tag{3.10}$$

$$K = \frac{(P_{50\%} - P_{10\%})}{(\delta_{50\%} - \delta_{10\%})} \tag{3.11}$$

$$E = K \frac{Li}{A} \tag{3.12}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad.

$\Delta\sigma$  = incremento de esfuerzo axial.

$\Delta\varepsilon$  = incremento de deformación.

A = área de la sección transversal.

Li = longitud inicial.

P50% y P10% = carga axial al 50% y al 10 %.

$\delta_{50\%}$  y  $\delta_{10\%}$  = desplazamiento al 50% y al 10%

K = rigidez

Las Tablas 3.46 @ 3.49, muestran los resultados del módulo de elasticidad  $E_m$ , según la propuesta de norma de norma E.070 (2004); el resultado debe ser el promedio menos una desviación estándar.

**Tabla 3.46.** Módulo de Elasticidad  $E_m$  – Palián.

Pila	Área	Pmáx.	50% Pmáx	10% Pmáx	Acort. 50%	Acort. 10%	Longitud inicial	K=P/d	E(módulo elastic.)
					(Gráfico Local)	(Gráfico Local)			
	cm2	(kg)	(kg)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/mm)	(kg/cm2)
Palián-1	298.16	6404	3202	640	0.1363	0.0249	195	22983	15031
Palián-2	298.16	6112	3056	611	0.0770	0.0101	188	36505	23018
Palián-3	298.16	6349	3174	634	0.1303	0.0007	200	19597	13145
Palián-4	298.16	4997	2498	499	0.1392	0.0172	193	16396	10613
Palián-5	298.16	5809	2904	580	0.3387	0.0689	192	8611	5545
<b><math>\sigma=</math></b>									<b>6416</b>
<b>promedio</b>									<b>13470</b>
<b>Prom-<math>\sigma</math></b>									<b>7054</b>

**Tabla 3.47. Módulo de Elasticidad Em – Cajas.**

	Área	Pmáx.	50% Pmáx	10% Pmáx	Acort. 50%	Acort. 10%	Longitud inicial	K=P/d Rigidez	E(módulo elastic.)
					(Gráfico Local)	(Gráfico Local)			
Pila	cm2	(kg)	(kg)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/mm)	(kg/cm2)
Cajas-1	298.02	8582.17	4291.09	858.22	0.1747	0.0304	190	23804.25	15176.04
Cajas-2	298.02	9780.47	4890.24	978.05	0.1367	0.0218	195	34044.24	22275.55
Cajas-3	298.02	12303.22	6151.61	1230.32	0.1393	0.0098	190	38009.91	24232.64
Cajas-4	298.02	13157.84	6578.92	1315.78	0.2474	-0.0116	188	20318.86	12817.62
Cajas-5	298.02	10737.62	5368.81	1073.76	0.5169	0.0564	195	9326.02	6102.12
								<b>σ=</b>	<b>7346.09</b>
								<b>promedio</b>	<b>16120.79</b>
								<b>Prom-σ</b>	<b>8774.70</b>

**Tabla 3.48. Módulo de Elasticidad Em – Saño.**

	Área	Pmáx.	50% Pmáx	10% Pmáx	Acort. 50%	Acort. 10%	Longitud inicial	K=P/d Rigidez	E(módulo elastic.)
					(Gráfico Local)	(Gráfico Local)			
Pila	cm2	(kg)	(kg)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/mm)	(kg/cm2)
Saño-1	282.35	10834.17	5417.08	1083.42	0.0911	0.0038	200	49653.03	35170.77
Saño-2	282.35	11203.86	5601.93	1120.39	0.1567	0.0263	187	34359.33	22755.81
Saño-3	282.35	11543.38	5771.69	1154.34	0.2175	0.0390	200	25873.25	18326.82
Saño-4	282.35	12204.97	6102.49	1220.50	0.1851	0.0169	193	29028.26	19841.95
Saño-5	282.35	13986.56	6993.28	1398.66	0.0863	-0.0126	195	56567.73	39066.94
								<b>σ=</b>	<b>9445.13</b>
								<b>promedio</b>	<b>27032.46</b>
								<b>Prom-σ</b>	<b>17587.33</b>

**Tabla 3.49. Módulo de Elasticidad Em – Jauja.**

	Área	Pmáx.	50% Pmáx	10% Pmáx	Acort. 50%	Acort. 10%	Longitud inicial	K=P/d Rigidez	E(módulo elastic.)
					(Gráfico Local)	(Gráfico Local)			
Pila	cm2	(kg)	(kg)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/mm)	(kg/cm2)
Jauja-1	297.23	18191.66	9095.83	1819.17	0.3200	0.0343	200	25472.51	17139.93
Jauja-2	297.23	9745.33	4872.67	974.53	0.3222	0.0633	180	15058.15	9119.09
Jauja-3	297.23	14884.72	7442.36	1488.47	0.1819	0.0195	177	36668.99	21836.32
Jauja-4	297.23	16208.08	8104.04	1620.81	0.2025	0.0358	177	38887.89	23157.68
Jauja-5	297.23	9473.79	4736.90	947.38	0.1412	0.0267	200	33106.10	22276.42
								<b>σ=</b>	<b>5846.49</b>
								<b>promedio</b>	<b>18705.89</b>
								<b>Prom-σ</b>	<b>12859.40</b>

Según el Ing. Hector Gallegos, en su Libro “Albañilería Estructural” (1989), el módulo de elasticidad debe estar entre 400·f’m a 1000·f’m. Estos valores serán posteriormente evaluados y comentados, mediante gráficas.

### 3.2.1.2. Determinación de la resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión  $f'm$  está definida como la carga máxima axial entre el área de la sección transversal. Es una de las principales propiedades de la unidad de albañilería, valores altos indican que son de buena calidad para fines estructurales y de exposición; en cambio valores bajos, indican poca resistencia y poca durabilidad. El cálculo de la resistencia en compresión  $f'm$ , se determinó con la ecuación 3.13.

$$f'm = C \frac{P_{m\acute{a}x}}{\text{Área}} \quad (3.13)$$

Donde C es un coeficiente de corrección por esbeltez, y toma valores según la Tabla 3.50 [NTE E.070, 2004].

**Tabla 3.50.** Corrección por esbeltez

FACTORES DE CORRECCION DE $f'm$ POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0
Coeficiente C(*)	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

(\*) Interpolar linealmente para valores intermedios de esbeltez.

En las Tablas 3.51 @ 3.54, se muestran los resultados de la resistencia en compresión  $f'm$ . Según la propuesta de norma E.070 (2004), el resultado debería ser el promedio menos una desviación estándar.

**Tabla 3.51.** Resistencia en compresión f'm – Palián.

Pila	Área (cm <sup>2</sup> )	Pmáx. (kg)	fm (kg/cm <sup>2</sup> )	Esbeltez Alt./Esp.	Coefic. Correcc.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
Palián-1	298.16	6404.57	21.48	3.76	0.931	19.99
Palián-2	298.16	6112.11	20.50	3.78	0.931	19.09
Palián-3	298.16	6349.40	21.30	3.76	0.930	19.81
Palián-4	298.16	4997.76	16.76	3.78	0.931	15.61
Palián-5	298.16	5809.29	19.48	3.76	0.931	18.13
					<b>σ=</b>	1.79
					<b>promedio</b>	18.53
					<b>Prom-σ</b>	16.74

**Tabla 3.52.** Resistencia en compresión f'm – Cajas.

Pila	Área (cm <sup>2</sup> )	Pmáx. (kg)	fm (kg/cm <sup>2</sup> )	Esbeltez Alt./Esp.	Coefic. correcc.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
Cajas-1	298.02	8582.17	28.80	3.694	0.938	27.00
Cajas-2	298.02	9780.47	32.82	3.734	0.939	30.83
Cajas-3	298.02	12303.22	41.28	3.678	0.937	38.69
Cajas-4	298.02	13157.84	44.15	3.694	0.938	41.40
Cajas-5	298.02	10737.62	36.03	3.774	0.941	33.90
					<b>σ=</b>	5.81
					<b>promedio</b>	34.36
					<b>Prom-σ</b>	28.55

**Tabla 3.53.** Resistencia en compresión f'm – Saño.

Pila	Área (cm <sup>2</sup> )	Pmáx. (kg)	fm (kg/cm <sup>2</sup> )	Esbeltez Alt./Esp.	Coefic. correcc.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
Saño-1	282.35	10834.17	38.37	3.963	0.939	36.01
Saño-2	282.35	11203.86	39.68	3.921	0.937	37.17
Saño-3	282.35	11543.38	40.88	3.905	0.936	38.27
Saño-4	282.35	12204.97	43.23	3.938	0.938	40.52
Saño-5	282.35	13986.56	49.54	3.921	0.937	46.41
					<b>σ=</b>	4.11
					<b>promedio</b>	39.68
					<b>Prom-σ</b>	35.56

**Tabla 3.54.** Resistencia en compresión f'm – Jauja.

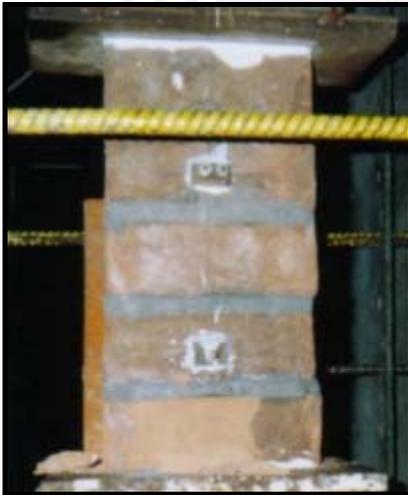
Pila	Área (cm <sup>2</sup> )	Pmáx. (kg)	fm (kg/cm <sup>2</sup> )	Esbeltez Alt./Esp.	Coefic. correcc.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
Jauja-1	297.23	18191.66	61.20	3.643	0.936	57.27
Jauja-2	297.23	9745.33	32.79	3.722	0.939	30.78
Jauja-3	297.23	14884.72	50.08	3.666	0.937	46.91
Jauja-4	297.23	16208.08	54.53	3.627	0.935	50.99
Jauja-5	297.23	9473.79	31.87	3.643	0.936	29.82
					<b>σ=</b>	12.30
					<b>promedio</b>	43.15
					<b>Prom-σ</b>	30.85

### 3.2.1.3. Modo de falla

Como se puede ver en las Figuras N° 3.16 @ 3.20, el mecanismo de falla predominante en la gran mayoría de los ensayos es un agrietamiento vertical, seguido de un descascaramiento no predonimante; finalizando con un aplastamiento generalizado en la base o parte superior de la unidad donde se aplica la carga.

En los prismas de Palián, por ejemplo existe un aplastamiento en la base casi de inmediato, llegando probablemente por esta razón, a valores muy bajos de  $f'm$  (16.74 kg/cm<sup>2</sup>). Ver Figura N° 3.16.

En los prismas de Cajas, hubo desprendimiento lateral y posteriormente aplastamiento en la parte superior e inferior. Ver Figura N° 3.16.



**Figura N° 3.16.** Prisma ensayado de Palián.



**Figura N° 3.17.** Prisma ensayado de Cajas.



**Figura N° 3.18.** Prisma ensayado de Saño.



**Figura N° 3.19.** Prisma ensayado de Jauja.

En los prismas de Saño, por ejemplo existe un desprendimiento lateral pero no predominante; finalizando, con un aplastamiento en la base. Ver Figura N° 3.18.

En los prismas de Jauja, hubo agrietamiento lateral y posteriormente aplastamiento en la parte superior o inferior. Ver Figura N° 3.19 y 3.20.



**Figura N° 3.20.** Prismas ensayados de Jauja

### 3.2.2. Ensayos de resistencia al corte (muretes)

Tiene tres objetivos: en el rango elástico determinar el módulo de corte  $G_m$ , y en la rotura, determinar la resistencia al corte  $v'm$  y la forma de falla.

#### 3.2.2.1. Determinación del módulo de Corte ( $G_m$ )

Se calcula según la propuesta de norma entre el 50% y 10% del esfuerzo máximo de compresión diagonal. El cálculo del módulo de corte  $G_m$ , se realiza aplicando las ecuaciones N° 3.14 y 3.15. Los gráficos de los ensayos de resistencia al corte (muretes) se adjuntan en el Anexo 1, al final de este estudio.

$$G = \frac{\Delta\tau}{\Delta\gamma} \quad (3.14)$$

$$G = \frac{(P_{50\%} - P_{10\%}) / A_{diagonal}}{[(\delta_{H50\%} - \delta_{H10\%}) / L_{Hi} + (\delta_{V50\%} - \delta_{V10\%}) / L_{Vi}]} \quad (3.15)$$

Donde:

$G$  = módulo de corte.

$\Delta\tau$  = incremento de esfuerzo cortante.

$\Delta\gamma$  = incremento de distorsión.

$A_{diagonal}$  = área de la sección diagonal

$L_{Hi}$  = longitud horizontal inicial.

$L_{Vi}$  = longitud vertical inicial.

$P_{50\%}$  y  $P_{10\%}$  = carga axial al 50% y al 10 %.

$\delta_{50\%}$  y  $\delta_{10\%}$  = desplazamiento al 50% y al 10%

Las Tablas 3.55 @ 3.58, muestran los resultados del módulo de corte  $G_m$ , según la propuesta de norma de norma E.070 (2004); el resultado debe ser el promedio menos una desviación estándar.

Posteriormente, se evaluará y comparará los resultados conjuntamente con el módulo de elasticidad ( $E_m$ ), para poder determinar el módulo de Poisson ( $\nu$ ).

**Tabla 3.55. Módulo de corte Gm – Palián.**

	50%	10%	H 50%	V 50%	H 10%	V 10%	Longitud	Longitud	G(módulo
	Pmáx	Pmáx	Local	Local	Local	Local	V inicial	H inicial	de corte)
Murete	(kN)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm)	(cm)	(kg/cm <sup>2</sup> )
Palián-1	23.02	4.60	0.05140	0.09217	0.00362	0.00059	39	40	4830.72
Palián-2	19.24	3.85	0.03307	0.07229	0.00412	-0.00242	40.2	41.2	5585.22
Palián-3	21.99	4.40	0.00904	0.07582	0.00151	-0.00732	39.4	40	7113.98
Palián-4	19.55	3.91	0.03041	0.07641	0.00336	-0.01370	39.7	40	4973.78
Palián-5	22.29	4.46	0.06263	0.14570	0.00512	-0.00772	40.2	41	3165.35
									<b>σ= 1641.66</b>
									<b>promedio 5173.82</b>
									<b>Prom-σ 3532.16</b>

**Tabla 3.56. Módulo de corte Gm – Cajas.**

	50%	10%	H 50%	V 50%	H 10%	V 10%	Longitud	Longitud	G(módulo
	Pmáx	Pmáx	Local	Local	Local	Local	V inicial	H inicial	de corte)
Murete	(kN)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm)	(cm)	(kg/cm <sup>2</sup> )
Cajas-1	36.27	7.25	0.04511	0.14973	-0.00103	0.01212	40	40	5976.08
Cajas-2	41.72	8.34	0.03951	0.14226	0.00226	0.00659	40.5	41	7403.27
Cajas-3	34.74	6.95	0.01960	0.11046	-0.00438	0.00667	40	40	8165.26
Cajas-4	43.62	8.72	0.05661	0.16068	0.00203	0.01468	39.4	40	6532.56
Cajas-5	47.69	9.54	0.03261	0.13733	-0.00049	-0.00850	40	40	8029.85
									<b>σ= 1001.62</b>
									<b>promedio 7393.61</b>
									<b>Prom-σ 6391.99</b>

**Tabla 3.57. Módulo de corte Gm – Saño.**

	50%	10%	H 50%	V 50%	H 10%	V 10%	Longitud	Longitud	G(módulo
	Pmáx	Pmáx	Local	Local	Local	Local	V inicial	H inicial	de corte)
Murete	(kN)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm)	(cm)	(kg/cm <sup>2</sup> )
Saño-1	39.41	7.88	0.01574	0.07557	-0.00290	0.00864	41	40	14346.14
Saño-2	46.42	9.28	0.01627	0.13707	-0.00406	0.01869	39.4	41	10242.27
Saño-3	38.03	7.61	0.02576	0.12876	-0.00141	0.02086	41.15	40.5	9066.23
Saño-4	30.51	6.10	0.03645	0.12537	0.00068	0.01927	40.3	40.5	6845.31
Saño-5	32.54	6.51	0.01171	0.13387	-0.00029	0.02289	40.3	40	8378.85
									<b>σ= 2671.70</b>
									<b>promedio 10508.37</b>
									<b>Prom-σ 7836.68</b>

**Tabla 3.58.** Módulo de corte Gm – Jauja.

	50%	10%	H 50%	V 50%	H 10%	V 10%	Longitud	Longitud	G(módulo	
	Pmáx	Pmáx	Local	Local	Local	Local	V inicial	H inicial	de corte)	
Murete	(kN)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm)	(cm)	(kg/cm2)	
Jauja-1	31.94	6.39	0.03027	0.08575	-0.00955	0.00872	40.5	40	8227.08	
Jauja-2	47.11	9.42	0.02013	0.12138	-0.00383	0.01714	41	40.8	11180.39	
Jauja-3	38.56	7.71	0.02785	0.07928	-0.00023	-0.00149	39.5	40	10461.61	
Jauja-4	41.69	8.34	0.03555	0.08137	0.00320	0.00215	41.2	40	11243.78	
Jauja-5	37.46	7.49	0.01819	0.08860	-0.00351	0.00576	39.6	39.4	10494.13	
									<b>σ=</b>	<b>1285.93</b>
									<b>promedio</b>	<b>10090.80</b>
									<b>Prom-σ</b>	<b>8804.87</b>

### 3.2.2.2. Determinación de la resistencia al corte (v'm).

La resistencia al corte (por tracción diagonal) está definida como la carga máxima diagonal entre el área de la diagonal del espécimen. Es una propiedad importante por la similitud de la forma de falla del ensayo con la forma de falla que ocurre en algunos muros cuando son solicitados ante acciones sísmicas. El cálculo de la resistencia al corte por tracción diagonal, v'm, se determina con la ecuación 3.16.

$$v'm = \frac{P_{máx.diagonal}}{Área.diagonal} \tag{3.16}$$

En las Tablas 3.59 @ 3.62, se muestran los resultados de la resistencia al corte v'm. Según la propuesta de norma E.070 (2004), el resultado debería ser el promedio menos una desviación estandar.

**Tabla 3.59.** Resistencia al corte v'm – Palián.

	Carga	Área	Esfuerzo	
	máxima	Diagonal	v'm	
Murete	(kN)	cm2	Kg/cm2	
Palián-1	46.04	1097.24	4.28	
Palián-2	38.48	1097.24	3.58	
Palián-3	43.98	1097.24	4.09	
Palián-4	39.10	1088.39	3.66	
Palián-5	44.59	1100.78	4.13	
			<b>σ=</b>	<b>0.31</b>
			<b>promedio</b>	<b>4.02</b>
			<b>Prom-σ</b>	<b>3.71</b>

**Tabla 3.60.** Resistencia al corte v´m – Cajas.

Murete	Carga	Área	Esfuerzo
	máxima	Diagonal	v´m
	(kN)	cm2	Kg/cm2
Cajas-1	72.54	1077.81	6.86
Cajas-2	83.45	1079.57	7.88
Cajas-3	69.49	1086.61	6.52
Cajas-4	87.24	1074.28	8.28
Cajas-5	95.38	1083.09	8.98
		$\sigma=$	<b>1.11</b>
		<b>promedio</b>	<b>7.56</b>
		<b>Prom-<math>\sigma</math></b>	<b>6.45</b>

**Tabla 3.61.** Resistencia al corte v´m – Saño.

Murete	Carga	Área	Esfuerzo
	máxima	Diagonal	v´m
	(kN)	cm2	Kg/cm2
Saño-1	78.82	1067.90	7.53
Saño-2	92.83	1056.03	8.96
Saño-3	76.05	1039.08	7.46
Saño-4	61.01	1034.00	6.02
Saño-5	65.09	1037.39	6.40
		$\sigma=$	<b>1.05</b>
		<b>promedio</b>	<b>7.59</b>
		<b>Prom-<math>\sigma</math></b>	<b>6.53</b>

**Tabla 3.62.** Resistencia al corte v´m – Jauja.

Murete	Carga	Área	Esfuerzo
	máxima	Diagonal	v´m
	(kN)	cm2	Kg/cm2
Jauja-1	63.88	1092.95	5.96
Jauja-2	94.22	1098.31	8.75
Jauja-3	77.12	1094.74	7.18
Jauja-4	83.37	1107.24	7.68
Jauja-5	74.92	1101.88	6.93
		$\sigma=$	<b>1.16</b>
		<b>promedio</b>	<b>7.21</b>
		<b>Prom-<math>\sigma</math></b>	<b>6.05</b>

### 3.2.2.2. Modo de falla.

Como se puede ver en las Figuras N° 3.21 @ 3.23, el mecanismo de falla predominante en los muretes de arcilla de Palián, Cajas y Saño es por tracción diagonal, es decir, una grieta que atraviesa las juntas y las unidades de albañilería. La fisura se inicia en el centro del

espécimen y se distribuye en forma lenta hacia las aristas de aplicación de carga.

En cuanto al murete de la zona de Jauja (Figura N° 3.24), se observa netamente una falla por corte a través de la junta; así como una falla de adherencia.



**Figura N° 3.21.** Muretes ensayados de Palián.



**Figura N° 3.22.** Muretes ensayados de Cajas.



**Figura N° 3.23.** Muretes ensayados de Saño.



**Figura N° 3.24.** Muretes ensayados de Jauja.

### 3.3. Comparación de resultados de $f'm - Em$ y $Em - Gm$

Se ha visto conveniente, representar los resultados en forma visual, mediante figuras ilustrativas. La Figura N° 3.25, muestra los resultados de la relación  $f'm - Em$ , de los 20 ensayos realizados para la región central Junín. El límite inferior, representa una relación  $E=300 \cdot f'm$ ; el límite superior, representa una relación  $E=1000 \cdot f'm$ ; finalmente, la indicación de la norma E.070, se representa por la relación de  $E=500 \cdot f'm$ . Esta figura, muestra la gran dispersión de resultados, pero así también, muestra que los valores se encuentran dentro de un promedio cercano al de la Norma.

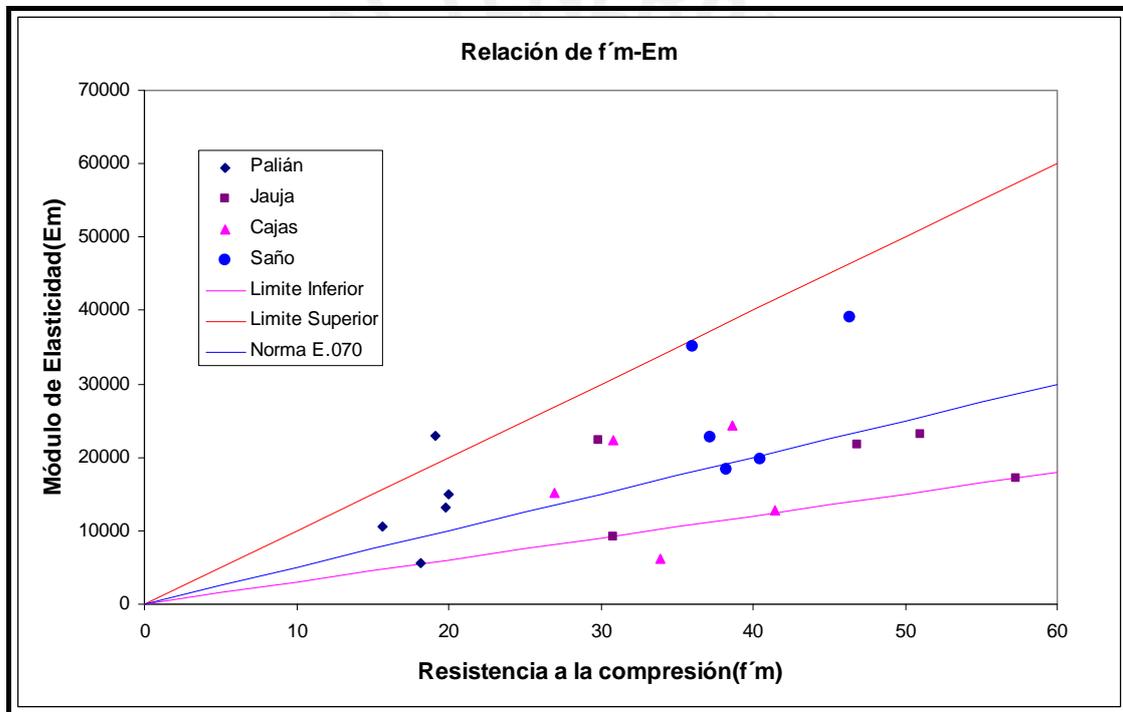


Figura N° 3.25. Relación  $f'm - Em$ .

La Figura N° 3.26, muestra los resultados de la relación  $Em - Gm$ , de los 20 ensayos realizados para la región central Junín. El límite inferior, representa una relación  $Gm=0.3 \cdot Em$ ; el límite superior, representa una relación  $Gm=0.5 \cdot Em$ ; finalmente, la indicación de la norma E.070, se representa con la relación de  $Gm=0.4 \cdot Em$ . De la misma forma que la figura anterior, muestra que los valores se encuentran dentro de un promedio cercano al de la Norma.

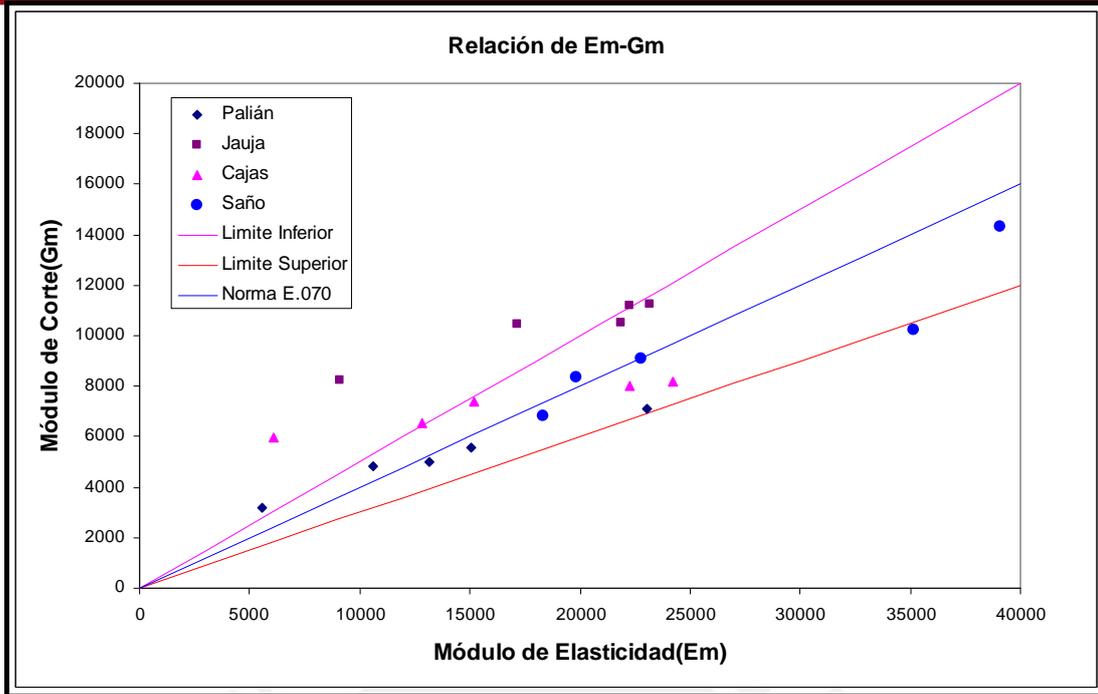


Figura Nº 3.26. Relación Em - Gm.

Si consideramos las relaciones límites se obtendrían módulos de Poisson de  $\nu=0$ , para  $Gm=0.5 \cdot Em$  y de  $\nu=0.667$ , para  $Gm=0.3 \cdot Em$ . De la figura 3.26 se puede considerar que  $Gm=0.4Em$  es una relación aceptable, es decir se puede considerar un  $\nu=0.25$ .

### 3.4. Comparación de resultados de $f'm - v'm$ y $f'm - f'b$

La Figura Nº 3.27, muestra los resultados de la relación  $f'm - v'm$ , de los 20 ensayos realizados para la región central Junín. La propuesta de norma recomienda que se cumpla que  $v'm = \sqrt{f'm}$ ; adicionalmente se ha ajustado a una relación  $v'm = C \cdot \sqrt{f'm}$ , donde C es una constante que tomó un valor de 1.4; finalmente se realizó un ajuste lineal, representado mediante una ecuación de la forma  $v'm = C1 \cdot f'm$ , donde C1 tomó un valor de 0.25. De la misma forma que la figura anterior, muestra que los valores se encuentran dentro de un promedio cercano a la indicación de la propuesta de Norma.

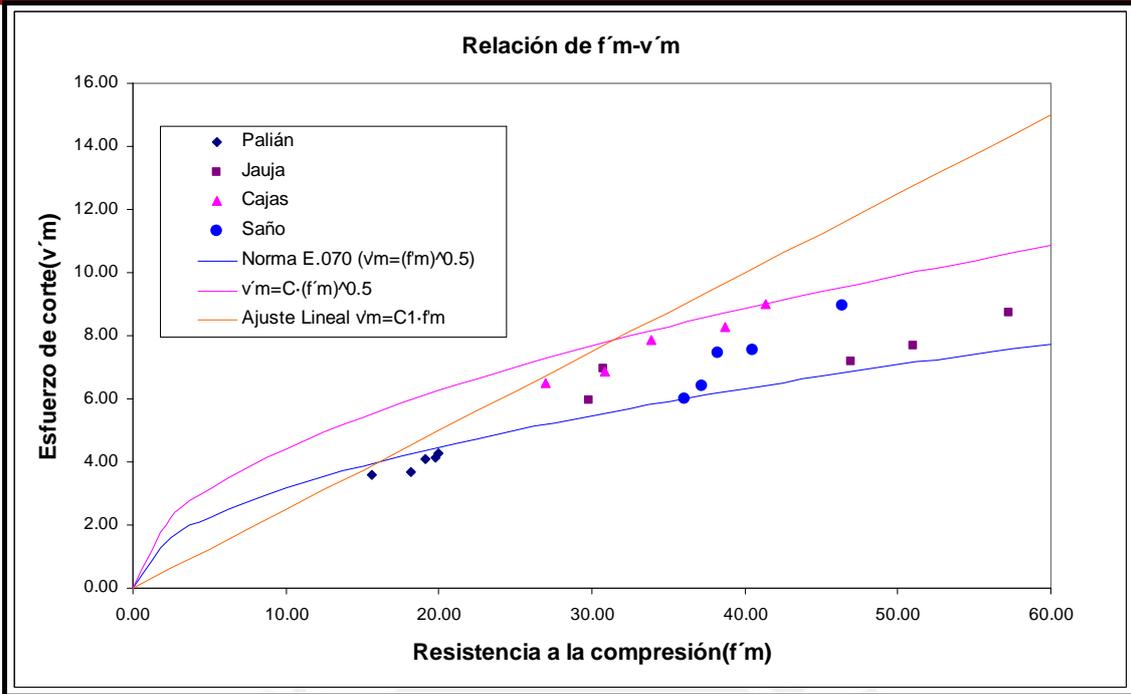


Figura N° 3.27. Relación  $f'm - v'm$ .

La Figura N° 3.28, muestra los resultados de la relación  $f'm - f'b$ . En este gráfico se ha relacionado  $f'b = C \cdot f'm$ , donde C es una constante que tomó un valor de 1.4; el límite inferior  $C=1$ ; para el límite superior  $C=2$ ; finalmente se realizó un ajuste lineal, resultando un valor de  $C=1.432$ .

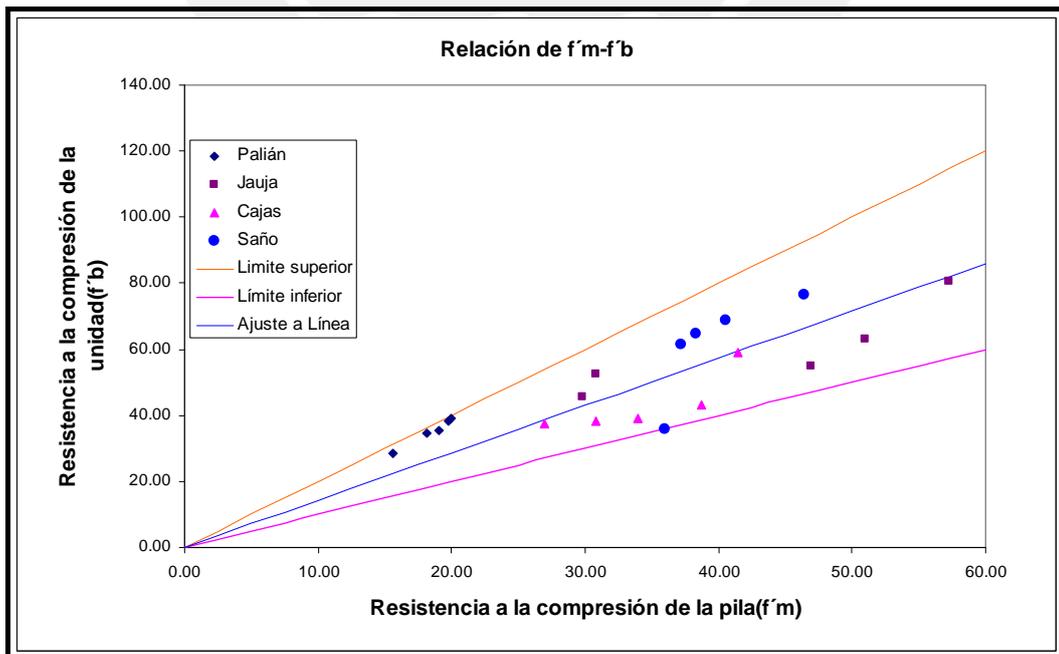


Figura N° 3.28. Relación  $f'm - f'b$ .

### 3.5. Propiedades del mortero

#### 3.5.1. Ensayo de consistencia o fluidez

El ensayo de consistencia o ensayo de fluidez o flujo, se realiza principalmente con el aparato de flujo, que es una mesa plana construida de tal manera que puede dejarse caer desde una altura de 12 mm por medio de una leva rotatoria.

Se define la consistencia o fluidez como el porcentaje de incremento en el diámetro de un tronco de cono de 10 cm. de diámetro en su base y 5 cm de altura, después de que la mesa de flujo se ha dejado caer veinticinco veces en quince segundos (Figuras N° 3.29 @ 3.31).. Esto es, si el diámetro de la masa de mortero es 20 cm después del ensayo, la consistencia o fluidez del mortero es 100% [Gallegos, 1989]. Se puede expresar los resultados, mediante la ecuación N° 3.17

$$Fluidez = \frac{(d1 - d0)}{d0} \cdot 100 \quad (3.17)$$

En la Tabla N° 3.63, se muestra los resultados de fluidez de los morteros ensayados.



**Figura N° 3.29** Vaciado del mortero del molde para el inicio del ensayo.



**Figura N° 3.30** Medición del diámetro final, después del ensayo.

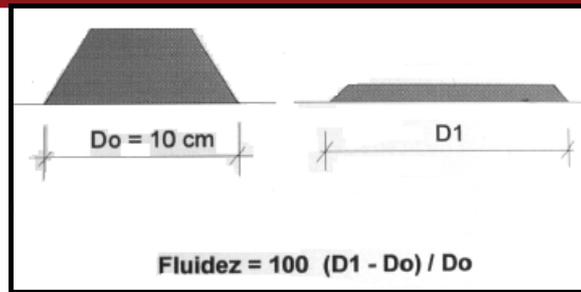


Figura N° 3.31 Determinación de la fluidez.

Tabla 3.63 Porcentaje de Fluidez

Mezcla de Mortero	Díámetros					Φ0	Porcentaje de Fluidez (%)
	φ1	φ2	φ3	φ4	φ Prom.		
Palian	29	29	28	28.5	28.63	10	186.25
Cajas	28	25	26	25	26.00	10	160
Saño	31	31	28.5	29	29.88	10	198.75
Jauja	30.5	30	29.8	29	29.83	10	198.25

Las muestras para determinar la fluidez, fueron obtenidas de las tandas del mortero que se utilizaron para construir los muretes.

Se puede observar que le porcentaje de fluidez de Cajas (160%), es el menor; mientras tanto, las mezclas de Saño y Jauja, son las que tienen el mayor porcentaje de fluidez.

Se recomienda que la fluidez sea del orden de 120%, para los cuatro ensayos el porcentaje fue mayor al recomendado.

### 3.5.2. Ensayos de compresión de cubos (Rc)

Se realizó según norma ASTM C-109, la cual no considera la succión de los moldes, ya que éstos son de aluminio. Para este ensayo se utilizó el mismo mortero usado para la construcción de los muretes, el número de muestras fabricadas fueron 6, 3 se ensayarán a los 14 días y las otras 3 a los 28 días. El valor de la resistencia de los cubos de concreto se determinó con la ecuación N° 3.18. La toma de muestra y el ensayo de estos cubos se muestra en las Figuras N° 3.32 y 3.33.

$$R_c = \frac{P_{m\acute{a}x.}}{A} \tag{3.18}$$

Donde:

$R_c$  = resistencia a compresión

$P_{m\acute{a}x}$  = carga máxima aplicada

$A$  = área de la sección

Los resultados de la resistencia en compresión de los cubos de mortero de las zonas de Palián, Cajas, Saño y Jauja, se muestra en las Tablas 3.64 @ 3.67 y las Figuras N° 3.34 @ 3.37 muestran la diferencia de resistencia a los 14 y 28 días.



Figura N° 3.32 Toma de muestra de mortero, en molde de aluminio.

Figura N° 3.33 Ensayo en máquina de compresión.

Tabla 3.64 Resistencia a compresión de cubos (Palián)

Edad (Días)	Cubo N°	L1 (mm)	L2 (mm)	Lp (mm)	A1 (mm)	A2 (mm)	Ap (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	Hp (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga Máx. (kN)	Rc (MPa)
14	P-1-1	51.80	51.50	51.65	51.40	51.10	51.25	51.40	51.60	51.50	2647.06	24.46	9.24
	P-1-3	51.20	51.40	51.30	51.00	51.00	51.00	51.00	50.40	50.70	2616.30	26.46	10.11
	P-1-5	51.70	51.80	51.75	50.90	50.70	50.80	50.20	50.40	50.30	2628.90	24.57	9.35
28	P-1-2	51.40	51.80	51.60	50.70	50.60	50.65	50.90	50.90	50.90	2613.54	26.46	10.13
	P-1-4	51.90	51.50	51.70	51.00	51.00	51.00	51.00	51.00	51.00	2636.70	29.62	11.23
	P-1-6	51.00	51.00	51.00	50.90	50.90	50.90	50.20	50.50	50.35	2595.90	26.86	10.35

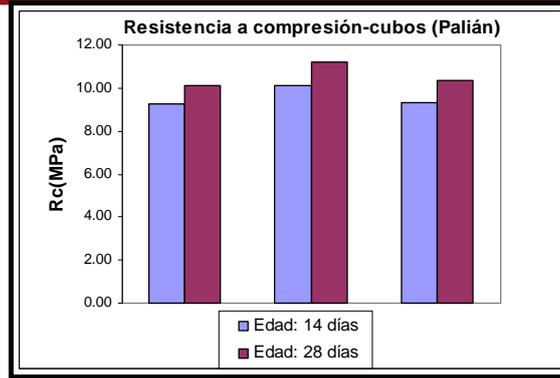


Figura N° 3.34 Barras comparativas de la resistencia a compresión de cubos (Palián)

Tabla N° 3.65 Resistencia a compresión de cubos (Cajas)

Edad (Días)	Cubo N°	L1	L2	Lp	A1	A2	Ap	H1	H2	Hp	Área	Carga Máx.	Rc
		(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	(MPa)								
14	C-4-1	50.70	50.60	50.65	50.70	50.70	50.70	51.10	50.90	51.00	2567.96	21.97	8.55
	C-4-3	50.80	50.80	50.80	50.60	50.50	50.55	50.00	51.00	50.50	2567.94	19.70	7.67
	C-4-5	51.15	51.05	51.10	50.60	50.60	50.60	49.90	50.00	49.95	2585.66	18.34	7.09
28	C-4-2	51.10	50.80	50.95	51.60	51.80	51.70	51.00	50.50	50.75	2634.12	24.77	9.40
	C-4-4	51.50	51.10	51.30	50.60	51.30	50.95	50.40	50.20	50.30	2613.74	24.15	9.24
	C-4-6	50.60	50.50	50.55	51.20	51.40	51.30	50.60	50.20	50.40	2593.22	26.57	10.25

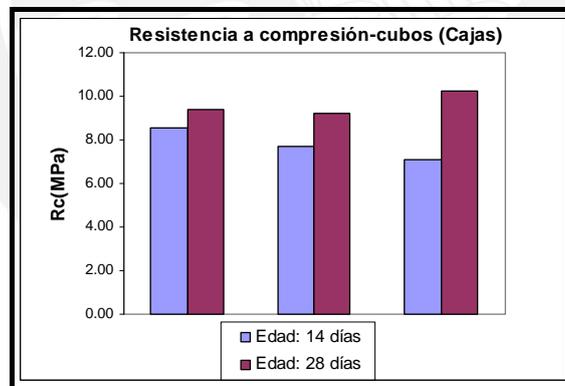


Figura N° 3.35 Barras comparativas de la resistencia a compresión de cubos (Cajas)

Tabla 3.66 Resistencia a compresión de cubos (Saño)

Edad (Días)	Cubo N°	L1	L2	Lp	A1	A2	Ap	H1	H2	Hp	Área	Carga Máx.	Rc
		(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	(MPa)								
14	S-5-1	51.10	51.00	51.05	51.40	51.40	51.40	49.80	50.00	49.90	2623.97	19.10	7.28
	S-5-3	51.30	51.30	51.30	51.75	51.85	51.80	50.30	50.00	50.15	2657.34	17.06	6.42
	S-5-5	51.45	51.35	51.40	51.40	51.50	51.45	50.75	50.85	50.80	2644.53	15.06	5.70
28	S-5-2	50.90	50.70	50.80	51.20	51.20	51.20	50.25	49.80	50.03	2600.96	19.98	7.68
	S-5-4	51.30	51.20	51.25	51.20	51.50	51.35	50.00	50.00	50.00	2631.69	19.37	7.36
	S-5-6	50.80	50.90	50.85	51.30	51.00	51.15	50.00	50.60	50.30	2600.98	17.67	6.79

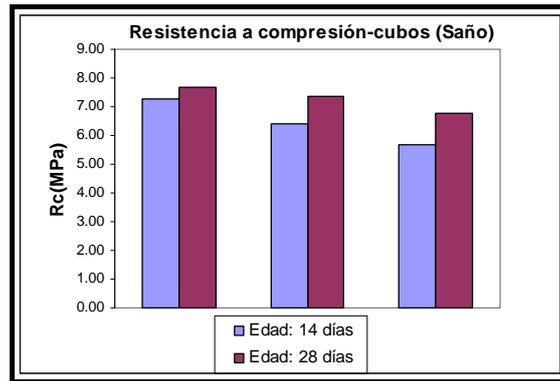


Figura N° 3.36 Barras comparativas de la resistencia a compresión de cubos (Saño)

Tabla N° 3.67 Resistencia a compresión de cubos (Jauja)

Edad (Días)	Cubo N°	L1	L2	Lp	A1	A2	Ap	H1	H2	Hp	Área	Carga Máx.	Rc
		(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	(MPa)								
14	J-1-1	51.85	51.75	51.80	50.70	50.80	50.75	51.10	51.00	51.05	2628.85	28.15	10.71
	J-1-3	51.10	51.00	51.05	50.90	51.00	50.95	50.80	50.80	50.80	2601.00	24.55	9.44
	J-1-5	51.80	51.80	51.80	51.00	52.00	51.50	49.90	50.00	49.95	2667.70	21.84	8.19
28	J-1-2	50.60	51.00	50.80	50.75	51.60	51.18	51.30	51.20	51.25	2599.69	26.88	10.34
	J-1-4	50.55	50.70	50.63	50.55	50.70	50.63	50.95	50.85	50.90	2562.89	22.14	8.64
	J-1-6	51.00	49.85	50.43	50.70	50.00	50.35	50.00	49.40	49.70	2538.90	23.33	9.19

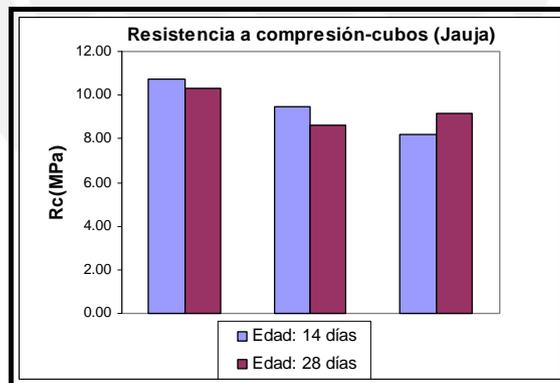
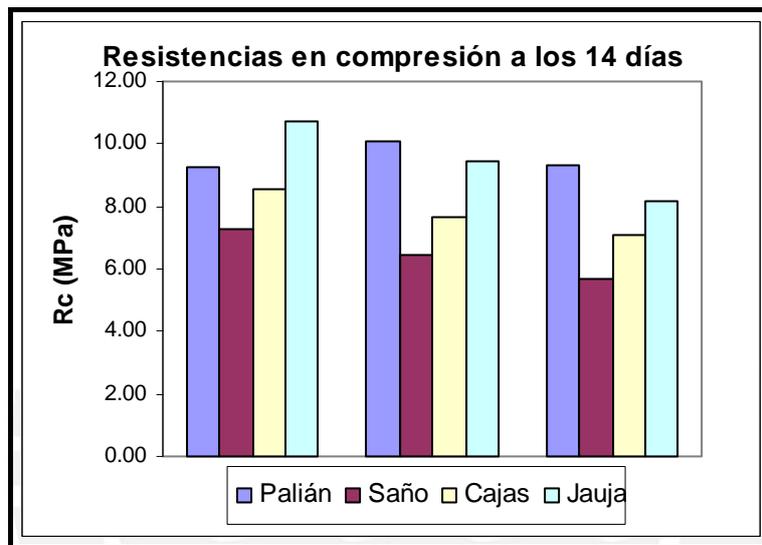


Figura N° 3.37 Barras comparativas de la resistencia a compresión de cubos (Jauja)

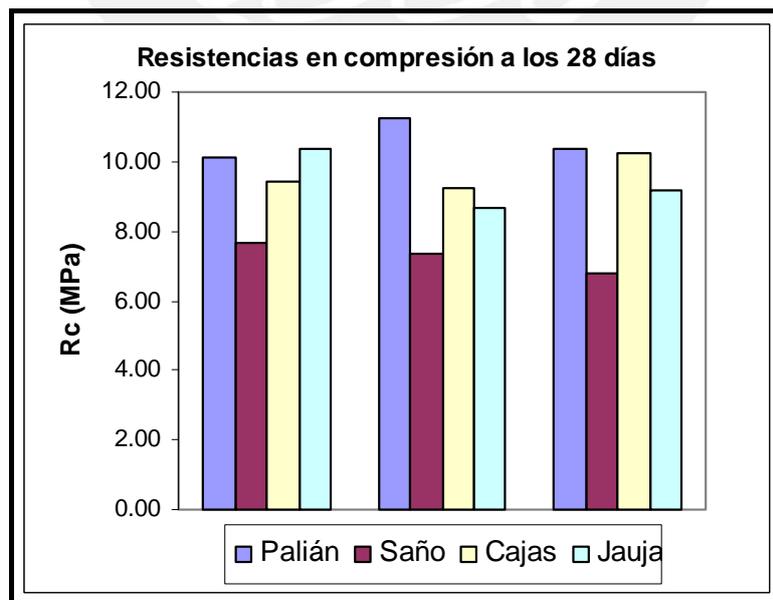
En la Tabla N° 3.68 y las Figuras N° 3.38 y 3.39, se muestra el resumen de los resultados de la resistencia en compresión de cubos del mortero. Se puede observar que la resistencia promedio del cubo a los 28 días es aproximadamente 1.15 veces la resistencia promedio del cubo a los 14 días.

**Tabla Nº 3.68** Resumen de resistencia a compresión de cubos

Zona	Valores a los 14 días						Valores a los 28 días					
	1	2	3	P	$\sigma$	P- $\sigma$	1	2	3	P	$\sigma$	P- $\sigma$
Palian	9.24	10.11	9.35	9.57	0.48	9.09	10.13	11.23	10.35	10.57	0.59	9.98
Saño	7.28	6.42	5.70	6.47	0.79	5.67	7.68	7.36	6.79	7.28	0.45	6.83
Cajas	8.55	7.67	7.09	7.77	0.74	7.04	9.40	9.24	10.25	9.63	0.54	9.09
Jauja	10.71	9.44	8.19	9.44	1.26	8.18	10.34	8.64	9.19	9.39	0.87	8.52
	<b>Prom= 7.50</b>						<b>Prom= 8.61</b>					



**Figura Nº 3.38** Barras comparativas de la resistencia en compresión a los 14 días.



**Figura Nº 3.39** Barras comparativas de la resistencia en compresión a los 28 días.

### 3.5.3. Ensayo de Adhesión

El ensayo consiste en someter a la unidad a la acción de una carga concentrada creciente (en el centro de la unidad), muy similar al ensayo del módulo de ruptura; luego se calcula el esfuerzo de adhesión utilizando la ecuación (3.19)

$$Adhesión = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad (3.19)$$

Donde:

P = Carga máxima aplicada

L = Longitud entre apoyos

B = Largo de la sección del espécimen

H = altura de la sección del elemento

En la Tabla N° 3.69, se muestra los resultados de los esfuerzos de adhesión.

Por las divergencias y variedades de ensayo que se tiene para evaluar la adhesión, sólo se ensayó dos especímenes por cada zona seleccionada. Ver Figuras N° 3.40 @ 3.43.



Figura N° 3.40 Especímenes para el ensayo de adhesión por flexión



Figura Nº 3.41 Especímenes con camping de yeso.



Figura Nº 3.42 Especímenes en máquina de ensayos, antes de aplicar la fuerza.

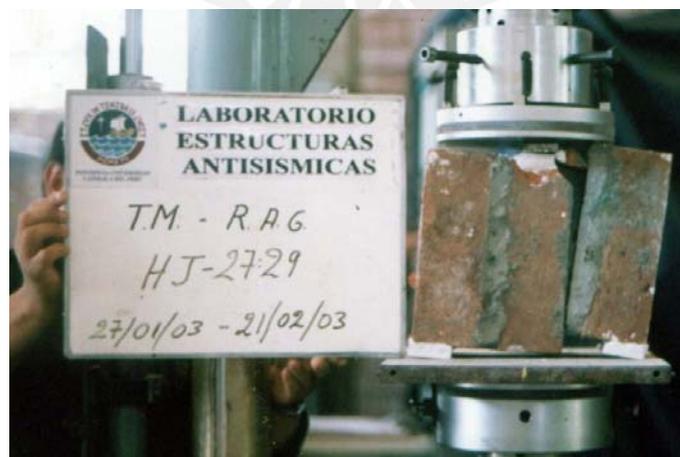
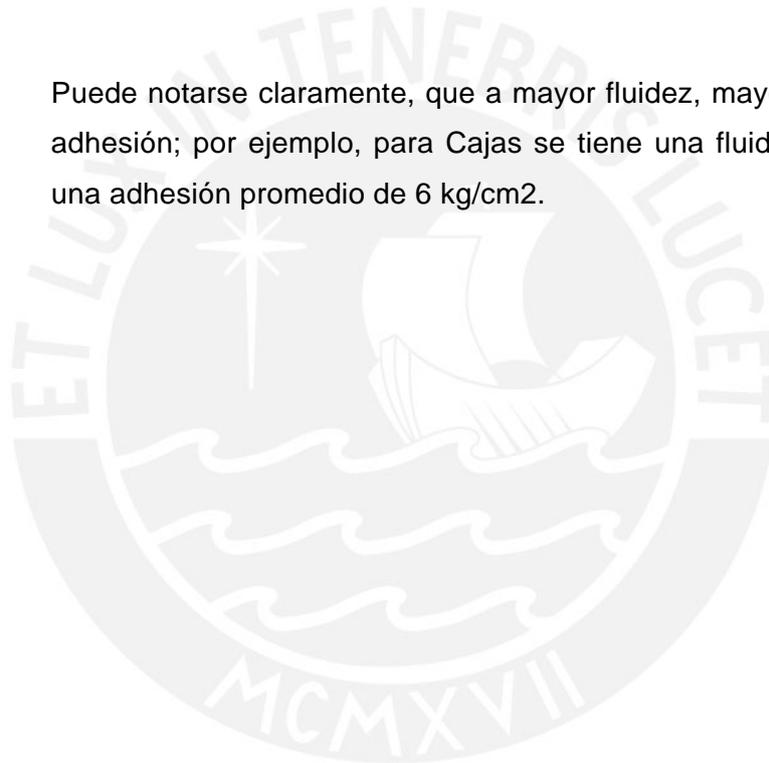


Figura Nº 3.43 Especímenes en máquina de ensayos, después de aplicar la fuerza.

**Tabla N° 3.69** Resultados de los esfuerzos de adhesión

Especimen	largo	Ancho	espesor	Lo	Carga	Adhesión
N°	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kN)	(kg/cm <sup>2</sup> )
HP-11-18	27.40	12.50	23.50	18.00	18.90	7.54
HP-15-13	27.05	12.60	24.00	18.00	17.64	6.69
HJ-27-29	27.50	12.50	23.45	18.00	15.64	6.26
HJ-28-23	27.25	12.40	23.45	18.00	21.75	8.78
HS-21-23	26.75	11.75	23.00	18.00	13.48	5.97
HS-15-16	27.10	12.00	22.55	18.00	19.14	8.64
HC-25-28	27.00	12.50	24.00	18.00	19.64	7.51
HC-11-13	27.40	12.50	23.50	18.00	11.23	4.48
					Promedio	6.98
					$\sigma=$	1.44
					prom- $\sigma$	5.55

Puede notarse claramente, que a mayor fluidez, mayor esfuerzo de adhesión; por ejemplo, para Cajas se tiene una fluidez de 160% y una adhesión promedio de 6 kg/cm<sup>2</sup>.



## CAPÍTULO IV

### *EVALUACIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN EN LA REGIÓN*

#### *CENTRAL-JUNIN*

Primero se describe la historia y los diferentes tipos de albañilería, dando mas énfasis a la albañilería confinada que es la empleada en la región central Junín. Se dan las cifras estadísticas de la tipología de estas construcciones y luego se hace la evaluación estructural de algunos modelos representativos.

#### **4.1. Consideraciones Generales**

##### **4.1.1. Historia de Albañilería en el Perú y el mundo**

Existen vestigios de poblados prehistóricos contruidos con piedras asentadas con barro, desde las Islas Aran, en Irlanda, hasta Catal Hüyük, en Anatolia. También, en otro lugar distante y en otro momento, unos 10,000 años después, el mismo sistema constructivo fue empleado por los Incas en Ollantaytambo, en el valle de Urubamba, cerca del Cusco, donde quedan construcciones importantes, con muros de piedra natural asentada con mortero de barro y techos de rollizos de madera cubiertos con una gruesa capa de paja, muchas de las cuales son habitadas hasta hoy (Gallegos, 1989).

El invento de la unidad de albañilería formada de una masa de barro y secada al sol, para sustituir a la piedra natural, debió ocurrir en lugares donde ésta última no podía encontrarse. El vestigio más antiguo conocido de una unidad

de albañilería se encontró realizando excavaciones arqueológicas en el Medio Oriente, en el nivel correspondiente al neolítico temprano. La unidad es una pieza de barro de la forma de un gran pan, formada a mano y secada al sol; su peso es de unos quince kilogramos, y en ella aún se notan las huellas de los dedos del hombre neolítico que la elaboró. Las unidades de barro formadas a mano, se han encontrado en formas diversas y no siempre muy lógicas. La forma cónica se repite y está presente en lugares distantes sin conexión directa y en momentos de desarrollo semejantes; las unidades cónicas se encuentran en muros construidos, por ejemplo: en Mesopotamia (Figura N° 4.1), con una antigüedad de 7,000 años y en la costa Norte del Perú, en Huaca Prieta, en el valle del río Chicama, con una antigüedad de 5,000 años (Gallegos, 1989).

Las primeras unidades de albañilería de barro formadas a mano y secadas al sol, y asentadas con mortero de barro, comenzaron a fabricarse cuatro milenios antes de Cristo, por los Sumerios, los que se desarrollaron entre los cauces principales de los ríos Tigris y Eufrates, fue la cuna de la civilización y la ingeniería; inventaron la ciudad, la irrigación, la escritura, los números, la rueda y el molde. Con este molde, se formaron los primeros adobes (Gallegos, 1989).



**Figura N° 4.1** Ciudad de Mesopotamia, actualmente en Irak.

## EN EGIPTO

Por la misma época, se optó para las grandes obras (por ejemplo las pirámides de Egipto – Figura N° 4.2), la roca de las montañas a lo largo del Nilo; calizas, areniscas, granitos, basaltos y alabastros fueron explotados en las canteras estatales; allí los bloques eran desprendidos perforando agujeros

en los que luego introducían cuñas metálicas. Una vez separados, estos bloques eran desvastados con ayuda de bolas y martillos de diorita.

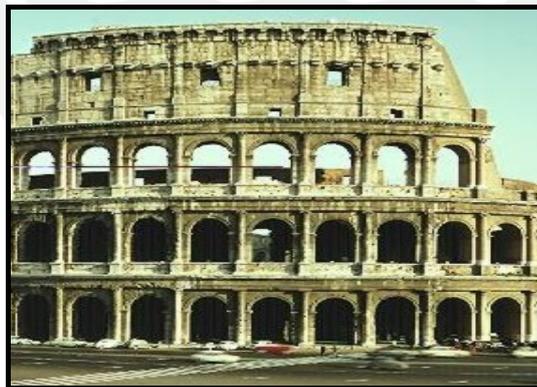


**Figura N° 4.2** Las pirámides de Egipto (2500 Ab.)

## ROMA

En algunas obras los romanos utilizaron piedra importada de las mejores canteras egipcias y mármol griego; sin embargo, en la mayoría de los casos emplearon la piedra de sus depósitos de caliza, travertino y tufa volcánica (abundante, por ejemplo, en las colinas de Roma) y la tecnología sumeria de la albañilería de ladrillos de arcilla.

A esta tecnología los romanos aportaron una nueva lógica constructiva con la invención del mortero de cemento y de concreto (Figura N° 4.3).



**Figura N° 4.3** Coliseo romano: piedra y mortero de cemento.

## PERÚ

En el Perú muchas de las culturas Pre-Incas utilizaron diversas formas de albañilería. El adobe, la piedra, fueron utilizados como unidades de construcción y el barro se usó como mortero. Entre estas culturas tenemos:

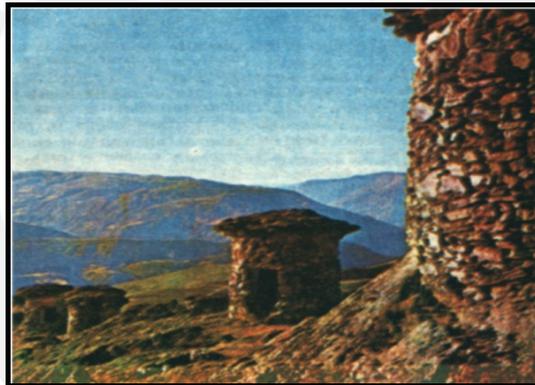
Chavín, tuvo su máxima expresión en la construcción de templos adoratorios, en la costa usaron adobe y barro; en la sierra piedra y barro. Entre sus construcciones destaca el templo llamado El Castillo.

Mochica, también usaron el adobe, sus construcciones eran de carácter religioso, entre sus expresiones más destacadas se tiene la Huaca del Sol con 18m. de altura y la Huaca de la Luna con menores dimensiones; ambas ubicadas en el Valle Moche cerca a Trujillo.

Chimú, destaca en construcciones de adobe, entre ellas figura la Fortaleza de Chan Chan.

Tiahuanaco, entre las principales expresiones que aún quedan en pie se tiene: Fortaleza Calasasaya, Acapana, de 15 m. de altura y el conjunto Pamukunko (Figura N° 4.4).

Huari, empleó tanto la piedra como el adobe y la más grande expresión arquitectónica es la ciudad de Pachacamac (Figura N° 4.5).



**Figura N° 4.4** Tiahuanaco: Chulpas, construcción de barro y piedra.



**Figura N° 4.5** La Mamacona o Templo de Pachacamac

#### 4.1.2. Tipos de Albañilería y especificaciones Reglamentarias

La albañilería se clasifica de dos maneras: por la función estructural (o Solicitaciones Actuantes) y por la distribución del refuerzo

##### 4.1.2.1. Clasificación por la función estructural

Los Muros se Clasifican en: portantes y no portantes

###### a. Muros no portantes

Son los que no reciben carga vertical, como por ejemplo: los cercos, los parapetos y los tabiques. Estos muros deben diseñarse básicamente ante cargas perpendiculares a su plano, originadas por el viento, sismo u otras cargas de empuje.

Por lo general, en estos elementos se emplea mortero de baja calidad y ladrillos tubulares (perforaciones paralelas a la cara de asentado) denominados "pandereta", cuya finalidad es aligerar el peso del edificio, con el consiguiente decrecimiento de las fuerzas sísmicas.

###### b. Muros portantes

Son los que se emplean como elementos estructurales de un edificio. Estos muros están sujetos a todo tipo de sollicitación, contenida en su plano como perpendicular a su plano, vertical como lateral y permanente como eventual.

##### 4.1.2.2. Clasificación por la distribución del refuerzo

De acuerdo a la distribución del refuerzo, clasifican en:

###### Muros No Reforzados o de Albañilería Simple

###### Muros Reforzados (Armados, Laminados y Confinados)

###### a. Muros no reforzados o de albañilería simple.

Son aquellos muros que carecen de refuerzo; o que teniéndolo, no cumplen con las especificaciones mínimas reglamentarias que debe tener todo muro reforzado.

De acuerdo a la Norma E-070, la aplicación de este material esta limitado a construcciones de un piso.

En realidad la resistencia al corte y la rigidez en el plano de los muros no reforzados son comparables con las correspondientes a los muros reforzados; pero debido al carácter de falla frágil que tienen los muros no reforzados, como se demuestra en la Figura N° 4.6 (por no existir refuerzo que controle el tamaño de las grietas), la Norma adopta factores de seguridad para los muros no reforzados iguales al doble de los correspondientes a los reforzados.

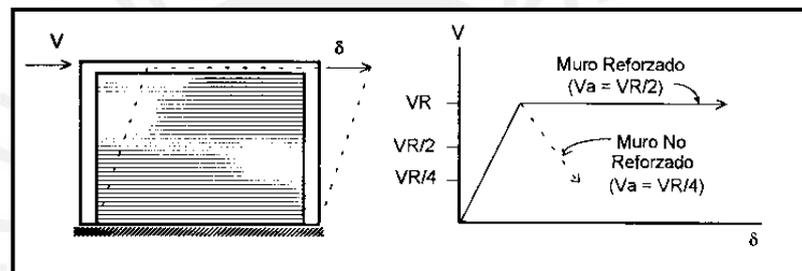


Figura N° 4.6 Diagrama de fuerza-deformación de muro reforzado y sin refuerzo.

#### b. Muros reforzados

De acuerdo con la disposición del refuerzo, se clasifican en:

- **Muros Armados**
- **Muros Laminares ("Sándwich")**
- **Muros Confinados**

Según la Norma E-070, en todo muro reforzado puede emplearse un espesor efectivo igual a:  $t = h/26$  (para una altura libre  $h = 2.4$  m, se obtendría  $t = 9$  cm.); sin embargo, se recomienda la adopción de un espesor efectivo mínimo igual a:  $h/20$ , a fin de evitar problemas de excentricidad accidentales por la falta de verticalidad del muro y para facilitar la colocación del refuerzo vertical y horizontal.

En la región estudiada es común que la altura de entresijos sea de  $h = 2.40$  a  $2.60\text{m}$ , generalmente no se emplea mayores alturas por razón de tener un clima frígido. En estas circunstancias el espesor  $t = h/20$  sería de  $0.12$  a  $0.13\text{m}$ , lo que permitiría usar amarres de soga. Sin embargo por desconocimiento es común que los muros portantes sea igual a  $0.23\text{m}$  es decir colocados de cabeza como se muestra en la Figura N° 4.7.

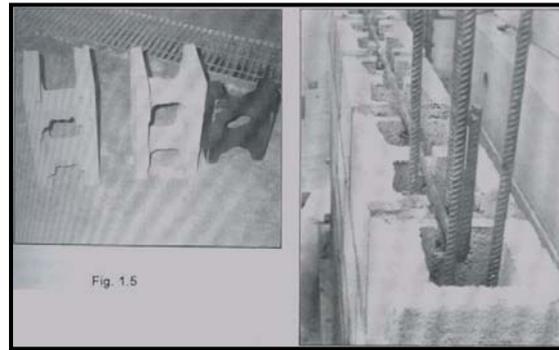


**Figura N° 4.7** Vivienda de dos niveles, con muros de cabeza en el primer nivel y soga en el segundo, altura promedio  $h = 2.40\text{m}$ .

### Muros Armados

Los Muros Armados se caracterizan por llevar el refuerzo en el interior de la albañilería. Este refuerzo está generalmente distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo horizontal) como de su longitud (refuerzo vertical).

Estos muros requieren de la fabricación de unidades especiales, con alvéolos donde se pueda colocar el refuerzo vertical; en tanto que dependiendo del diámetro del refuerzo horizontal, éste se coloca en los canales de la unidad, Figura N° 4.8 (cuando el diámetro es mayor de  $1/4''$ ), o en la junta horizontal (cuando el diámetro es menor o igual a  $1/4''$ ). El diámetro del refuerzo horizontal depende de la magnitud de la fuerza cortante que tiene que ser soportada íntegramente por el acero.



**Figura N° 4.8** Bloques de concreto vibrado y de arcilla para muros armados.  
A la derecha se aprecia la disposición del refuerzo en un muro armado

Por los materiales y mano de obra especializados requeridos para la construcción, en la región central Junín, no se emplea este tipo de albañilería armada.

Una variedad de los muros armados, son los muros de Junta Seca o Apilables, éstos son muros que no requieren el uso del mortero en las juntas verticales u horizontales. Estos tampoco se usan en la región central Junín.

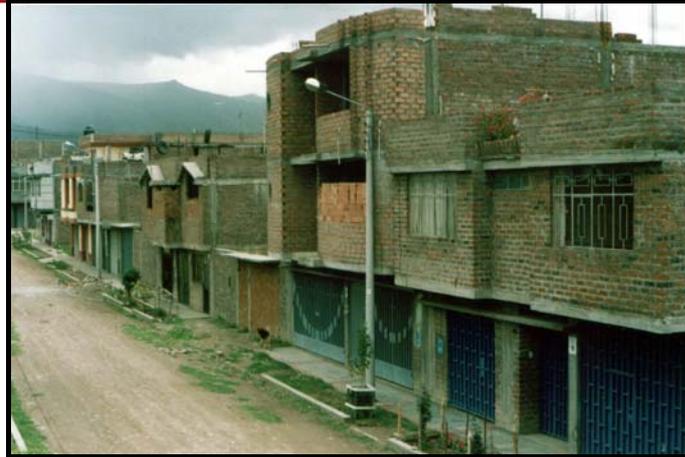
#### **Muro Laminar ("Sándwich")**

Este muro está constituido por una placa delgada de concreto (dependiendo del espesor, 1 a 4 pulgadas, se usa grout o concreto normal) reforzado con una malla de acero central, y por 2 muros de albañilería simple que sirven como encofrados de la placa.

Por las mismas razones expuestas, estas tampoco se construyen en esta parte del país.

#### **Muros Confinados**

Este es el sistema que tradicionalmente se emplea en casi toda Latinoamérica para la construcción de edificios de hasta 5 pisos. En la región central Junín este es el único tipo de albañilería reforzada que se emplea, como se puede mostrar en la Figura N° 4.9.



**Figura N° 4.9.** Vista de nuevas urbanizaciones en zona urbana de Huancayo, con construcciones de albañilería confinada.

La Albañilería Confinada se caracteriza por estar constituida por un muro de albañilería simple enmarcado por una cadena de concreto armado, vaciada con posterioridad a la construcción del muro. Generalmente, se emplea una conexión dentada entre la albañilería y las columnas; esta conexión es mas bien una tradición Peruana, puesto que en Chile se utiliza una conexión prácticamente al ras.

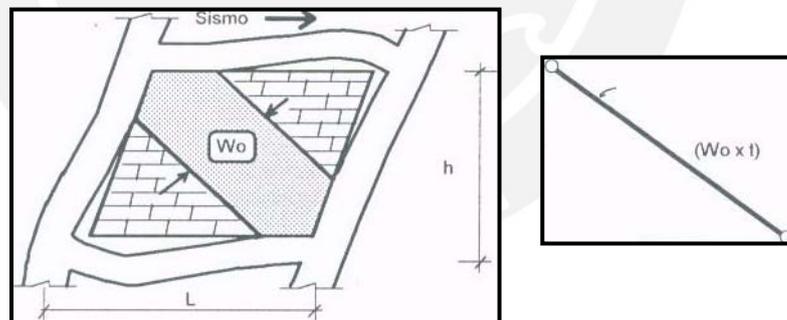
El pórtico de concreto armado, que rodea al muro, sirve principalmente para ductilizar al sistema; esto es, para otorgarle capacidad de deformación inelástica, incrementando muy levemente su resistencia, por el hecho de que la viga ("solera", "viga collar", "collarín" o "viga ciega") y las columnas son elementos de dimensiones pequeñas y con escaso refuerzo. Adicionalmente, el pórtico funciona como elemento de arriostre cuando la albañilería se ve sujeta a acciones perpendiculares a su plano.

Cabe señalar que el comportamiento sísmico de un tabique en el interior de un pórtico principal de concreto armado, es totalmente diferente al comportamiento de los muros confinados. La razón fundamental de esa diferencia se debe al procedimiento de construcción, al margen del tipo de unidad o mortero que se emplea en cada proceso.

Mientras que en el caso de los tabiques, primero se construye la estructura de concreto armado (incluyendo el techo que es sostenido por el pórtico) y finalmente se levanta el tabique; en materia de muros confinados el proceso constructivo es al revés; esto es, primero se construye la albañilería, posteriormente se procede con el vaciado de las columnas y luego se vacían las soleras en conjunto con la losa del techo. Con lo cual, el muro confinado es capaz de transportar y transmitir cargas verticales; lo que hacen los tabiques.

La técnica constructiva descrita hace que en los muros confinados se desarrolle una gran adherencia en las zonas de interfase columna-muro y solera-muro, integrándose todo el sistema; con lo cual estos elementos trabajan en conjunto, como si fuese una placa de concreto armado sub-reforzada (con refuerzo sólo en los extremos), evidentemente con otras características elásticas y resistentes.

En el caso de pórticos con tabiques, el comportamiento de la tabaquería es de un puntal en compresión, como se idealiza en la Figura N° 4.10.



**Figura N° 4.10** Modelado de tabiques de albañilería

Los requisitos mínimos que señala la Norma E-070, para que un muro se considere confinado son:

- *El muro debe estar enmarcado en sus 4 lados por elementos de concreto armado (o la cimentación) especialmente diseñados; esto se*

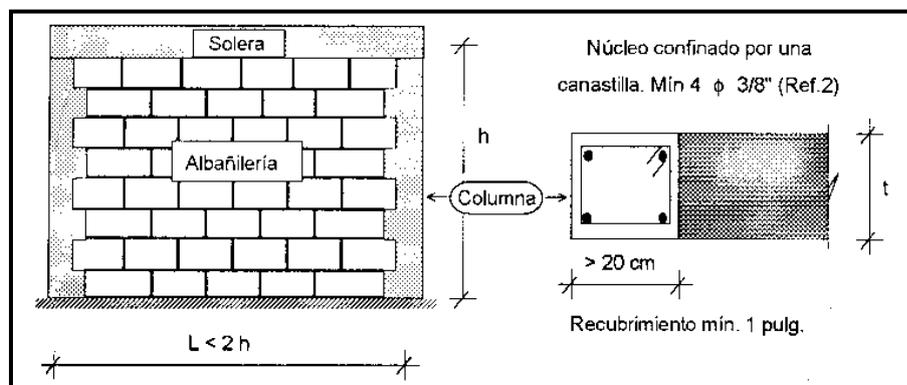
debe al carácter cíclico del efecto sísmico. Véase el comportamiento sísmico de un muro con una sola columna.

En las viviendas familiares como las multifamiliares y comerciales, esta especificación se cumple parcialmente, como se muestra en la Figura N°4.11



**Figura N° 4.11.** Muro confinado en sus cuatro bordes y muro confinado sólo en tres bordes.

- La distancia máxima entre los confinamientos verticales (columnas) debe ser 2 veces la distancia que existe entre los confinamientos horizontales (soleras), ver Figura N° 4.12; más allá, la acción de confinamiento se pierde, especialmente en la región central de la albañilería donde el tamaño de las grietas se vuelve incontrolable.



**Figura N° 4.12** Requisitos mínimos para que un muro se considere confinado.

En la mayoría de los casos observados esta especificación si se cumple, a excepción de algunas como las que se muestran en la Figura N° 4.13, que a pesar de tener 4 niveles se tiene un espaciamiento de  $L=6m$ , medido en la construcción.



**Figura N° 4.13** Espaciamiento de columnas mayores a 2 veces la altura.

- *El área mínima de las columnas de confinamiento debe ser:*  
 $A_c \text{ (mín.)} = 20 t \text{ (cm}^2\text{)}$ ; donde:  $t$  = espesor efectivo del muro (cm)

En algunas obras y en planos adjuntos en el anexo 3, se verificó que si se cumple con el área mínima de concreto en las columnas, resaltándose que incluso son mayores como se muestra en la Figura N° 4.14.



**Figura N° 4.14** Nótese el peralte de las columnas en el encofrado.

- Con respecto a la solera, ésta puede tener un peralte igual al espesor de la losa del techo, con un área suficiente para alojar al refuerzo respectivo; esto se debe a que la solera trabaja a tracción y más bien debe servir como un elemento transmisor de cargas verticales y horizontales hacia la albañilería. Cabe mencionar que estudios realizados mediante el método de Elementos Finitos, variando el peralte de la solera de 0.2 a 0.6 m, en muros confinados de forma cuadrada, demostraron que era innecesario incrementar dicho peralte, en vista de que los esfuerzos producidos por la carga vertical (en las columnas y en la albañilería) resultaron ser prácticamente independientes de esa variable.

En las edificaciones de esta región, se puede apreciar que la mayoría de los techos de los entrepisos, son de losa aligerada en un sentido. Dependiendo de la dirección de las viguetas la solera o viga puede ser peraltada o no, como se muestra en la Figura N° 4.15.



Figura N° 4.15 Losa aligerada en un sentido y solera de espesor igual a la losa.

- El área de acero mínimo del refuerzo a emplear en los elementos de confinamiento horizontales y verticales, debe ser:

$$A_s (\text{mín}) > 0.1 \text{ re } A_c / f_y$$

Esta expresión proviene de suponer que en caso de que el concreto se fisure por tracción, debe existir un refuerzo mínimo capaz de absorber esa tracción ( $T$ ); esto es:

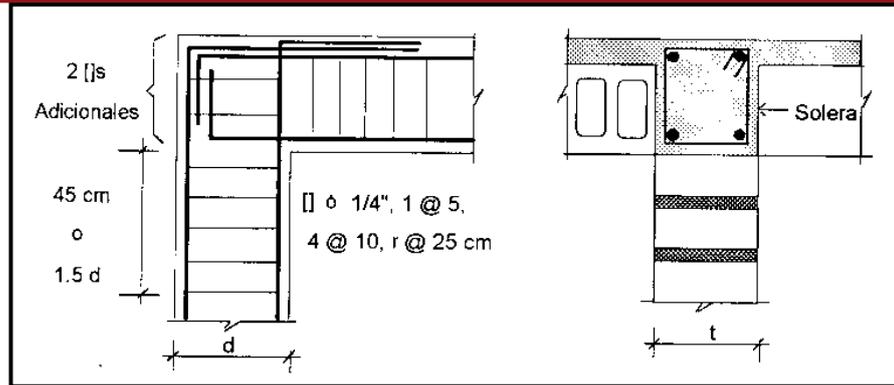
$$T = f_t A_c = (0.1 f_c) A_c < A_s f_y \rightarrow A_s (\text{mín}) > 0.1 f_c A_c / f_y$$

En la zona en estudio se puede ver el empleo de mayor cuantía que lo especificado en la norma, como se muestra en la Figura N° 4.16.



**Figura N° 4.16** Armadura en columnas (8 varillas de 5/8”).

- *El anclaje del refuerzo vertical y horizontal, así como los traslapes, deben ser diseñados a tracción. De esta manera, la longitud de traslaje de acuerdo a la Norma de Concreto E-060 es:  $LT$  (clase C) =  $1.7 (0.006 D f_y) = 45 D$ ; donde  $D$  = diámetro de la barra  $< 3/4"$ , y  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ; en tanto que la longitud de desarrollo de la parte recta de una barra que termina en gancho estándar es:  $L_{dg} = 318 D / \sqrt{f_c} > 8 D$  o  $15 \text{ cm}$ . Esto último conlleva a que las columnas deban tener un peralte adecuado (mínimo  $20 \text{ cm}$ .), de modo que permita anclar el refuerzo longitudinal empleado en las soleras.*
- *En previsión del corrimiento de la falla diagonal del muro sobre los elementos de confinamiento, debe existir concentración mínima de estribos en las esquinas del marco de confinamiento. Según la Norma E-070, la longitud a confinar es  $50 \text{ cm}$ . o  $2.5 d$  ( $d$  = peralte de la columna o solera). se aconseja utilizar como mínimo el siguiente espaciamiento entre estribos:  $[ ] > 1/4"$ ,  $1 @ 5$ ,  $4 @ 10 \text{ cm}$ ., resto @  $25 \text{ cm}$  (montaje), con una zona a confinar igual a  $45 \text{ cm}$ . o  $1.5 d$  (menor a la especificada en la Norma E-070), adicionando por lo menos 2 estribos en los nudos. Ver Figura N° 4.17.*



**Figura N° 4.17** Detalle del anclaje del refuerzo horizontal continuo en muro confinado

En esta zona estudiada, en la mayoría de los casos se confinan las columnas y vigas, como se muestra en la Figura N° 4.18.



**Figura N° 4.18** Armadura en vigas, nótese confinamiento  $L = 0.5m$ .

- Refuerzo horizontal mínimo en un muro con esfuerzo axial mayor a 0.05 f'm.

Según las entrevistas a constructores, Arquitectos e ingenieros no se emplea ningún tipo de refuerzo en los muros portantes ni tabiquería.

## 4.2 Tipología de la Construcción en el Perú

Según las estadísticas del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1993, se tiene que el 36% del total de las viviendas en nuestro país, son de albañilería y el 43% de adobe; estas últimas serán reemplazadas con el tiempo casi en su totalidad por la albañilería del tipo confinada.

En la Figura N° 4.19, se grafica el número de viviendas de los diversos tipo de material de construcción en cada departamento del Perú mas la provincia constitucional del Callao. En ésta se puede observar que el mayor porcentaje de construcciones por tipo de material predominante son de ladrillo y de adobe o tapia, a excepción de los departamentos ubicados en la selva, donde predomina las construcciones de madera.

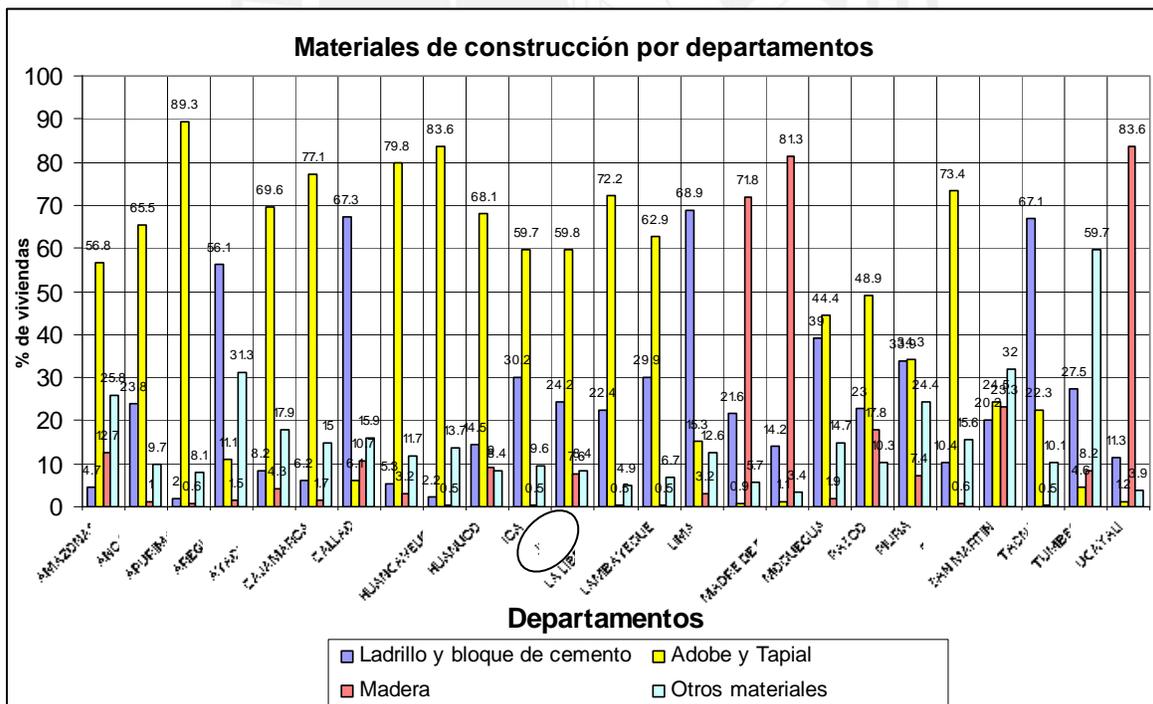


Figura N° 4.19. Número de viviendas en función del tipo de material en las paredes, Total Perú

De igual modo, en la Figura N° 4.20, según datos estadísticos de los cuatro últimos registros y por tipo de material, se tiene una curva ascendente del tipo de material en ladrillo, bloques y similares, mientras que el tipo de construcción de adobes se tiene una curva descendente.

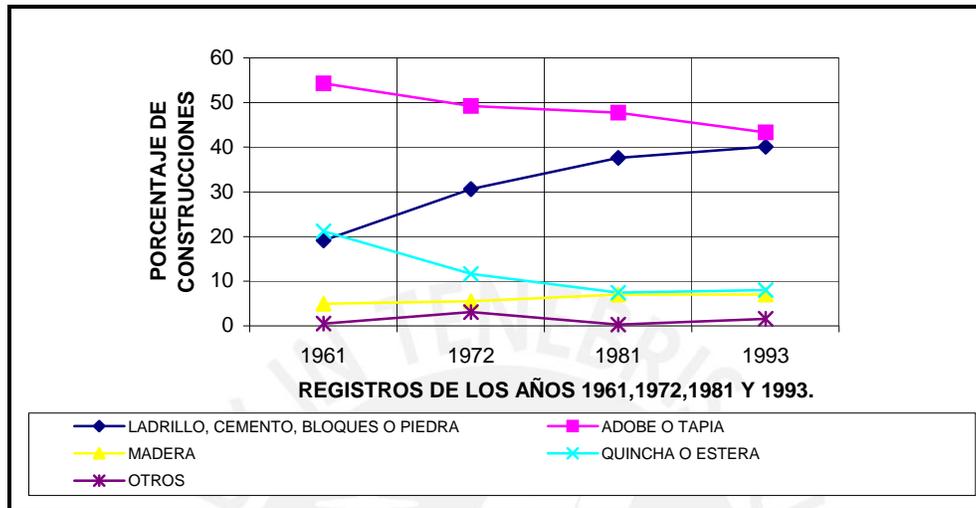


Figura N° 4.20 Viviendas según tipo de material en los cuatro últimos registros-Peru

En la Figura N° 4.21, se puede observar que la pendiente de estas dos curvas se acentúan e incluso se cruzan cuando se analiza sólo para el caso de viviendas ubicadas en zona urbana.

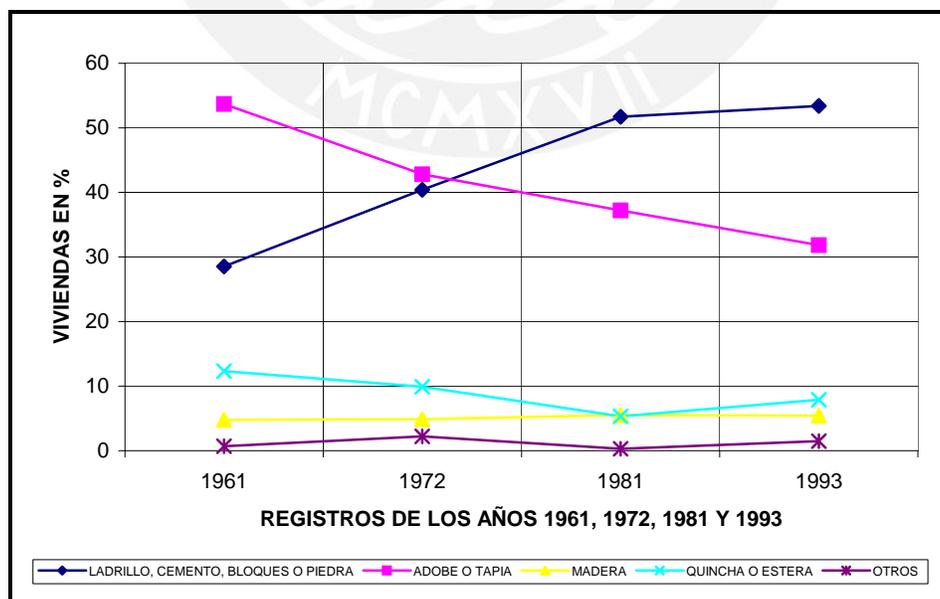


Figura N° 4.21 Viviendas según el tipo de material en los cuatro últimos registros-Zona Urbana.

### 4.3 Tipología de la construcción en la Región Central-Junín.

En el departamento de Junín, el tipo de material predominante en las construcciones es el adobe o tapia, seguido por el de ladrillo o bloque; pero para un mayor detalle, en la Figura N° 4.22, se grafica el porcentaje de viviendas por tipo de material predominante en las paredes en cada una de las ocho provincias del departamento de Junín.

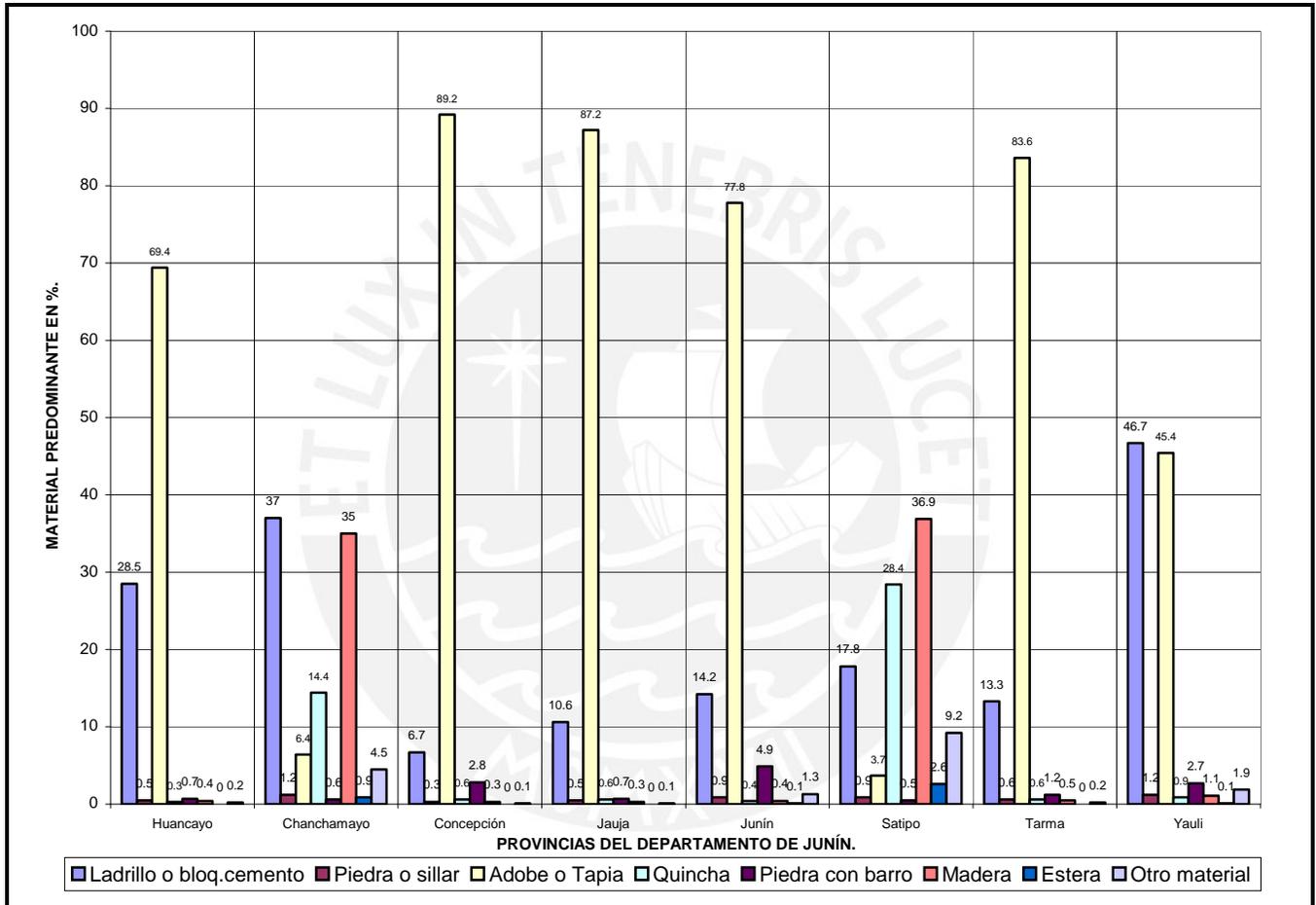


Figura N° 4.22 Número de viviendas en función del tipo de material en las paredes en cada provincia del departamento de Junín

La zona de estudio de la presente tesis, esta delimitada por cuatro provincias del departamento de Junín, por tanto en las Figuras N° 4.23 @ 4.26, se detallan en números de viviendas los tipos de materiales de las edificaciones en cada Distrito. En estas gráficas se aprecian que las construcciones de ladrillo o bloque son mayores en los Distritos capitales y metropolitanos.

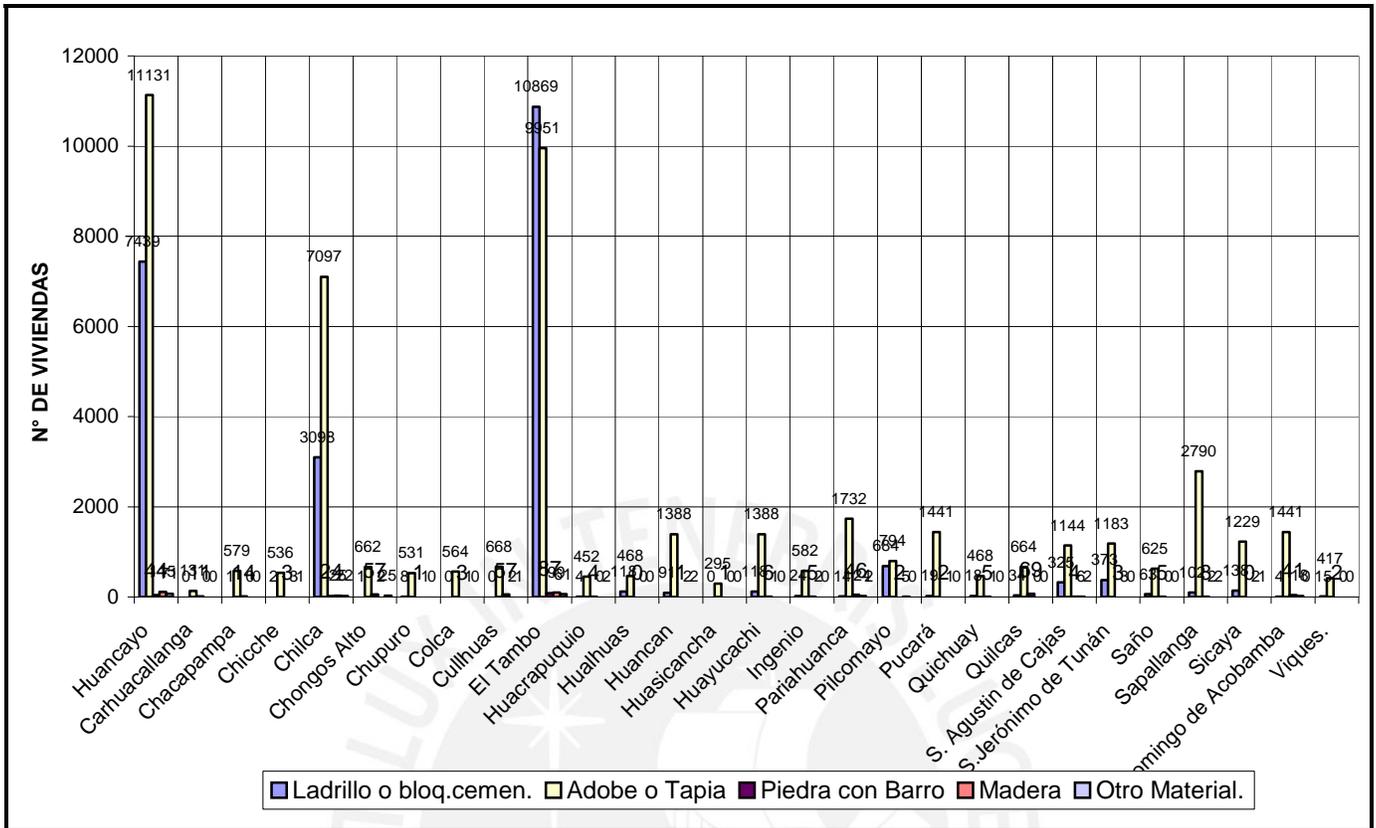


Figura N° 4.23 Número de viviendas en función del tipo de material en las paredes en cada Distrito de la Provincia de Huancayo

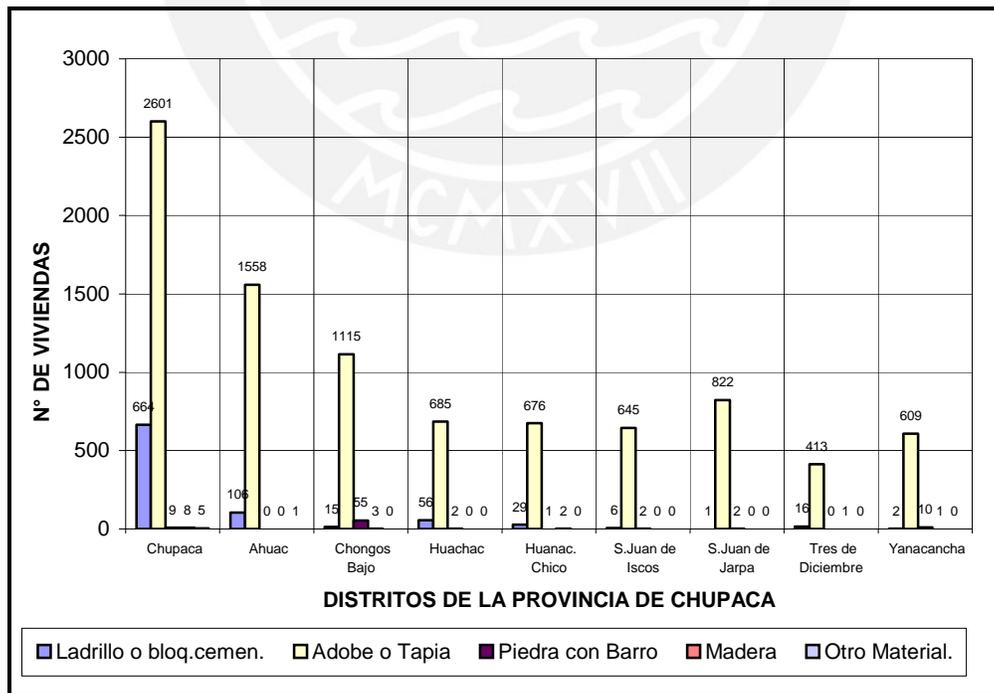


Figura N° 4.24 Número de viviendas en función del tipo de material en las paredes en cada Distrito de la Provincia de Chupaca

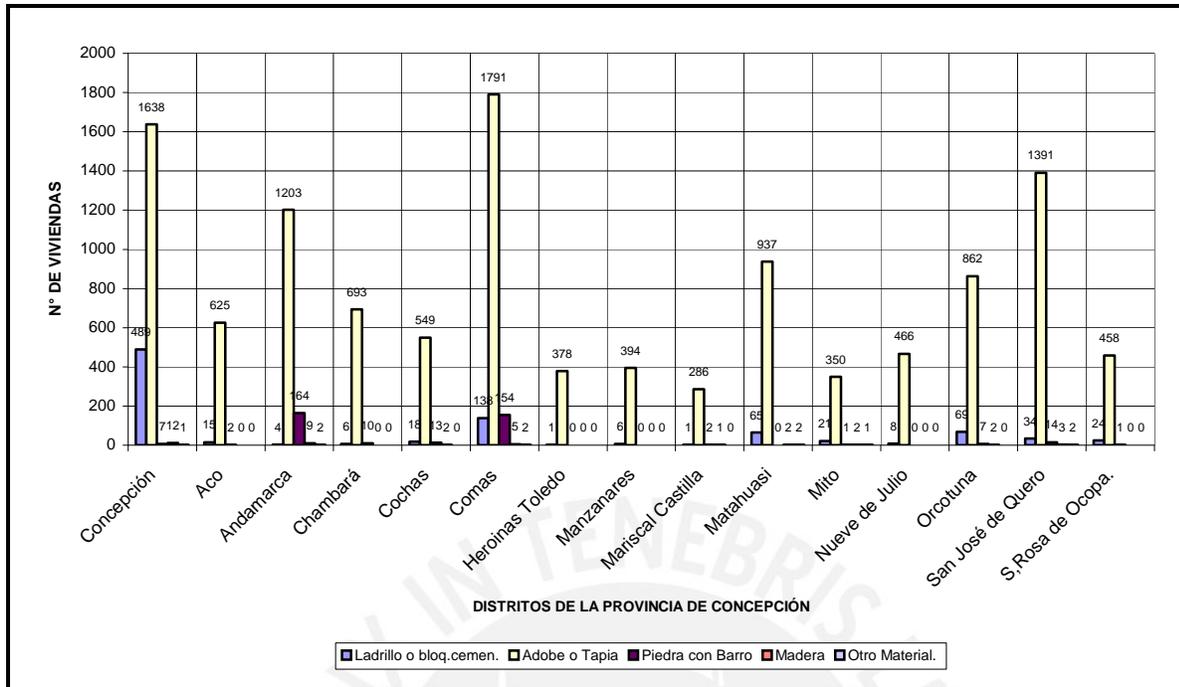


Figura N° 4.25 Número de viviendas en función del tipo de material en las paredes en cada Distrito de la Provincia de Concepción

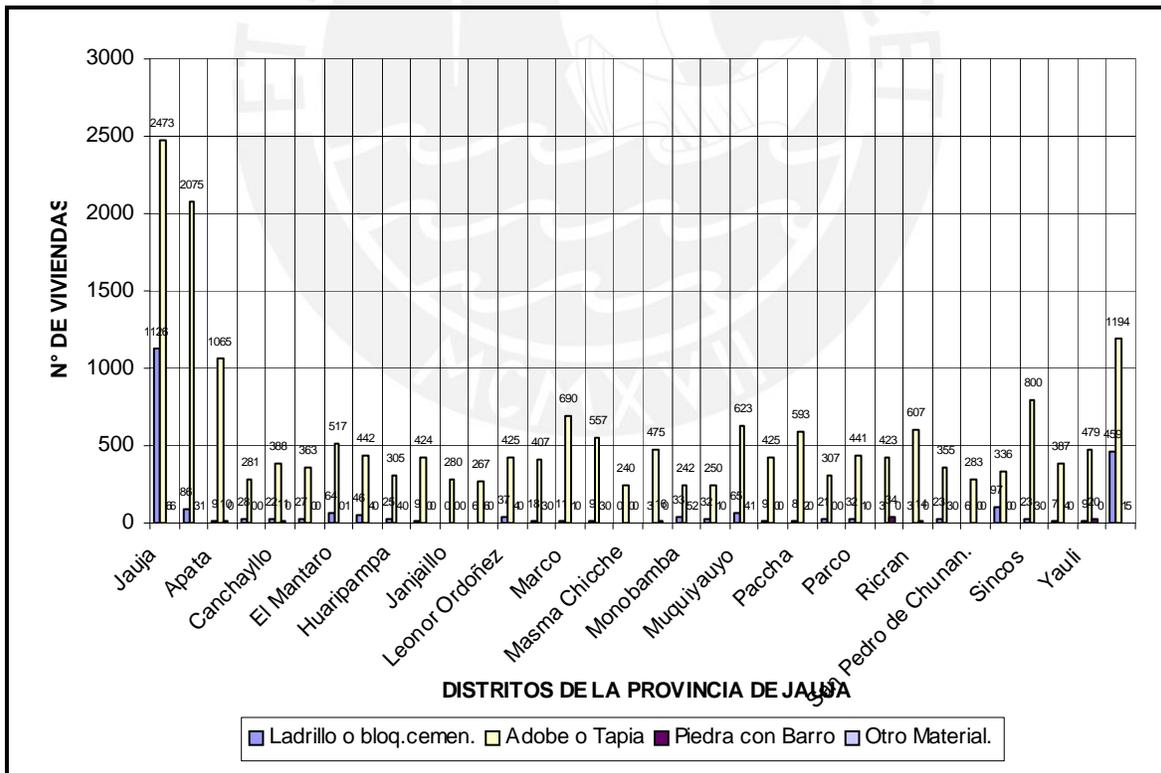


Figura N° 4.26 Número de viviendas en función del tipo de material en las paredes en cada Distrito de la Provincia de Jauja

#### 4.3.1 Construcciones Importantes en la Región Central-Junín.

En las Figuras N° 4.27 y 4.28, se muestra edificaciones de 5 y 6 niveles en la ciudad de Huancayo de albañilería confinada.



**Figura N° 4.27** Edificio de 5 niveles de albañilería confinada.



**Figura N° 4.28** Edificio de 6 niveles de albañilería confinada.

En Huancayo, también existen edificios de 4 a 6 pisos, con sistemas estructurales híbridos (Aporticados y albañilería confinada en muros perimetrales—Figura N° 4.29). El primero de estos sistemas es, eminentemente flexible, en la disposición de las áreas; está basado en la estructura de esqueleto (columnas y vigas). El segundo sistema es la estructura de muros portantes.



**Figura N° 4.29** Edificio en Huancayo con un sistema estructural híbrido.

En la Figura N° 4.30 se muestran edificios multifamiliares de albañilería confinada.



**Figura N° 4.30** Edificio Multifamiliar en Huancayo de albañilería confinada.

Las edificaciones de albañilería confinada, en esta parte del país, es el sistema estructural que en las últimas décadas esta presentando un mayor crecimiento como se muestra en la Figura N° 4.31), y es por ello necesario, conocer las propiedades de este material.



**Figura N° 4.31** Edificaciones recientes en el centro de Huancayo, de albañilería confinada.

En las Figuras N° 4.32 y 4.33, se muestra la práctica de este sistema estructural (albañilería confinada), donde se construye primero el muro de albañilería, para luego vaciar el concreto de los elementos verticales de confinamiento y, finalmente, construir el techo en conjunto con la viga solera. Esta secuencia constructiva genera un comportamiento integral de los materiales involucrados.



**Figura N° 4.32** Proceso constructivo de viviendas en Huancayo.



**Figura N° 4.33** Proceso constructivo de viviendas en Huancayo.

Otra característica resalantes, es el uso de ladrillos del tipo pastelero (ladrillos con huecos paralelos a la cara del asiento), en la mayoría de las construcciones importantes y en los muros de volado a fin de aligerar el peso, como se muestra en la Figura N° 4.44.



**Figura N° 4.44** Edificio con ladrillo pastelero en muros en voladizo.

Casi en la totalidad de las construcciones, a pesar de construir bajo el sistema de albañilería confinada, cuya recomendación fundamental es distribuir esfuerzos por igual a ambas direcciones, éstos techos son aligerados en un solo sentido, como se muestra en la Figura N° 4.44.

#### 4.3.2. Características Importantes de las Construcciones

##### 4.3.2.1. Unidad de Albañilería

La gran mayoría de las unidades empleadas en las edificaciones de albañilería, son construidas con unidades sólidas fabricadas artesanalmente, estudiadas en esta tesis. Ver Figura N° 4.45.



**Figura N° 4.45** Unidades de ladrillo de la región central Junin

#### 4.3.2.2. Mortero

El mortero empleado es de “uno por tres”, significa 1 bolsa de cemento por tres carretillas buguies, lo que indicaría una proporción de 1:6. En muros portantes la Norma recomienda usar 1:3 y en muros no portantes 1:6. El agregado en general es del río Mantaro, el cual se zarandea para conseguir las diferentes granulometrías. El cemento utilizado es Tipo IP (Cemento “Andino”). El agua utilizada es agua potable. El mortero en su mayoría es mezclado manualmente.

#### 4.3.2.3. Mano de Obra

La mano de obra empleada en este tipo de construcciones, en su gran mayoría es carente de capacitación, por lo que generalmente puede notarse diversas deficiencias en el proceso constructivo, disminuyendo la calidad estructural de las edificaciones, entre las más resaltantes, podemos anotar las siguientes:

- Las juntas no cumplen con el espesor recomendado de 1 a 1.5 cm, como máximo (Figura N° 4.29), que tiene, de 2 a 3.5 cm de espesor.

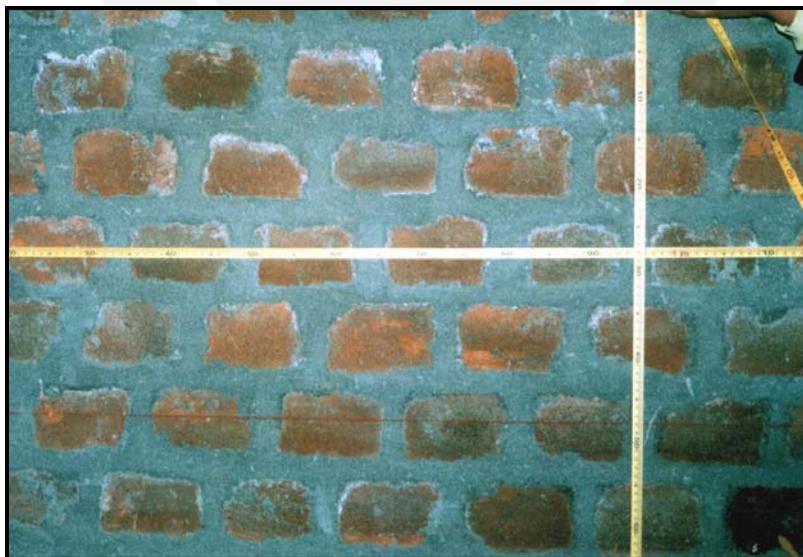


Figura N° 4.46 Obsérvese la junta horizontal y vertical de considerable espesor

- Incumplimiento en la altura de asentado en una jornada de trabajo,.
- La unidades de albañilería no son humedecidas antes de su uso, esta actividad se realiza minutos antes de su asentado.
- Mal relleno de las juntas verticales y horizontales.
- En los elementos de confinamiento vertical (columnas), sobre todo en la base presentan cangrejas.

#### 4.4. Evaluación de algunas edificaciones de la Región Central-Junín

Para hacer una evaluación se ha tomado como modelos cuatro viviendas, a las cuales se calculó las densidades de muros en sus respectivos niveles y en ambos ejes (ver Tablas 4.1 @ 4.4). Los planos se encuentran en el anexo 3 al final de la tesis.

La vivienda 1, terminada a la fecha de Junio del 2003, se muestra en la Figura N° 4.47.



Figura N° 4.47 Vivienda familiar de tres niveles, modelo 1.

**Tabla 4.1** Áreas de corte en ambas direcciones (Vivienda 1)

Muro	X m2	Muro	Y m2
<b>PISO 1</b>			
1,A-C	1.7875	A, 1-3	2
2,A-B	0.2175	A-B,1-3	1.0125
		B,1-3	1.375
	0	C,1-3	2
	<b>2.005</b>		<b>6.3875</b>
<b>PISO 2</b>			
1,A-C	1.7875	A, 1-3	2
2,A-B	0.5475	A-B,1-2	
		B,1-3	
	0	C,1-3	2
	<b>2.335</b>		<b>4</b>
<b>PISO 3</b>			
1,A-C	1.7875	A, 1-3	2
2,B-C	0.525	B,2-3	0.465
2-3,-C	0.8025	B,1-3	
	0	C,1-3	2
	<b>3.115</b>		<b>4.465</b>

En esta edificación se observa (Tabla 4.1) que el área de los muros en la dirección x (paralela a la fachada), aumenta en los pisos superiores con respecto al primer nivel, dando evidencia que existen muros que nacen de estos niveles y que no son continuos con respecto a los que están en el primer nivel. Así mismo, el área de muros en la dirección perpendicular a la fachada es mayor con respecto a la otra.



**Figura N° 4.48** Vivienda familiar dos niveles – Modelo 2.

**Tabla 4.2** Áreas de corte en ambas direcciones (Vivienda 2)

Muro	X m2	Muro	Y m2
<b>PISO 1</b>			
2,A-B	0.325	A,2-4	1.8875
3-4,B-C	0.25	B,2-4	0.8625
		B-C,2-4	0.54
	0	C,2-4	0.9
	<b>0.575</b>		<b>4.19</b>
<b>PISO 2</b>			
2,A-C	0.675	A,2-4	1.8875
2-3,A-C	0.78	B,2-4	1.11
4,A-C	0.48	B-C,3-4	0.675
	0		
	<b>1.935</b>		<b>3.6725</b>

En la vivienda tipo 2 (Tabla 4.2), se muestra el mismo problema, pero en mayor proporción, aproximadamente el segundo nivel tiene el 300% del área de corte del primer nivel, esto indicaría que existen una gran cantidad de muros que no tienen continuidad.



**Figura N° 4.49** Edificio multifamiliar de 4 niveles – modelo 3.

**Tabla 4.3** Áreas de corte en ambas direcciones (Vivienda 3)

Muro	X m <sup>2</sup>	Muro	Y m <sup>2</sup>
<b>PISO 1</b>			
1,A-C	0.6825	A,2-8	4.5625
2,A-C	0.48	B,1-8	2
3-4,A-B	0.495	B-C, 2-5	0.945
4,A-C	0.3	C,1-8	4.575
5,A-C	0.315		
6,A-C	0.33		
8,A-C	0.2325		
	<b>1.9575</b>		<b>12.0825</b>
<b>PISO 2</b>			
1,A-C	1.0425	A,2-8	4.525
2,A-C	0.48	B,1-8	1.675
3-4,A-B	0.495	B-C, 2-5	
4,A-C	0.3	C,1-8	4.125
5,A-C	0.45		
6,A-C	0.33		
8,A-C	0.2325		
	<b>2.3175</b>		<b>10.325</b>
<b>PISO 3 Y 4</b>			
1,A-C	0.8925	A,2-8	3.825
2,A-C	0.48	B,1-8	1.97
3,A-B	0.615	B-C, 2-5	1.2
4,A-C	0.33	C,1-8	4.1675
5,A-C	0.45		
6,A-C	0.8175		
7,A-C	1.02		
8,A-C	0.2025		
	<b>2.3175</b>		<b>11.1625</b>
<b>AZOTEA</b>			
1,A-C	1.0425	A,2-5	1.5625
2,A-C		B-C,1-5	0.945
3,A-B		B-C, 2-5	
4,A-C	0.4725	C,1-6	3.5175
5,A-C			
6,A-C			
7,A-C			
8,A-C			
	<b>1.515</b>		<b>6.025</b>

La tercera vivienda (Tabla 4.3), muestra que es algo uniforme el área de corte de los muros de todos los niveles. Así mismo, se tiene que esta edificación tiene mayor área de corte en la dirección y (perpendicular a la fachada).

**Tabla 4.4** Áreas de corte en ambas direcciones (Vivienda 4)

Muro	X m2	Muro	Y m2
<b>PISO 1</b>			
C,1-2	0.55	1,A-E	4.06
D,1-2	0.55	1-2,A-E	2.375
E,1-2	0.5	2,A-E	4.06
	<b>1.6</b>		<b>10.495</b>
<b>PISO 2</b>			
C,1-2	0.5	1,A-E	4.06
D,1-2	0.4625	1-2,A-E	1.375
E,1-2	0.5	2,A-E	3.4025
	<b>1.4625</b>		<b>8.8375</b>
<b>AZOTEA</b>			
C,1-2	1	1,A-D	2.0625
D,1-2	0.3125	1-2,A-C	1.375
E,1-2		2,A-E	2.0625
	<b>1.3125</b>		<b>5.5</b>

En la vivienda 4 (Tabla 4.4), la densidad de muros en la dirección X es muy similar en todos los niveles.

Una de las premisas importantes para el análisis de la vivienda está centrada en la densidad de muros que tiene la vivienda en ambas direcciones, es decir, que se analiza la cantidad de muros confinados existentes resistentes a sismo y se verifica si es que estos son capaces de resistir la fuerza cortante que se produce durante un evento sísmico.

Por lo tanto se establece:

$$VE \leq \sum VR \quad (4.1)$$

Donde:

$VE$  : Fuerza cortante calculado del análisis elástico

$VR$  : Resistencia al corte de los muros en un nivel

Además cada uno de estos valores está dado por:

$$VE = \frac{ZUSC}{R} P \quad (4.2)$$

Donde:

Z= Factor de zona = 0.3 (Huancayo)

U= Factor de uso (Viviendas = 1)

S= Factor de suelo.

Suelo rígido = 1

Suelo intermedio = 1.2

Suelo flexible = 1.4

C= Factor de amplificación sísmica = 2.5 (Edificaciones de baja altura)

R= Factor de reducción = 3

P= Peso de la estructura

$$VR = 0,5.v'm.\alpha.t.l + 0,23.Pg \quad (4.3)$$

$v'm$  = Resistencia a compresión diagonal de los muretes de albañilería.  
Para ladrillo de fabricación artesanal  $v'm = 5.69 \text{ kg/cm}^2 = 558 \text{ kPa}$  (valor promedio)

$\alpha$  = Factor de reducción por esbeltez

$t$  = Espesor del muro en análisis

$l$  = Longitud del muro en análisis

$Pg$  = Carga gravitacional de servicio con sobrecarga reducida

Dividimos la ecuación (4.1) entre las áreas respectivas, por lo tanto tenemos:

$$\frac{VE}{Ar} \leq \frac{VR}{Ae} \quad (4.4)$$

$Ar$  = Área requerida de muros

$Ae$  = Área existente

La condición más desfavorable para la ecuación (4.4) es que ambos miembros sean iguales, por lo tanto:

$$\frac{VE}{Ar} \approx \frac{VR}{Ae} \tag{4.5}$$

Debido a la variabilidad de valores que se podría tener para la ecuación (4.3), se ha considerado despreciar el valor (0,23Pg), así como también plantear un valor conservador para el factor de reducción por esbeltez ( $\alpha=1$ ). Esta condición se ha establecido conociendo que la resistencia admisible al corte es la mitad de la resistencia a la rotura, por lo tanto el valor obtenido en la relación  $VR/Ae$  no debe superar el doble del esfuerzo cortante promedio de 180 kPa (0.18 kg/cm<sup>2</sup>).

Luego, rescribiendo la ecuación (4.5), tenemos:

$$\frac{ZUSC}{R \cdot Ar} P \approx \frac{0,5 \cdot v' \cdot m \cdot l}{Ae} \tag{4.6}$$

Donde:

$$P = Ap \times \gamma \tag{4.7}$$

$Ap$  = Área en planta

$\gamma$  = # de pisos \* Pp

Pp= 80kN/m<sup>2</sup> (800 kg/m<sup>2</sup>) para losa rígida

Reemplazando la ecuación (4.7) en la ecuación (4.6) y simplificando llegamos a la siguiente expresión:

$$Ar \approx \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S \cdot Ap \cdot \gamma}{0.5 \cdot R \cdot v' \cdot m} \tag{4.8}$$

Con la ecuación (4.8), podemos determinar, relacionándola con el área existente, la densidad de muros. Hay que recalcar que el valor de  $v'm$  es de 558 kPa (valor promedio), este valor es un tanto mayor que el recomendado por la propuesta de norma para ladrillos artesanales que es de 510kPa. En la Tabla 4.5, se muestra la relación entre el área existente ( $Ae$ ) y el área requerida ( $Ar$ ), si ésta relación tiene valores mayores a 1, entonces la edificación es “adecuada” en cuanto a la cantidad de área de corte que

requiere la vivienda; si la relación  $A_e/A_r$  está entre 0.8 y 1, la edificación en cuanto a cantidad de área de corte está en “observación”, por tanto se calculará la rigidez de los muros en voladizo (considerando deformaciones por flexión y por corte), posteriormente su cortante actuante, luego su cortante resistente, considerando la esbeltez y finalmente, se verifica si tiene densidad adecuada o inadecuada (Tabla 4.6), si la relación  $A_e/A_r < 0.8$  la edificación es “inadecuada”.

**Tabla 4.5** Relación de área existente y área requerida

VERIFICACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS MUROS DEL PRIMER PISO ANTE LOS SISMOS RAROS								
Análisis por sismo (NTE E030: U=1 C=2,5 R=3)								
		Factor de zona=		0.3				
		Factor de suelo S=		1.2		Resistencia característica a corte de los ladrillos (kPa): v'm = 558		
Vivienda	Área total	Cortante basal		Área de muros		Ae/Ar	Densidad	Resultado
	techada	Peso total	V=ZUSCP/R	Existente Ae	Requerida Ar			
	m <sup>2</sup>	kN	kN	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Adimensional	%	
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")								
1	171.6	1372.8	412	2.05	1.5	1.39	1.19	Adecuada
2	150.4	1203.2	361	0.575	1.3	0.44	0.38	Inadecuada
3	795.4	6363.2	1909	1.9575	6.8	0.29	0.25	Inadecuada
4	207.6	1660.8	498	1.6	1.8	0.90	0.77	Observación
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")								
1	171.6	1372.8	412	6.5	1.5	4.40	3.79	Adecuada
2	150.4	1203.2	361	1.935	1.3	1.50	1.29	Adecuada
3	795.4	6363.2	1909	12.0825	6.8	1.77	1.52	Adecuada
4	207.6	1660.8	498	6.3875	1.8	3.58	3.08	Adecuada

En la Tabla 4.5, se muestra que de las 4 viviendas analizadas en la dirección paralela a la fachada (eje x) solamente una cumple con el requerimiento que la relación  $A_e/A_r > 1$ , y por tanto es adecuada, mientras tanto las viviendas 2 y 3 deberían tener mayor cantidad de área de muro en esa dirección, o colocar muros de corte de concreto para poder mejorar el comportamiento estructural. En cuanto a la vivienda 4 se hará una observación mostrada en la Tabla N 4.6.

**Tabla 4.6** Observación para la vivienda N° 4

Cálculo de la resistencia a corte VR de los muros				Ecuación de la resistencia al corte VR de los muros (kN) = $(0.5v'm^2t^1+0.23Pg)$								
Número de pisos=	3	Resistencia a compresión de los ladrillos f'm (kPa)=	2844	E ladrillo (kPa)=	1157000							
altura de entrepiso (m)=	2.5	Peso específico de los ladrillos (kN/m³)=	16	E concreto (kPa)=	19843135							
		f'c del concreto (kPa)=	17500									
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")												
Muro	Longitud	Espesor	Material	Área	Rigidez	V actuante	Peso propio	Peso adicio.	Esbeltez	VR	VR/Vact	
	m	m	L ó C	m²	kN/m	kN	kN/m	kN/m	Adimensional	kN	Adimensional	
M1	0.5	0.25	C	0.125	9655	79	45	0	0.33	74	0.94	
M2	2.2	0.15	L	0.33	18704	154	18	0	0.53	54	0.35	VR/V de todo el 1er piso
M3	2.2	0.15	L	0.33	18704	154	18	0	0.53	54	0.35	Adimensional
M4	1.5	0.15	L	0.225	7379	61	18	0	0.36	27	0.44	0.47
M5												Densidad
M6												Inadecuada
				Total	54442	448				208		

La Tabla 4.5, muestra que la vivienda 4, no es adecuada debido a la densidad de muro.



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

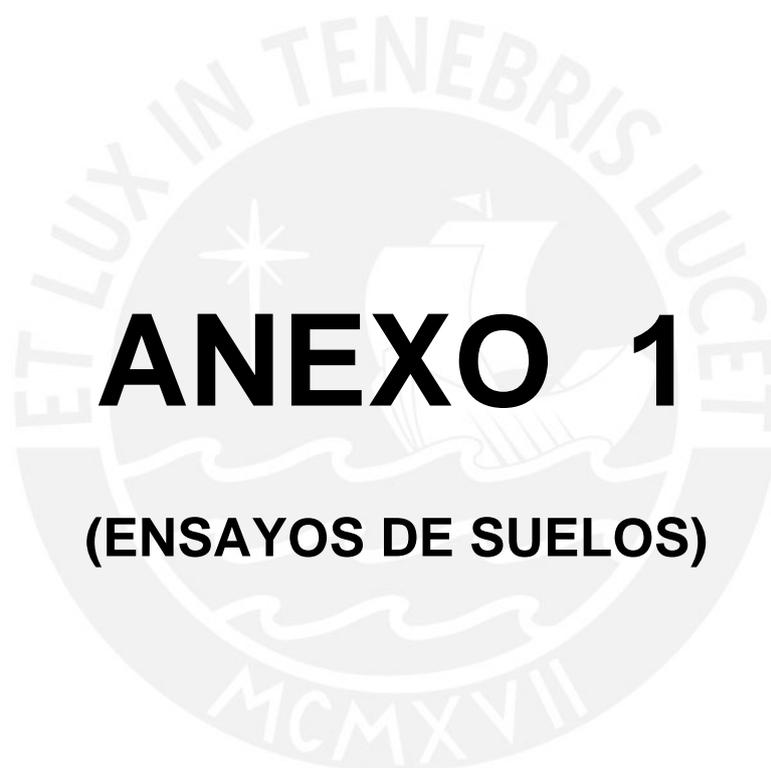
1. La materia prima es una arcilla sedimentaria bien consolidada, de tipo superficial, lo que permite su fácil explotación.
2. El proceso de elaboración de las unidades en la región Central Junín es totalmente artesanal.
3. La variabilidad dimensional, indica que las unidades tienen características muy aceptables, clasificando como tipo IV y V, como se muestra en la Tabla 3.13a.
4. En cuanto al alabeo, las unidades de la misma forma clasifican como unidades del tipo IV y V, por lo que se asume que las juntas serán las recomendadas (10 mm @ 15 mm); así mismo, se asume que con estas juntas la resistencia en compresión y corte podrían ser adecuadas.
5. Según los resultados de resistencia a compresión de las unidades f<sup>b</sup>, los valores de las 4 zonas dan un valor promedio de 39.41 kg/cm<sup>2</sup>; resultado que no se aproxima al mínimo de 50 kg/cm<sup>2</sup> recomendado en la propuesta de norma E.070.2004.
6. En cuanto a la resistencia por tracción, el módulo de ruptura toma valores altos, los cuales no pueden ser aceptados por que no cabe una correlación entre la resistencia en compresión baja con una resistencia en tracción alta.
7. El peso específico se encuentra dentro de un rango aceptable para este tipo de unidades; es decir entre 1.4 gr/cm<sup>3</sup> a 1.7 gr/cm<sup>3</sup>.
8. El contenido de humedad para las unidades de la zona de Palián es el más alto, correlacionándose con el valor de succión más bajo. De la misma forma, de la zona de Saño, tienen uno de los más bajos contenidos de humedad, correlacionándose con una succión muy elevada. Por lo tanto, se recomienda un control de succión en todas las unidades, mediante un humedecimiento de las éstas.

9. La absorción máxima, se encuentra por encima del máximo recomendado que es 22%, esto indicaría que las unidades contienen más humedad que la necesaria, pero se tiene coeficientes de saturación similares en las cuatro zonas.
10. La resistencia a la compresión en las pilas dan los siguientes resultados: la de Palián es la más baja ( $f'm = 16.74 \text{ kg/cm}^2$ ), en comparación con lo que considera la propuesta de norma ( $f'm = 35 \text{ kg/cm}^2$ ); Cajas y Saño tienen valores ligeramente inferiores a los de la norma; mientras que las unidades de Saño, alcanzan ( $f'm=35.56 \text{ kg/cm}^2$ ), quiere decir que las unidades de la región central Junín, presentan un mejor comportamiento como albañilería y no como unidad.
11. La resistencia a compresión diagonal en los muretes dan los siguientes resultados de resistencia al corte: la de Palián es la más baja ( $v'm = 3.71 \text{ kg/cm}^2$ ), en comparación con lo que considera la propuesta de norma ( $v'm = 5.1 \text{ kg/cm}^2$ ); mientras tanto los muretes de Cajas, Saño y Jauja superan este valor, porque alcanzan a  $v'm=6 \text{ kg/cm}^2$ , con los cuales según la propuesta de norma, clasificarían como unidades king kong artesanal.
12. En cuanto a la relación de la resistencia a la compresión de la albañilería  $f'm$  y el módulo de elasticidad  $E_m$ , la mayoría de los valores se encuentran dentro del rango especificado en la propuesta de norma; es decir  $E_m=500 \cdot f'm$ .
13. En cuanto a la relación del módulo de corte  $G_m$  en función del módulo de elasticidad  $E_m$ , las unidades de Palián, Cajas y Saño, se encuentran en el rango de  $G_m/E_m=0.4$  (valor aceptable por la norma). En el caso de Jauja la relación  $G_m/E_m$ , se encuentra en un valor de 0.5.
14. La fluidez del mortero toma un valor promedio de 185.81%, valor alto con respecto al recomendado de 120%.
15. La resistencia a compresión de los cubos del mortero tienen valores ( $R_c=86.1 \text{ kg/cm}^2$ ), mayores a la resistencia de la unidad de albañilería lo que permitiría un agrietamiento inicial en la unidad y posteriormente en el mortero.
16. La adhesión promedio calculada es  $7.24 \text{ kg/cm}^2$ , valor tomado como referencial, debido al tipo de ensayo no estandarizado. Una característica a resaltar es que a mayor fluidez habrá mayor adhesión del mortero con la unidad.
17. En cuanto a la tipología de las edificaciones, el sistema estructural con mayor porcentaje es de adobe, pero dentro de las construcciones recientes, ubicadas en zonas urbanas, en un 95% son de albañilería confinada.

18. Para las construcciones de albañilería confinada, también en un 95% aproximadamente se utiliza unidades sólidas artesanales, analizadas en esta tesis.
19. El mortero empleado en las construcciones de albañilería, tienen una proporción de 1:5 a 1:6 (1 de cemento y 6 de arena gruesa). La arena gruesa es de procedencia de las canteras del río Mantaro, la cual es preparada mediante zarandeo hasta conseguir la granulometría adecuada.
20. La gran mayoría de las edificaciones construidas para viviendas son del tipo auto construidas, carentes de dirección técnica, a diferencia de los edificios comerciales, que si tienen dirección técnica aunque con algunas limitaciones.
21. En estas edificaciones se puede observar que no se cumple con el espesor de la junta recomendado, porque la granulometría de la arena gruesa es mayor a 1.5cm. y porque se desconoce las desventajas de tener espesores de juntas mayores.
22. De las cuatro edificaciones analizadas, se verificó que el 75% de éstas tendrían probablemente una deficiencia de densidad de muros en la dirección paralela a su fachada. Mientras que para la dirección perpendicular, la densidad de muros es adecuada.
23. Otra de las observaciones preocupantes es que los muros no tienen continuidad vertical y la densidad de muros es mayor en el segundo nivel o pisos superiores frente a la baja densidad de muros del primer nivel.
24. Los resultados finales a ser considerados para el diseño de muros de albañilería son:
  - Resistencia a la compresión  $f'm=27.9 \text{ kg/cm}^2$  .
  - Módulo de elasticidad  $E_m = 11570 \text{ kg/cm}^2$  .
  - Resistencia al corte  $v'm = 5.7 \text{ kg/cm}^2$  .
  - Módulo de corte  $G_m = 6640 \text{ kg/cm}^2$ .
25. Se recomienda a las instituciones competentes, tomar en cuenta esta investigación a fin de capacitar a los ingenieros y a los constructores en las recomendaciones de las normas de albañilería confinada, utilizando las unidades fabricadas artesanalmente en la región central Junín.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bonett Díaz, Ricardo León (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios, aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada, Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, 2003.
2. Fontana Palacios, Alejandro (1999). "Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la Región Grau-Piura". Tesis para optar el grado de Magíster en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.
3. Gallegos, Héctor (1989). "Albañilería Estructural". Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
4. ININVI (1982). Norma Técnica de Edificación E-070 Albañilería.
5. INEI (1993). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Resultados definitivos de los censos nacionales IX de población y IV de vivienda.
6. ITINTEC (1978). Norma Técnica Nacional 331.017 Elementos de arcilla cocida
7. Sahlin, Sven (1971) "Structural Masonry", Prentice Hall.
8. San Bartolomé, Angel (1998) Construcciones de Albañilería. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
9. Sánchez, Natividad; Zapata, Marcos; Granados, Hugo (1992). Análisis de las unidades de Albañilería producidas en Huancayo. IX Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Colegio de Ingenieros del Perú, Ica.
10. SENCICO (2004) "Proyecto de Normas Técnicas de Edificación E-070 Albañilería"
11. Silgado, Enrique (1978) "Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974)" Boletín No.3, Instituto de Geología y Minería, Lima.
12. Tejada Schmidt, Urbano (2001). Buena Tierra. CIDAP.
13. Villanes Ruben (1990). "Modernización de la producción artesanal de ladrillos en la Provincia de Jauja". Tesis para optar el grado de Licenciado en Administración. Universidad Nacional del Centro del Perú.

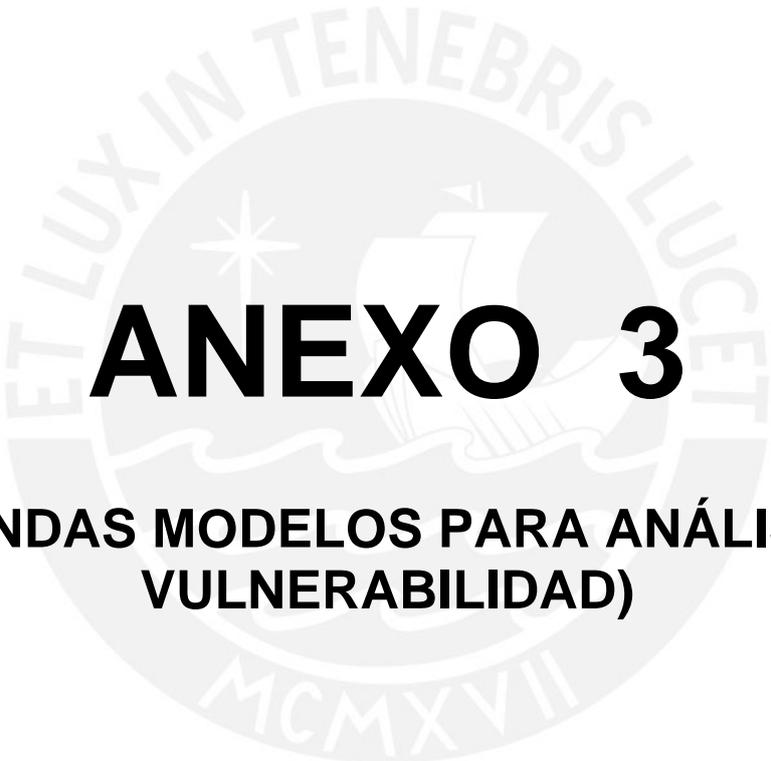


# ANEXO 1

(ENSAYOS DE SUELOS)

# ANEXO 2

(GRAFICAS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN  
DE PILAS Y MURETES )



# ANEXO 3

(VIVIENDAS MODELOS PARA ANÁLISIS DE  
VULNERABILIDAD)



## MODELO 1



## MODELO 2



## MODELO 3



## MODELO 4

VERIFICACION DE LA DENSIDAD DE LOS MUROS DEL PRIMER PISO ANTE LOS SISMOS RARC

**Análisis por sismo (NTE E030: U=1 C=2,5 R=3)**

Factor de zona= 0.4  
Factor de suelo S= 1.2

Área del primer piso= 97.6 m<sup>2</sup>  
Resistencia característica a corte de los ladrillos (kPa): v'm = 510

Área total techada	Cortante basal		Área de muros		Ae/Ar	Densidad	Resultado 1
	eso totl	V=ZUSC/R	Existente Ae	Requerida Ar			
m <sup>2</sup>	kN	kN	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Adimensional	%	
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")							
140	1120	448	1.6	1.8	0.89	1.14	Calcular VR/VE
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")							
140	1120	448	6.5	1.8	3.63	4.64	Adecuada

Ae/Ar > 1,1 densidad adecuada  
Ae/Ar < 0,80 densidad inadecuada

Nota. En caso de tener una relación 0,80 < Ae/Ar < 1,1 se tendrá que calcular la relación VR/V para determinar la seguridad de los muros.

**Cálculo de la resistencia a corte VR de los muros**

Ecuación de la resistencia al corte VR de los muros (kN) = (0.5v'm\*α<sup>1</sup>+0.23Pg)

Número de pisos= 3  
Resistencia a compresión de los ladrillos fm (kPa)= 2844  
E ladrillo (kPa)= 1157000  
altura de entrepiso (m)= 2.5  
Peso específico de los ladrillos (kN/m<sup>3</sup>)= 16  
E concreto (kPa)= 19843135  
fc del concreto (kPa)= 17500

Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")

Muro	Longitud	Espesor	Material	Área	Rigidez	V actuante	Peso propio	Peso adicio.	Esbeltez	VR	VR/Vact
							kN/m	kN/m			
M1	0.5	0.25	C	0.125	9655	79	45	0	0.33	74	0.94
M2	2.2	0.15	L	0.33	18704	154	18	0	0.53	54	0.35
M3	2.2	0.15	L	0.33	18704	154	18	0	0.53	54	0.35
M4	1.5	0.15	L	0.225	7379	61	18	0	0.36	27	0.44
M5											
M6											
Total							54442	448		208	

VR/V de todo el 1er pi  
Adimensional  
0.47  
Densidad  
Inadecuada

Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")

Muro	Longitud	Espesor	Material	Área	Rigidez	V actuante	Peso propio	Peso adicio.	Esbeltez	VR	VR/V
							kN/m	kN/m			
M1											
M2											
M3											
M4											
M5											
M6											
Total											

VR/V de todo el 1er pi  
Adimensional

**ESTABILIDAD DE LOS MUROS AL VOLTEC**

Peso específico de los ladrillos (kN/m<sup>3</sup>)= 14

Muro	a < b			Lados	Factores			M. Actuante	M. Resist.	Resultado
	a	b	Espeor		P	C1	m			
	m	m	m							
Parapeto 1	1	3	0.14	2	1.96	1.3	0.13	0.10	0.33	Estable
Parapeto 2	1	4	0.14	2	1.96	1.3	0.13	0.10	0.33	Estable
Tabique 1	2	2.3	0.14	3	1.96	0.6	0.13	0.11	0.33	Estable
Tabique 2	2	2.3	0.14	3	1.96	0.6	0.11	0.17	0.33	Estable
Cerco	1									

**RIESGO SISMICO DE LA VIVIENDA/**

Factores influyentes para el riesgo sísmico									
Vulnerabilidad					Peligro				
Estructural			No estructural		Sismicidad	Suelo		Topografía y pendiente	
Densidad	Mano de obra y materiales		Tabiquería			Suelo		pendiente	
Adecuada	Buena calidad		Tdos estables		Baja	Rígido		Plana	
Aceptable	Regular calidad		X	Algunos estables	Media	Intermedio		X	Media
Inadecuada	Mala calidad		Todos inestables		Alta	X	Flexible	Pronunciada	

Calificación  
Riesgo sísmico  
Alto

**DIAGNÓSTICO**

La vivienda presenta un riesgo sísmico alto. Esto significa que la vivienda no tiene adecuada densidad de muros para soportar un sismo raro (0.4g). Además, la vivienda está ubicada sobre un suelo intermedio pero con pendiente pronunciada, lo que hace posible que presenten deslizamientos

**RECOMENDACIONES PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD**

El poblador debe consultar con un ingeniero para mejorar la seguridad sísmica de la vivienda.

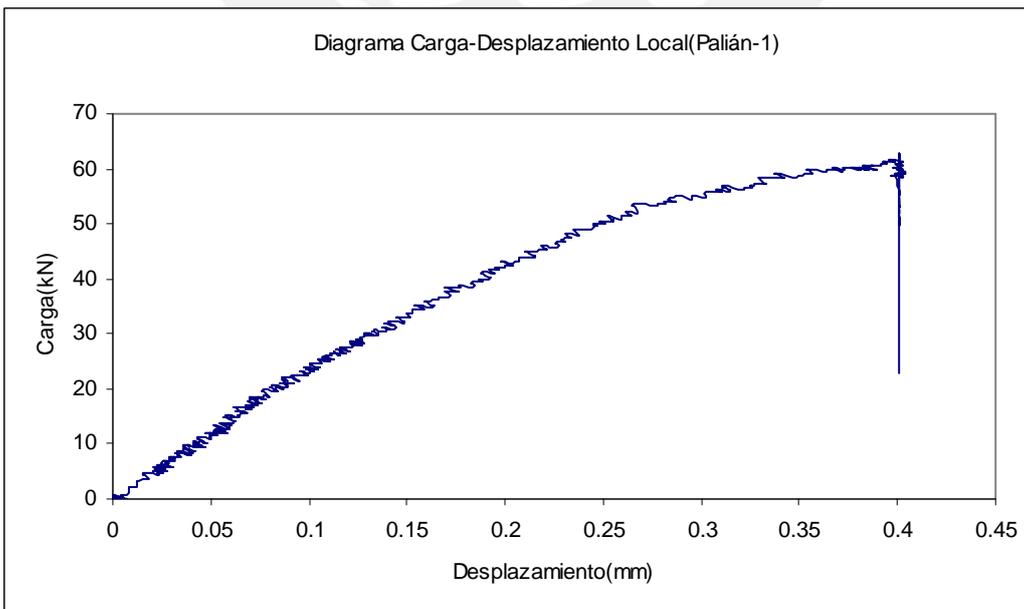
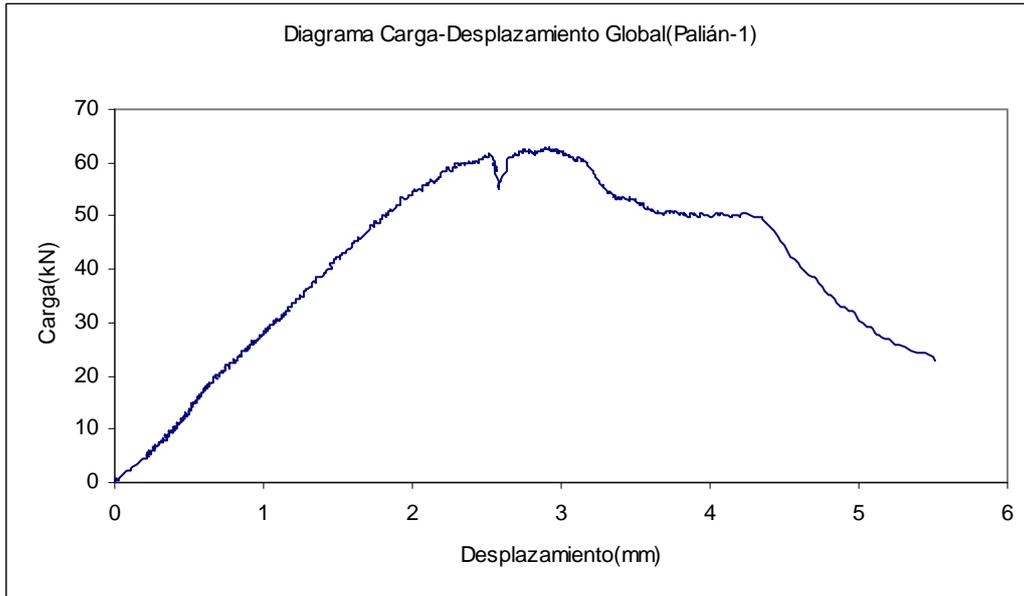
Para evitar problemas de erosión del suelo es necesario plantar arbustos o construir diques de contención en las zonas bajas circundantes a la vivienda

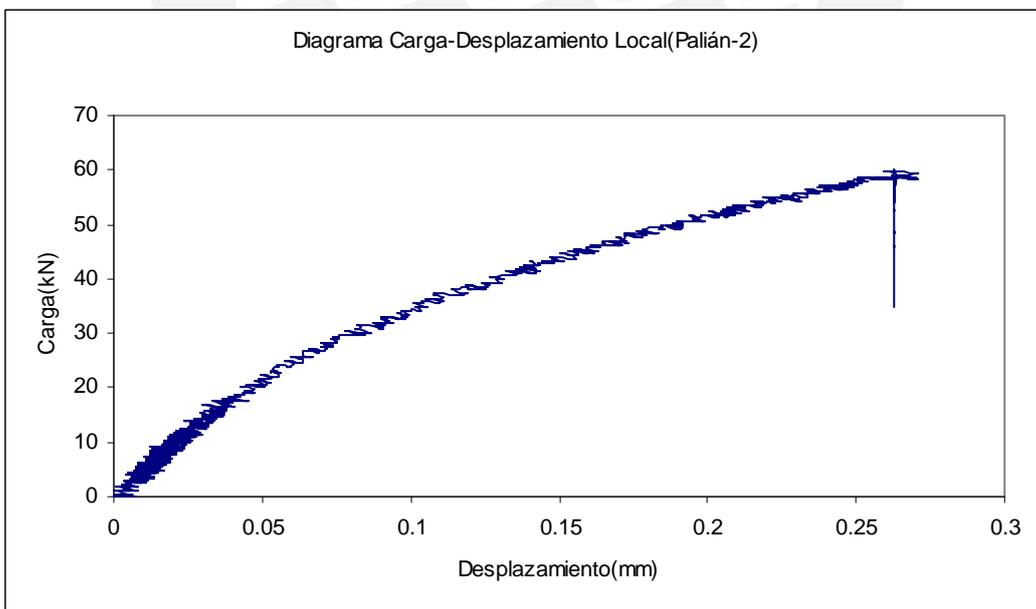
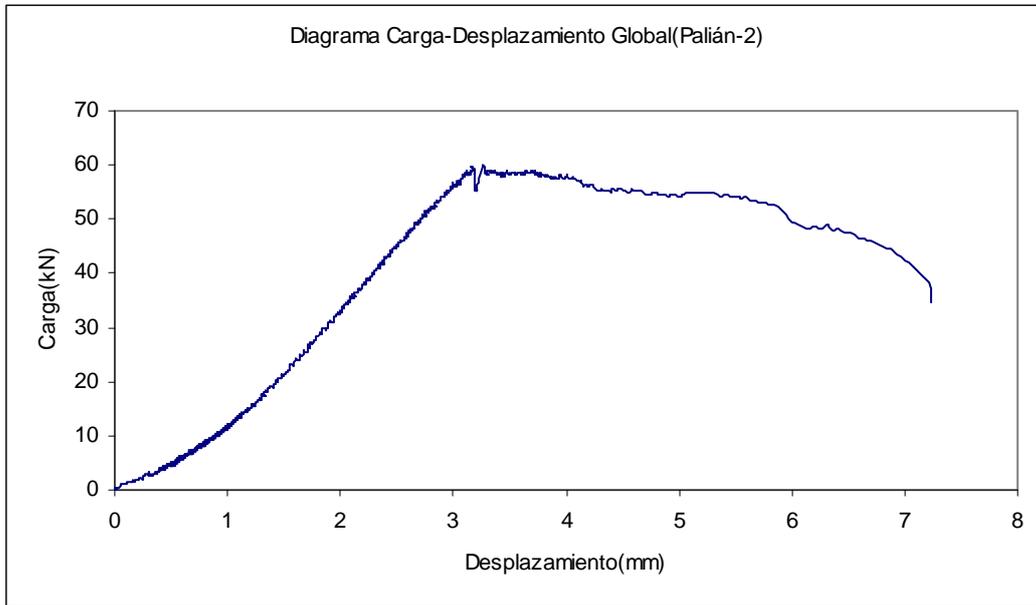
Analizar los posibles lugares de avenidas de agua de lluvia y tratar de colocar diques naturales (árboles) para proteger la vivienda

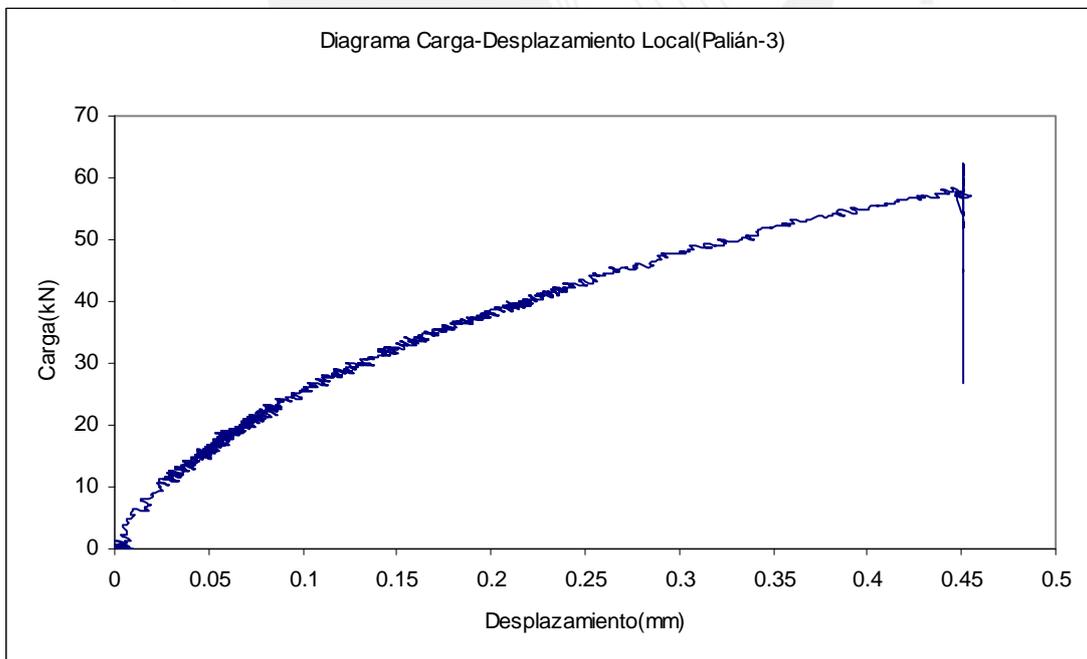
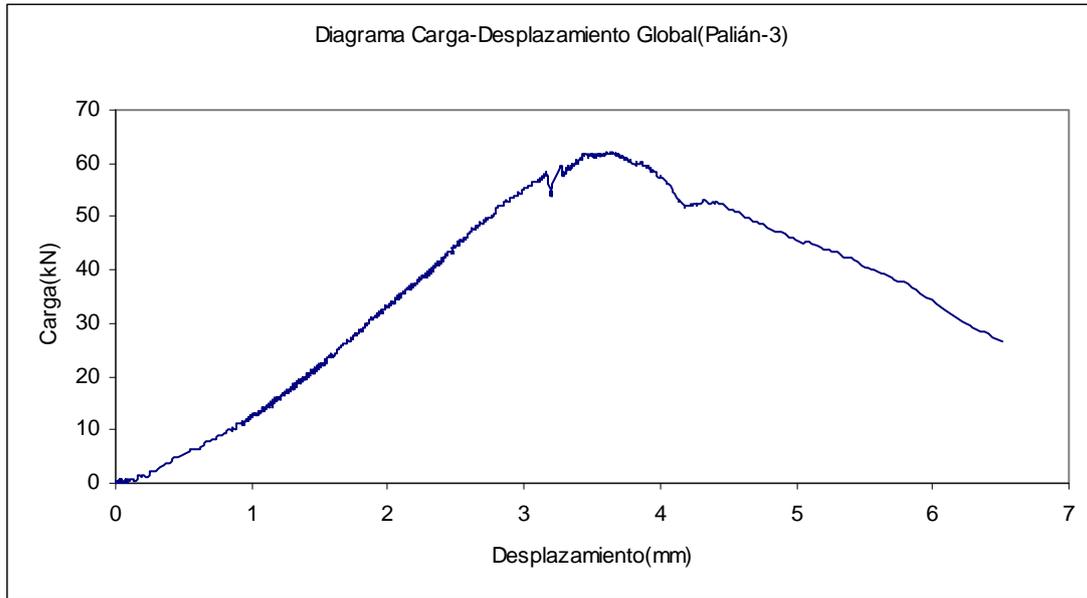


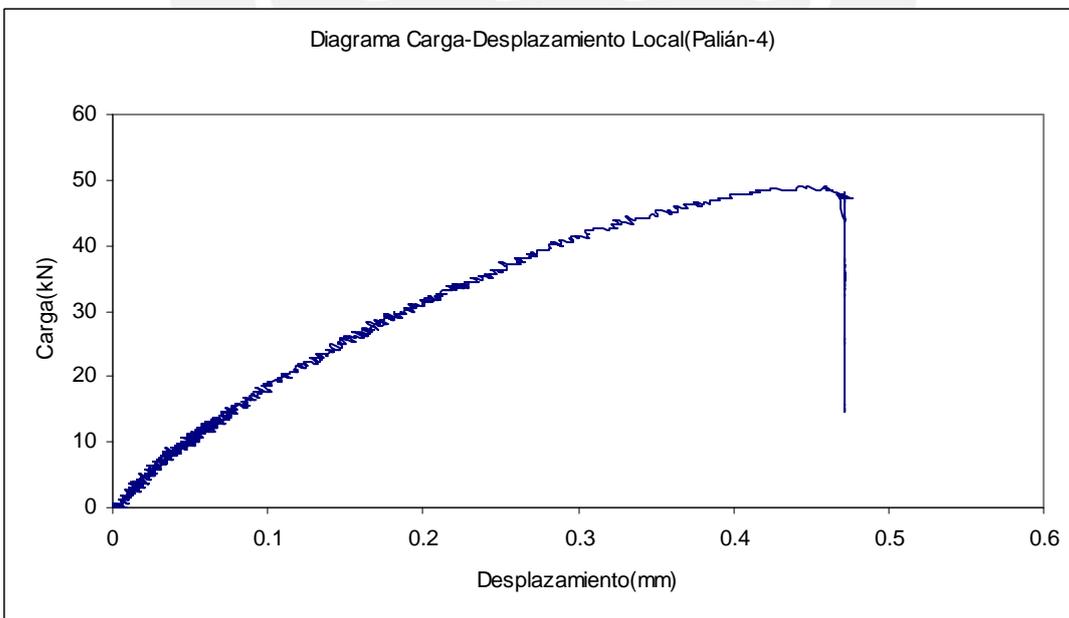
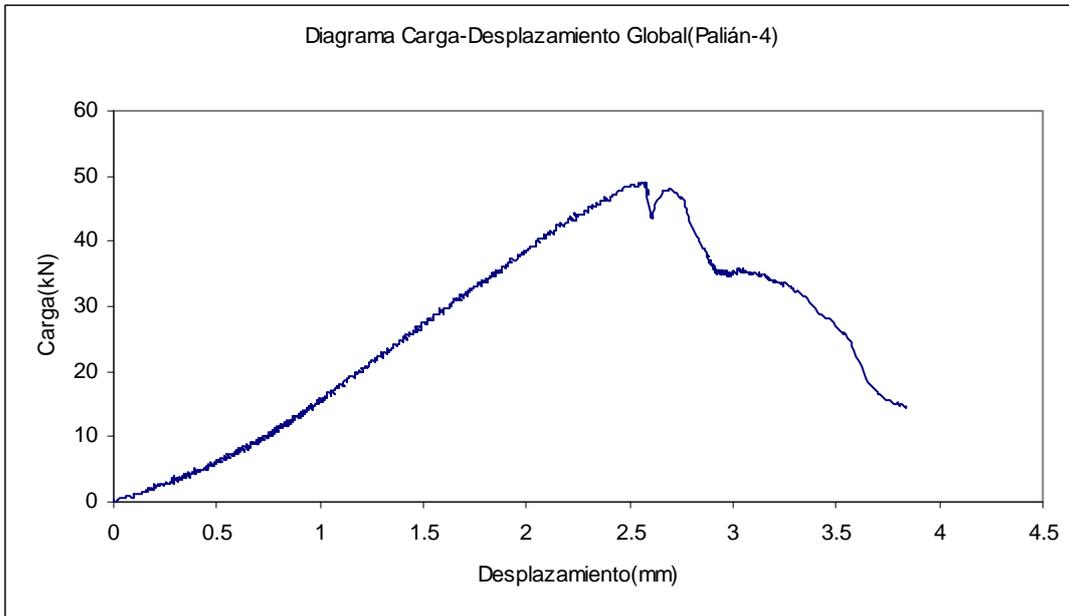
# ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE PILAS

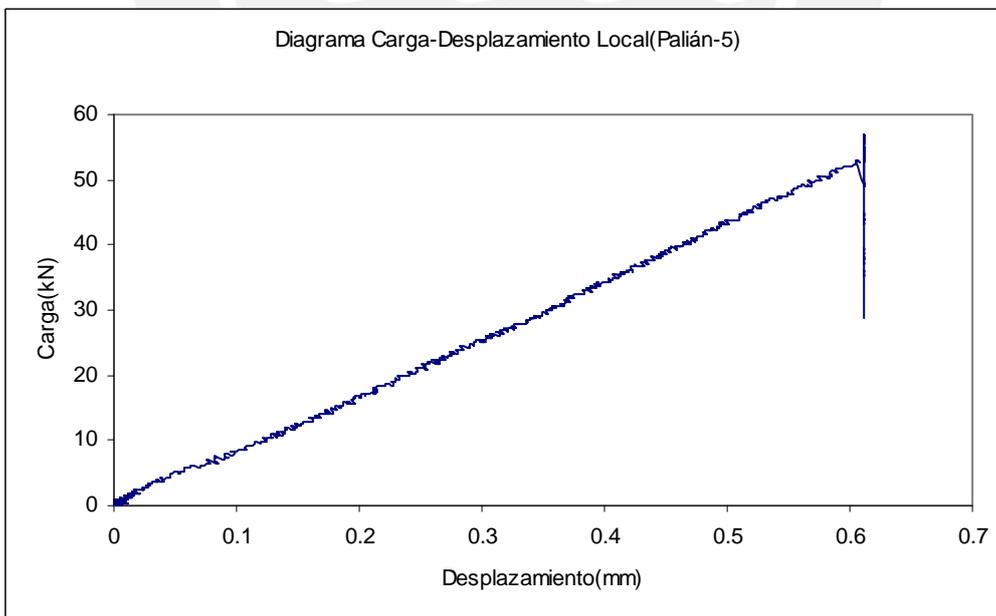
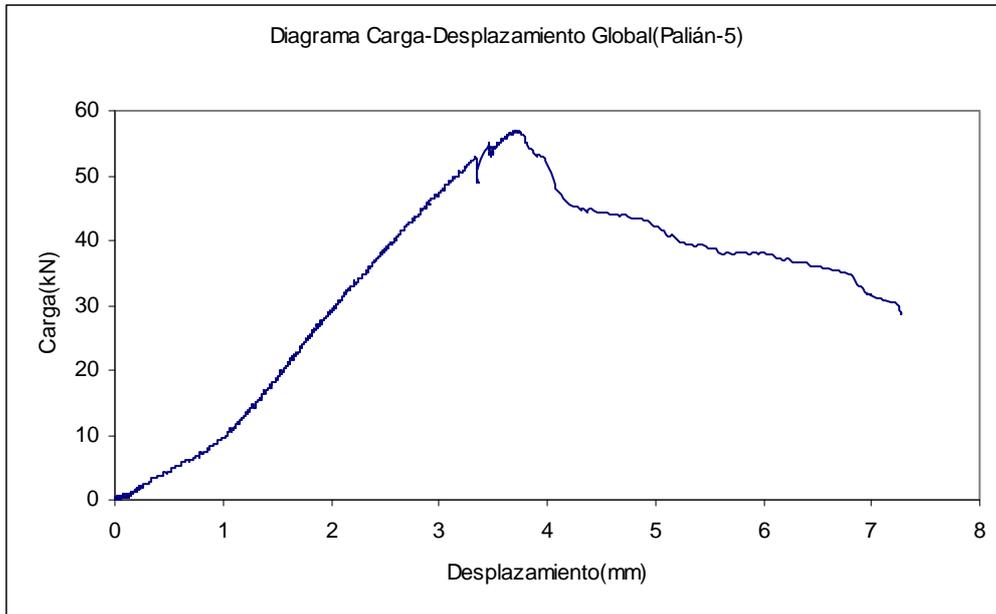
## GRAFICAS GLOBAL Y LOCAL - PALIÁN





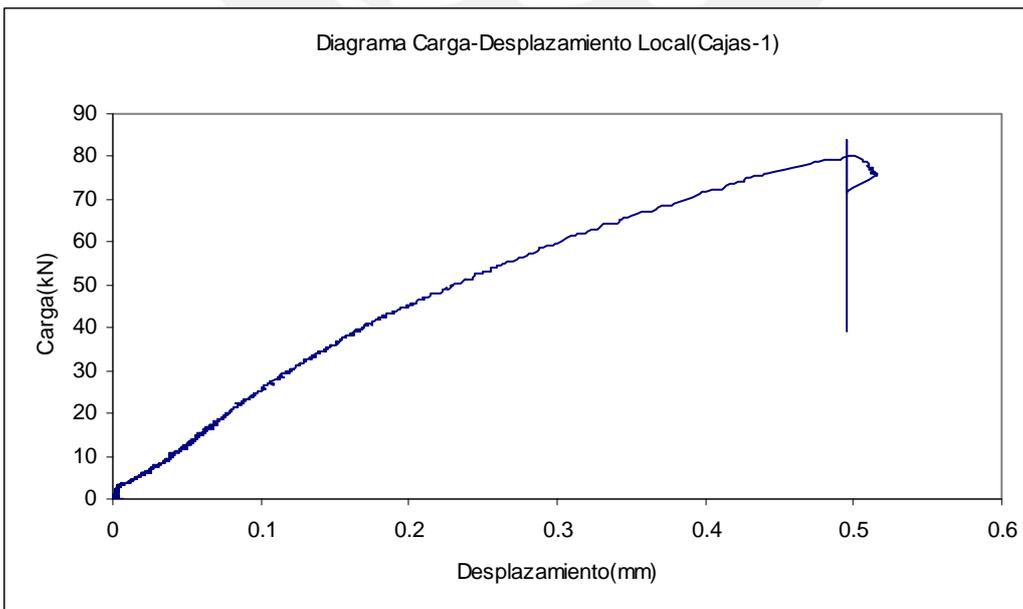
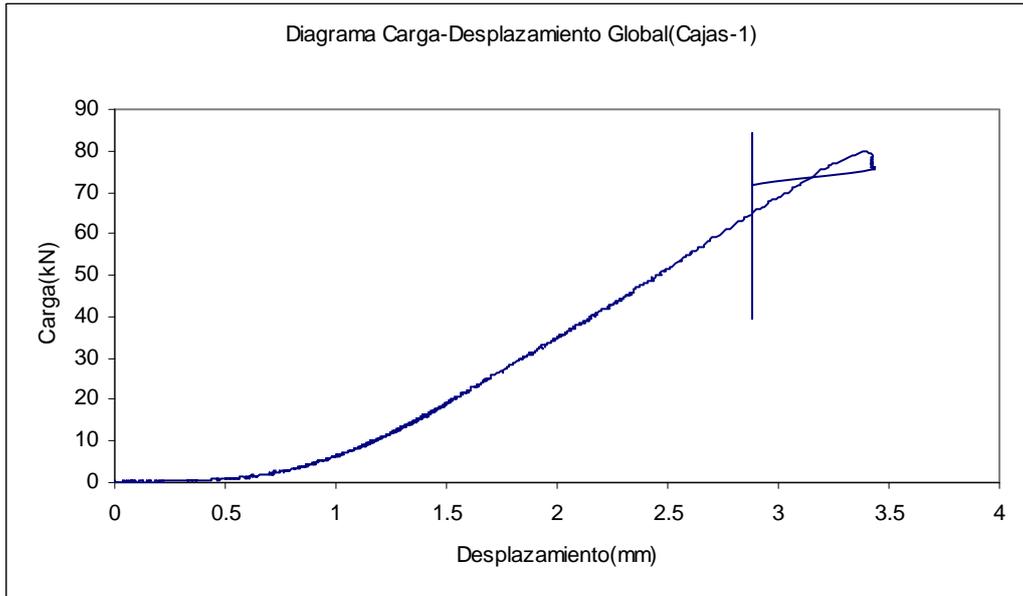


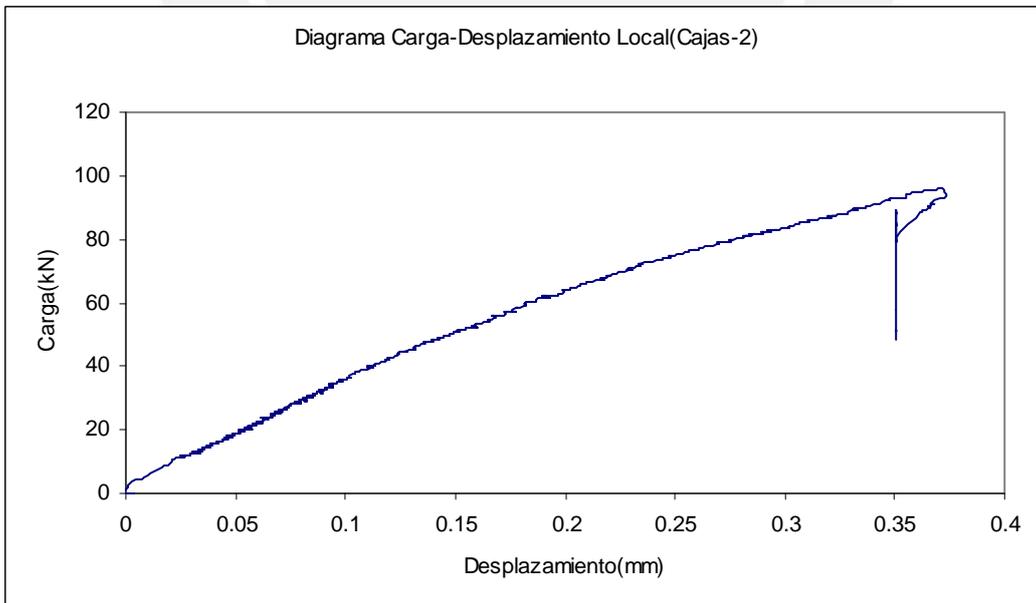
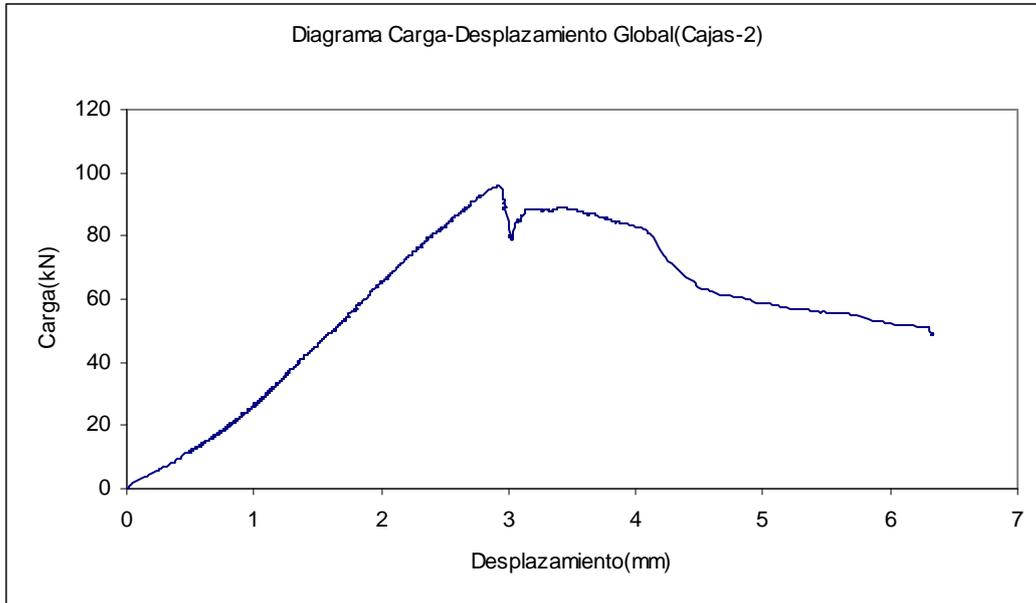


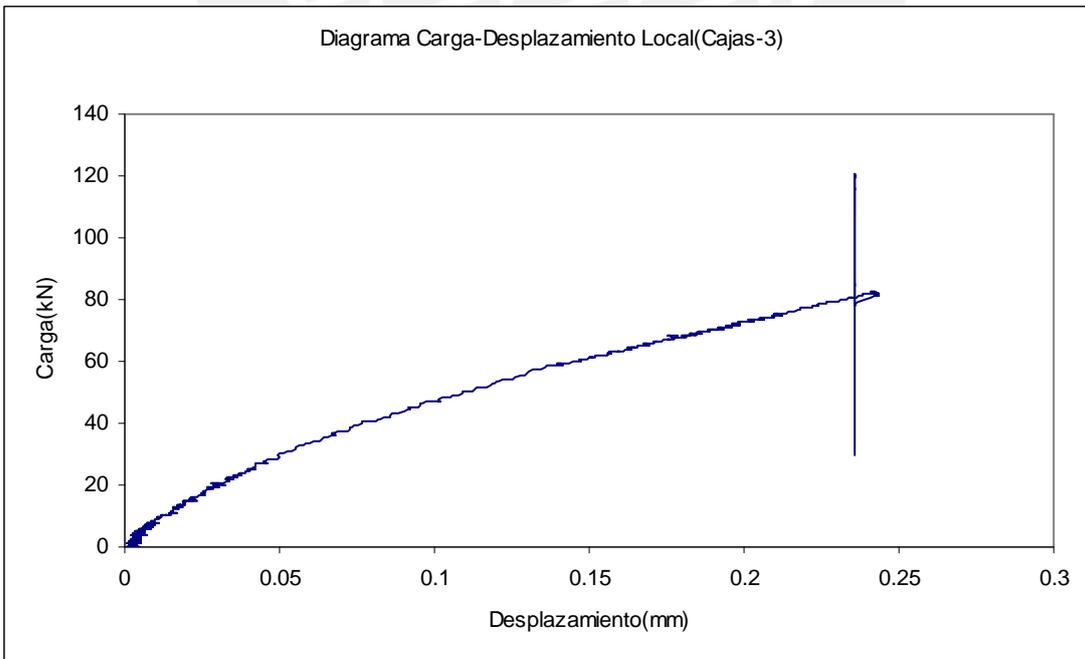
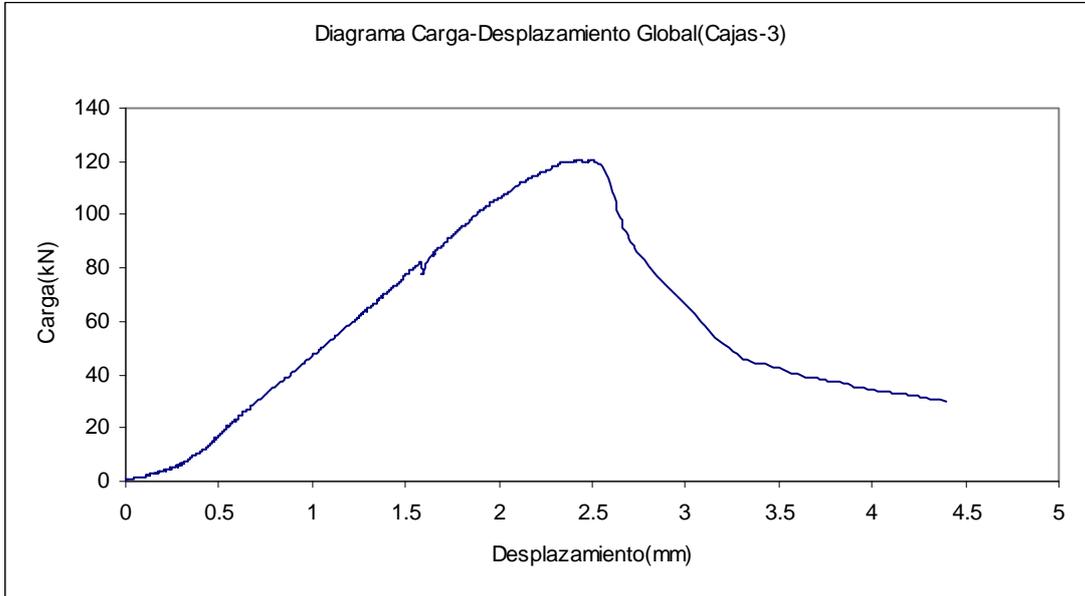


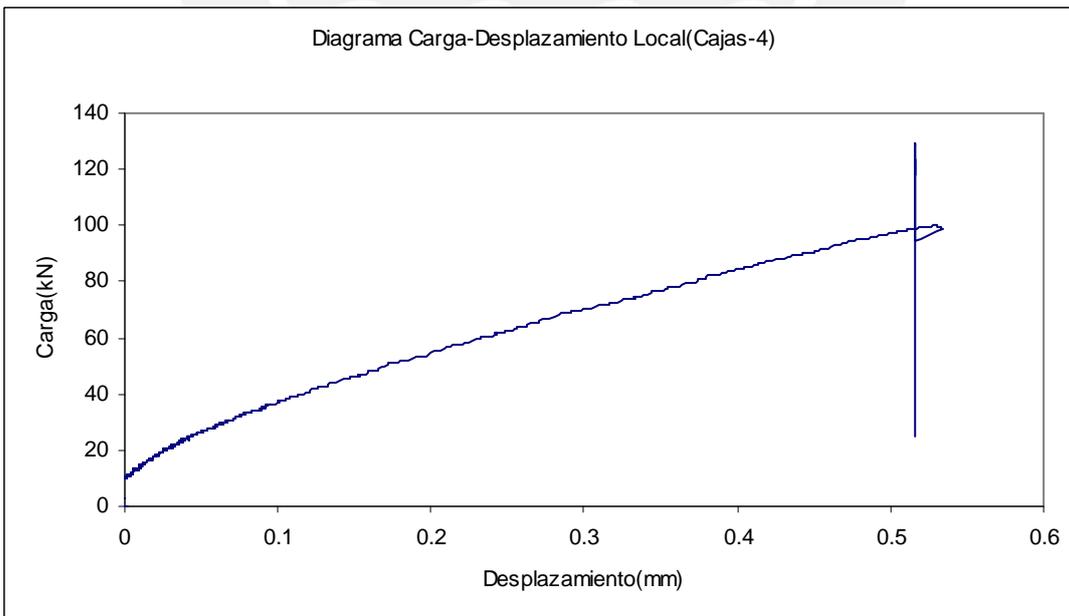
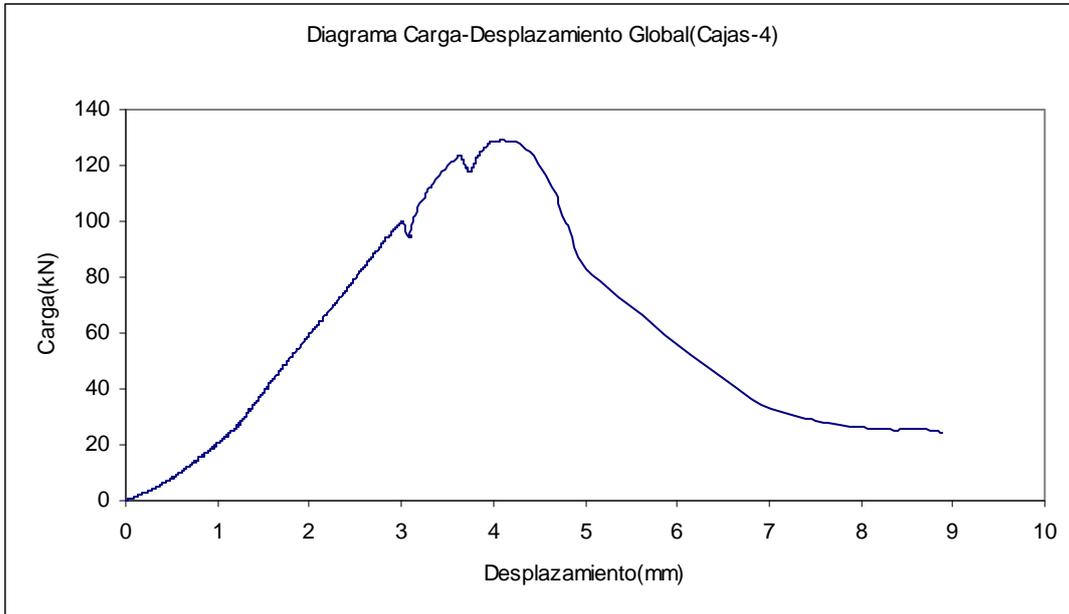
# ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE PILAS

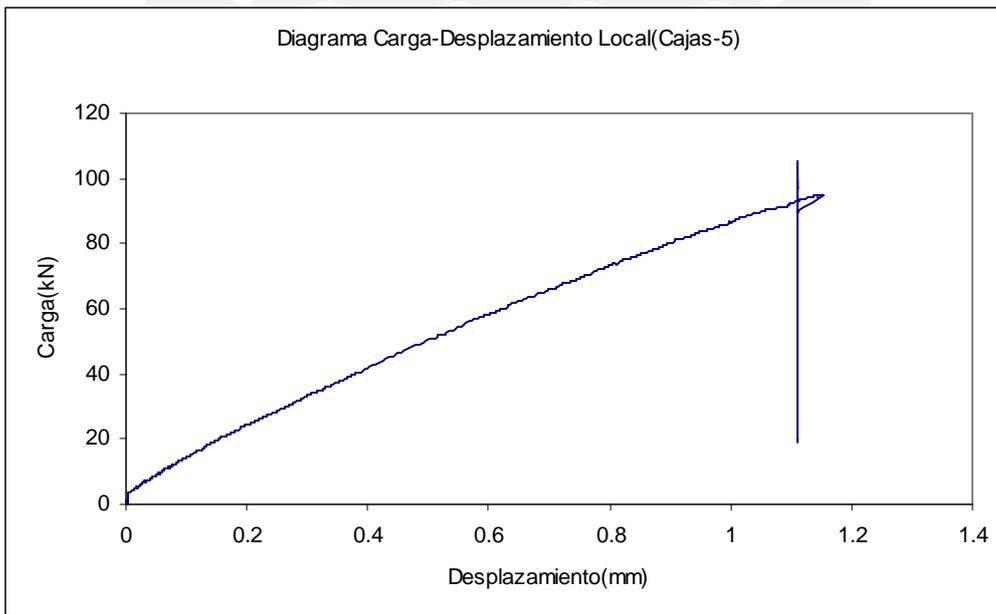
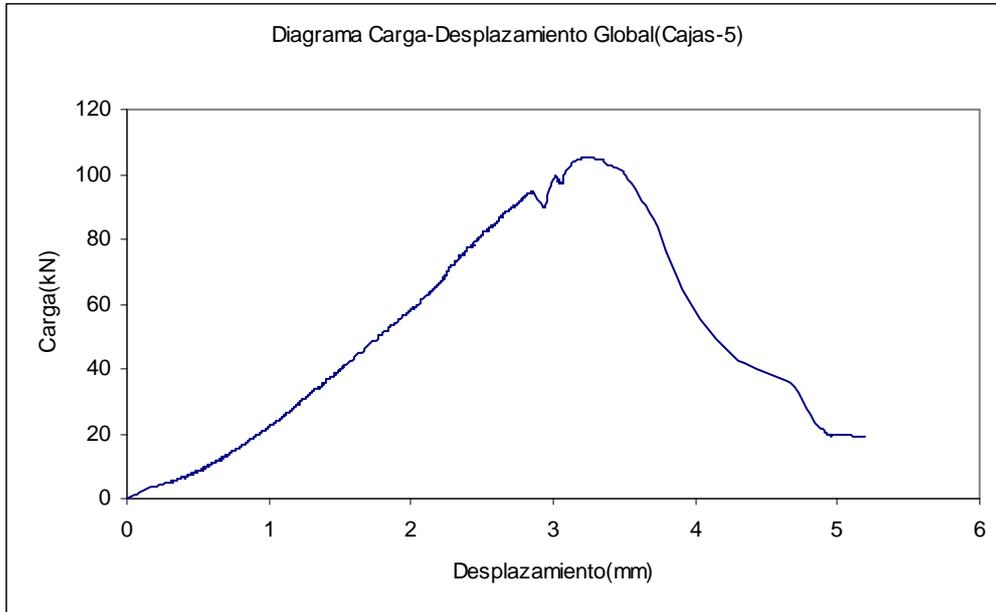
## GRAFICAS GLOBAL Y LOCAL - CAJAS





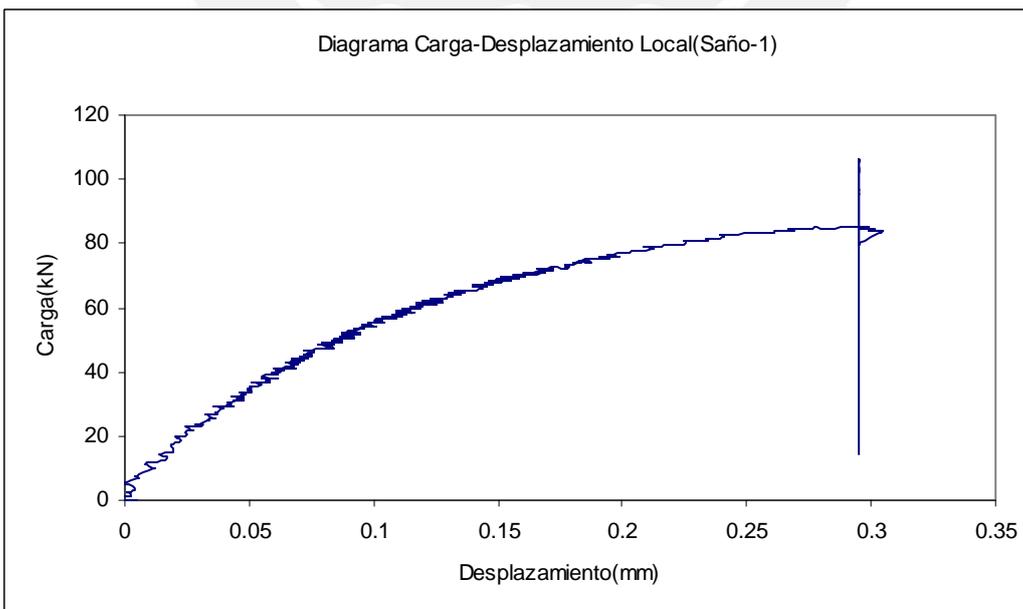
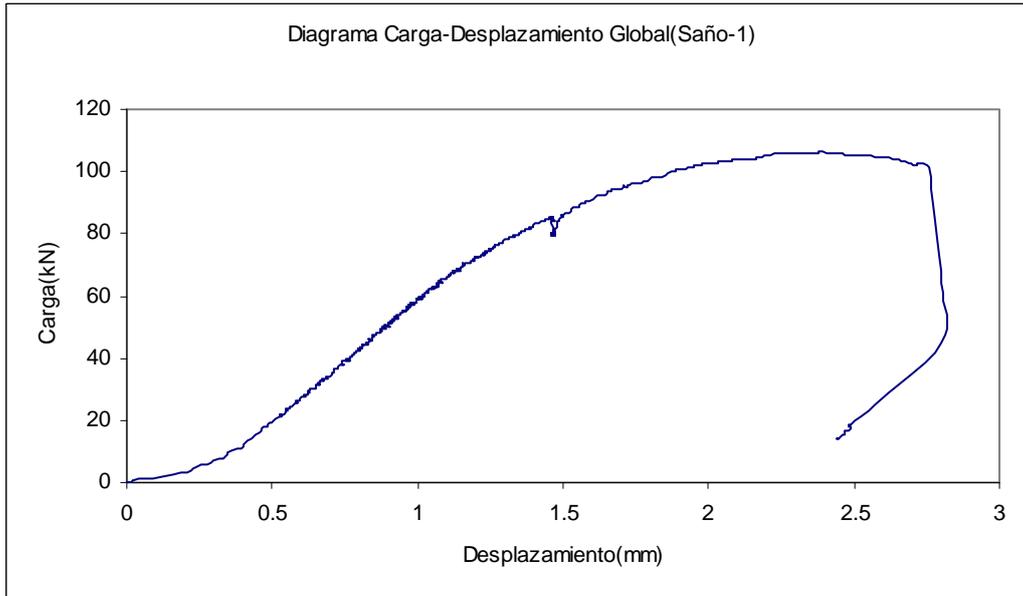


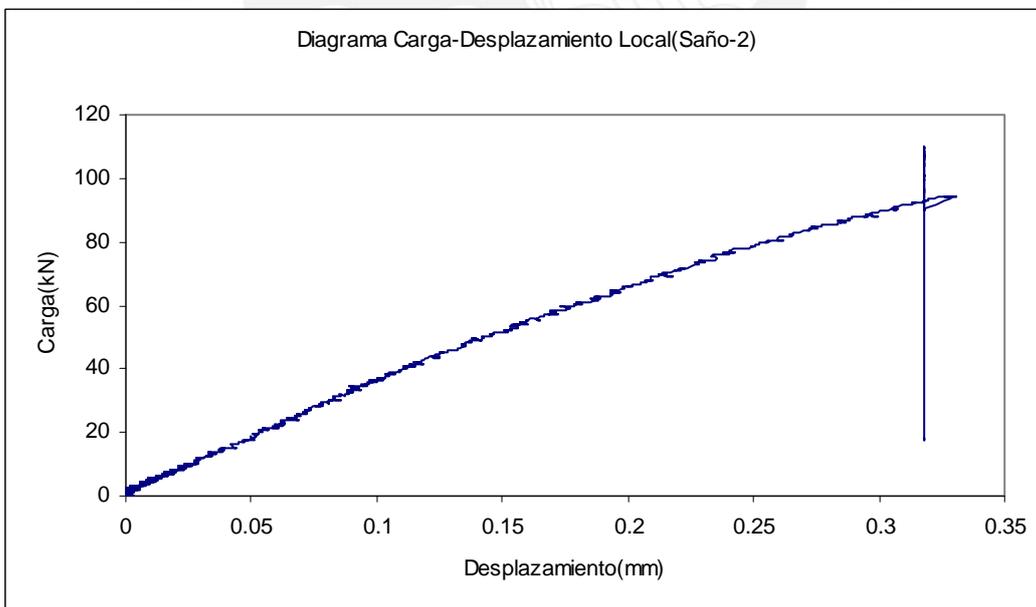
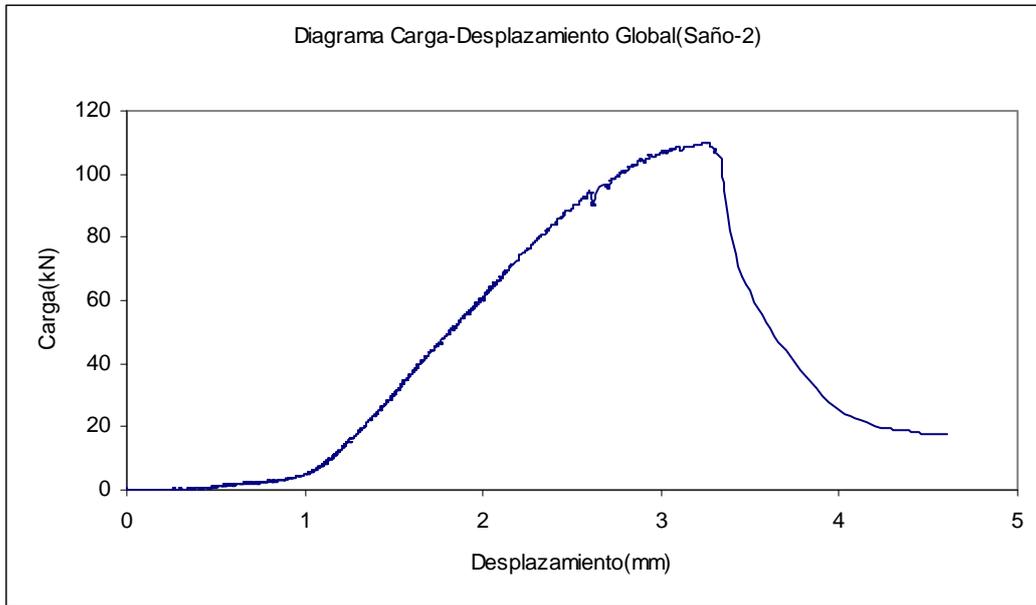


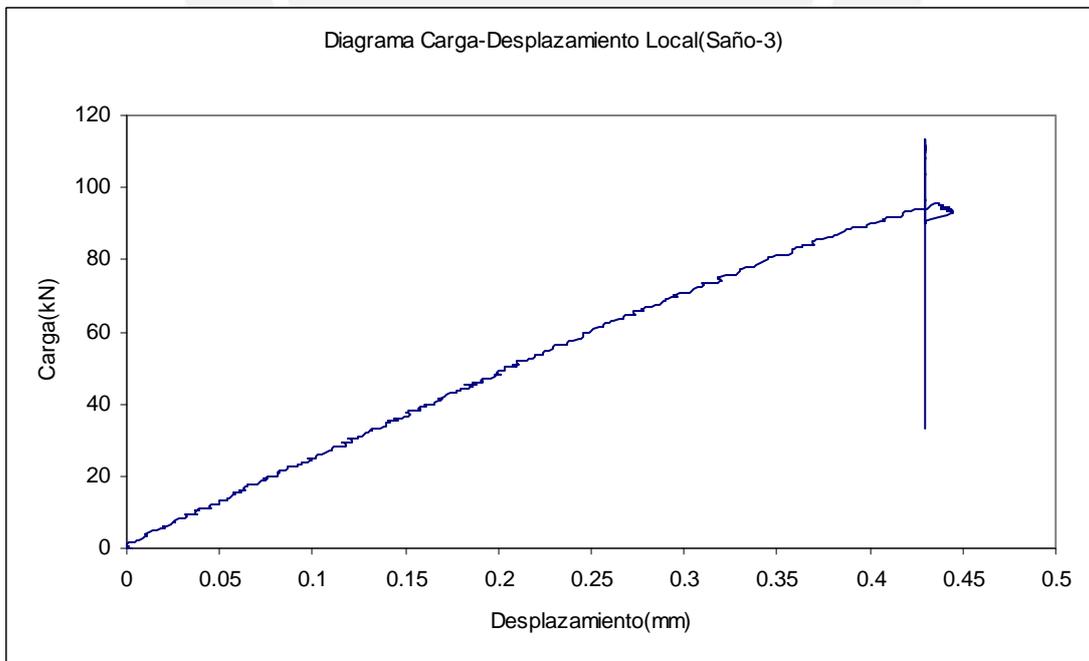
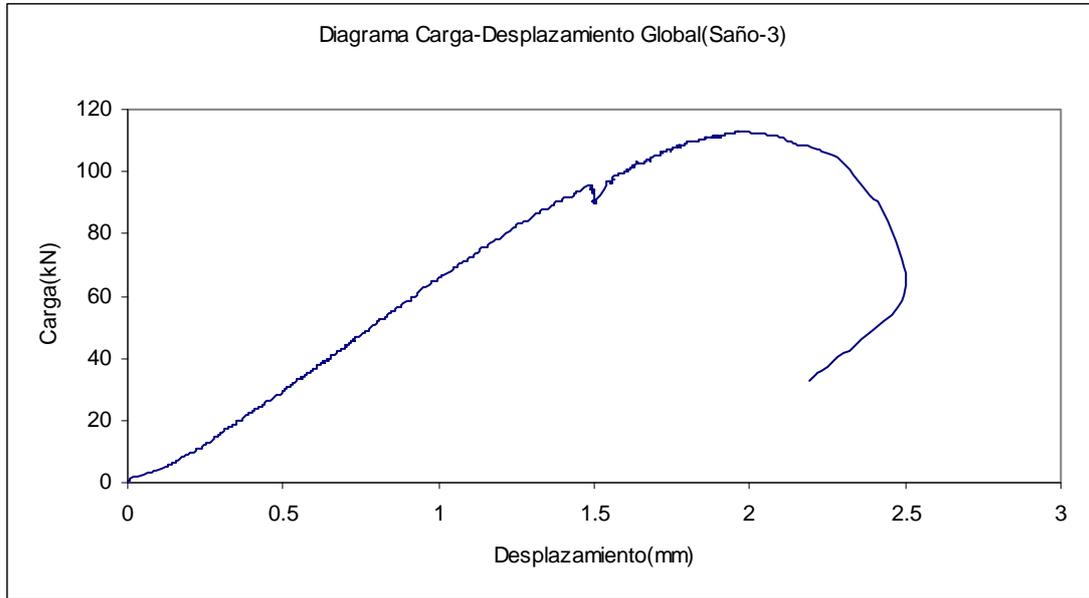


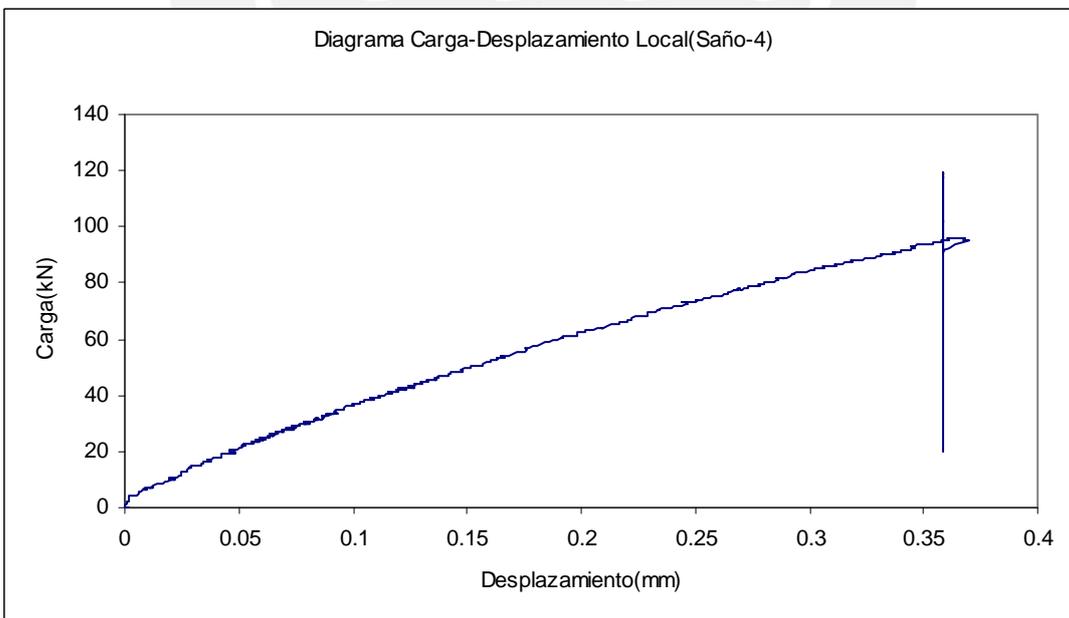
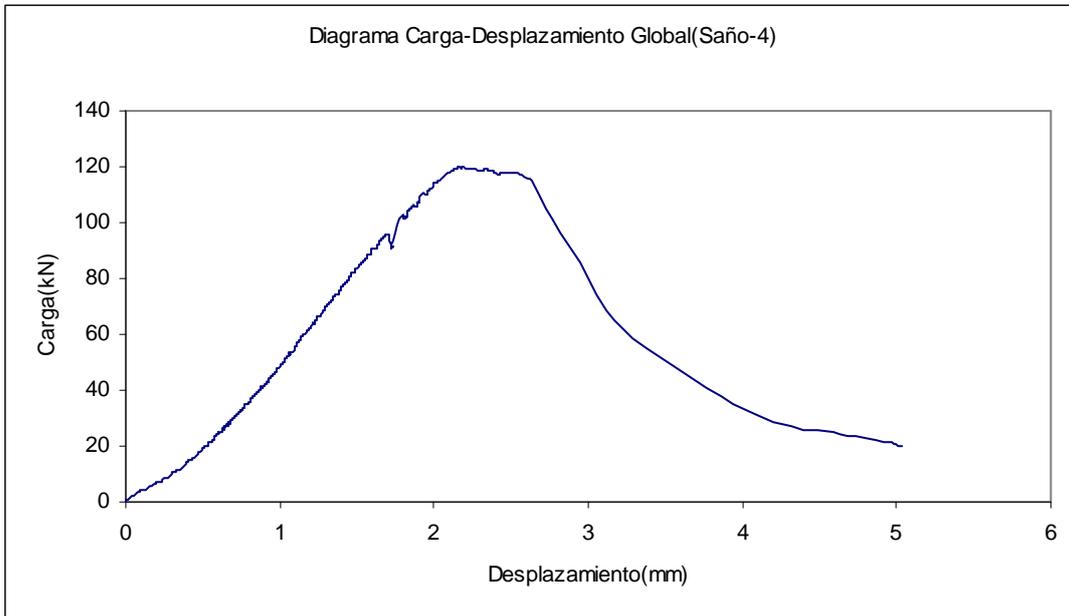
# ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE PILAS

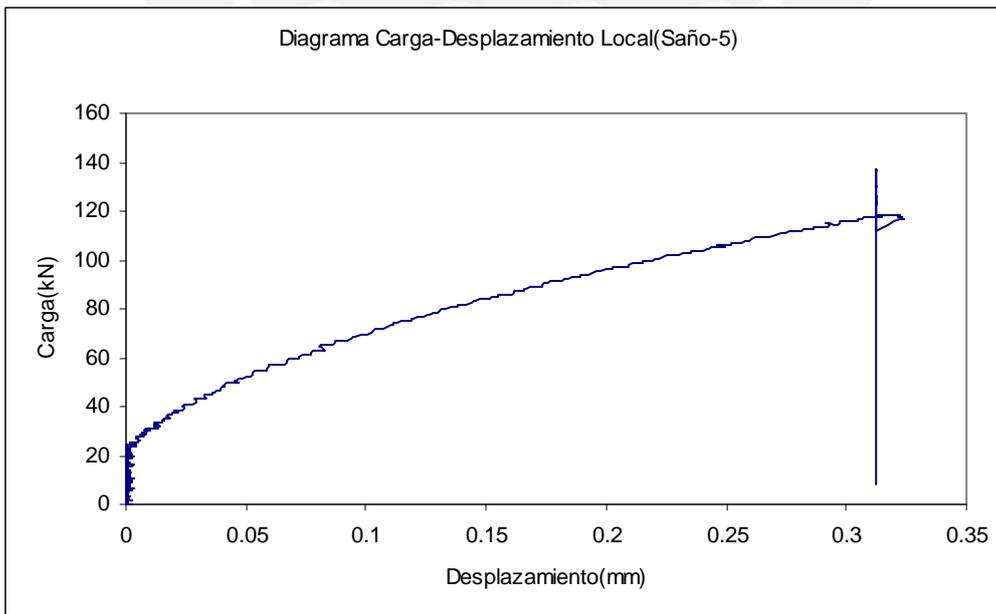
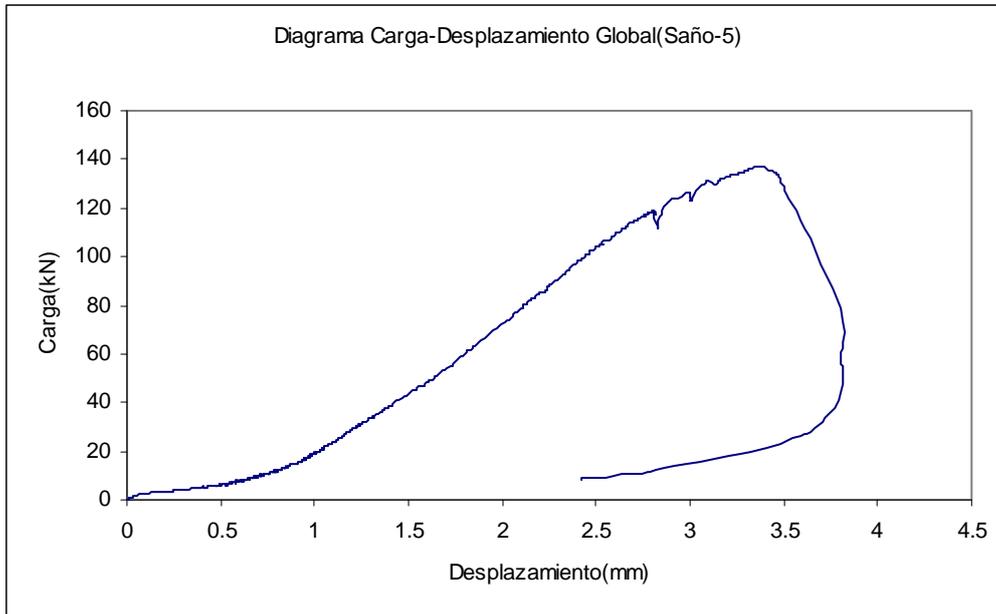
## GRAFICAS GLOBAL Y LOCAL - SAÑO





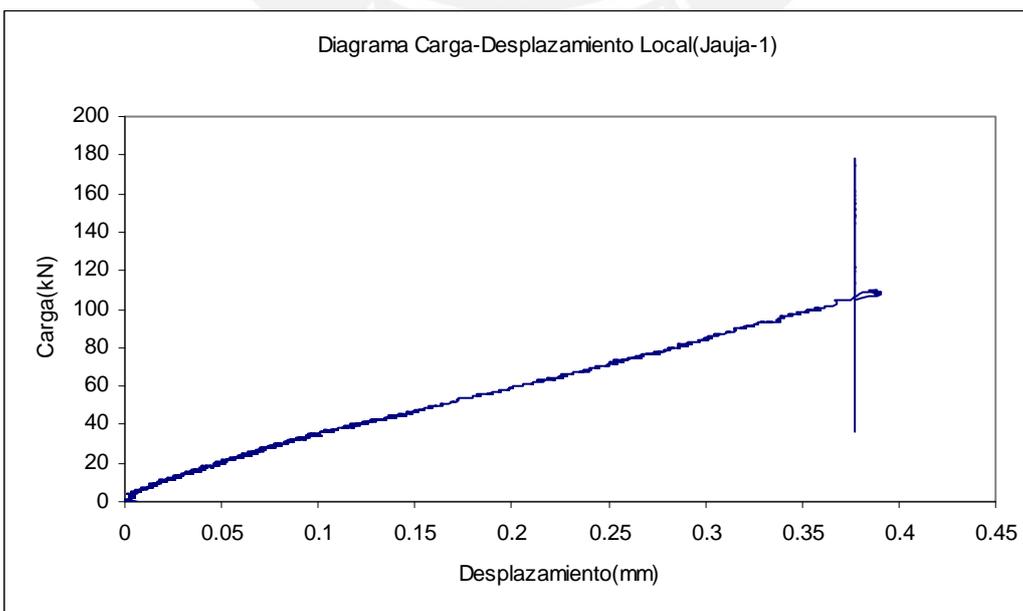
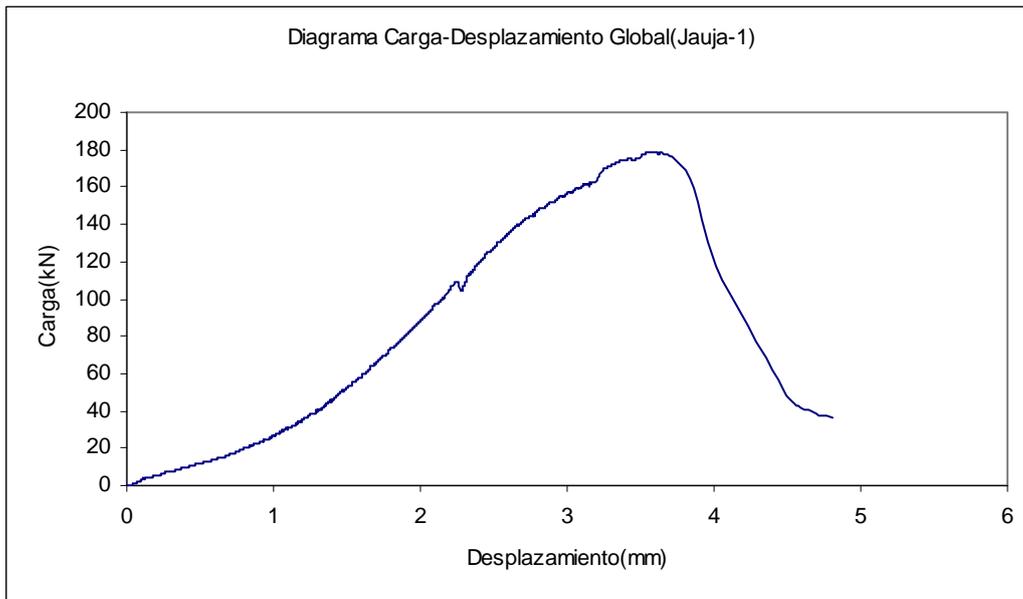


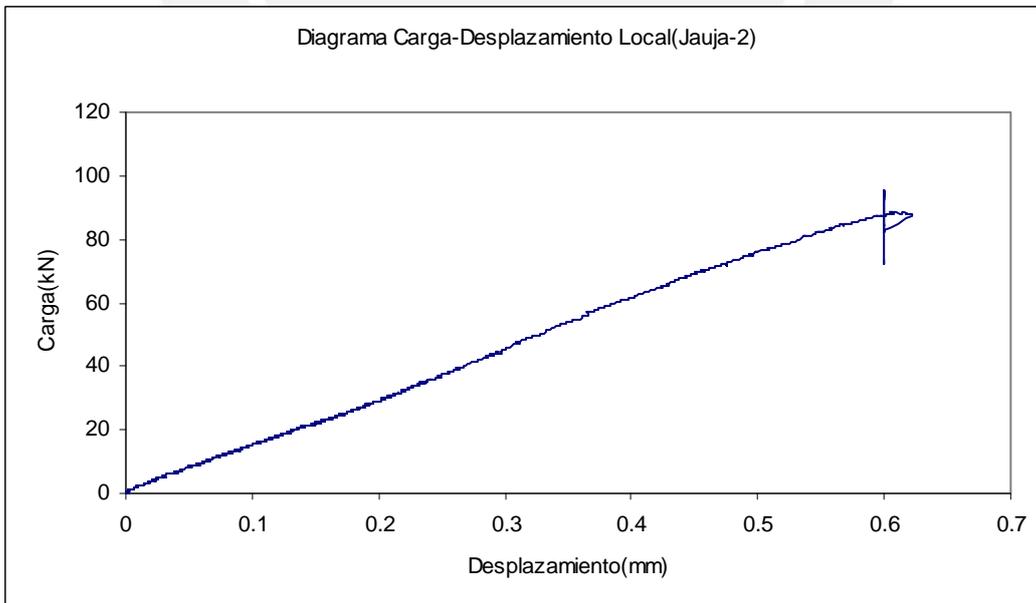
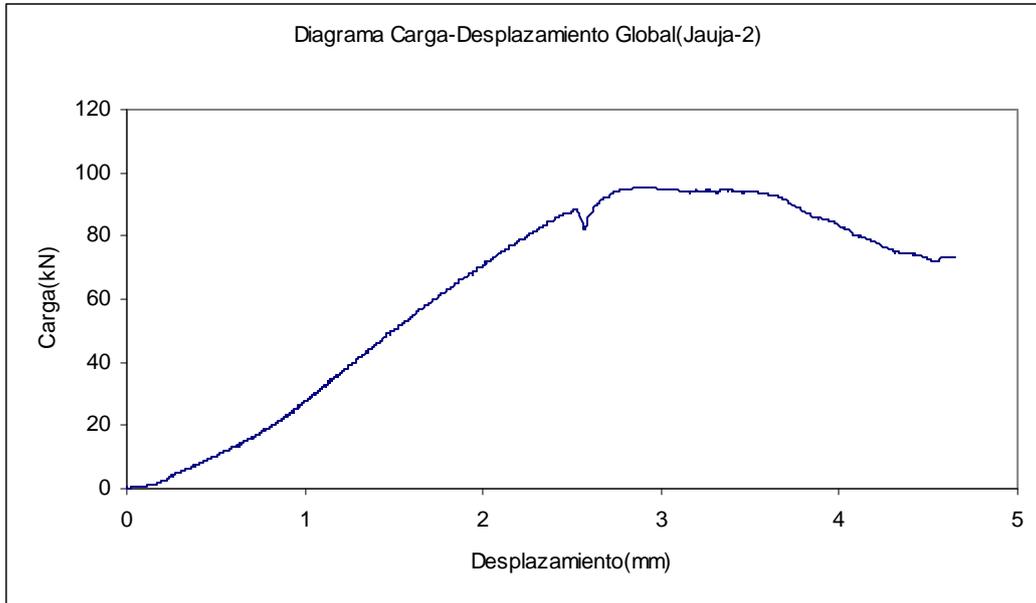


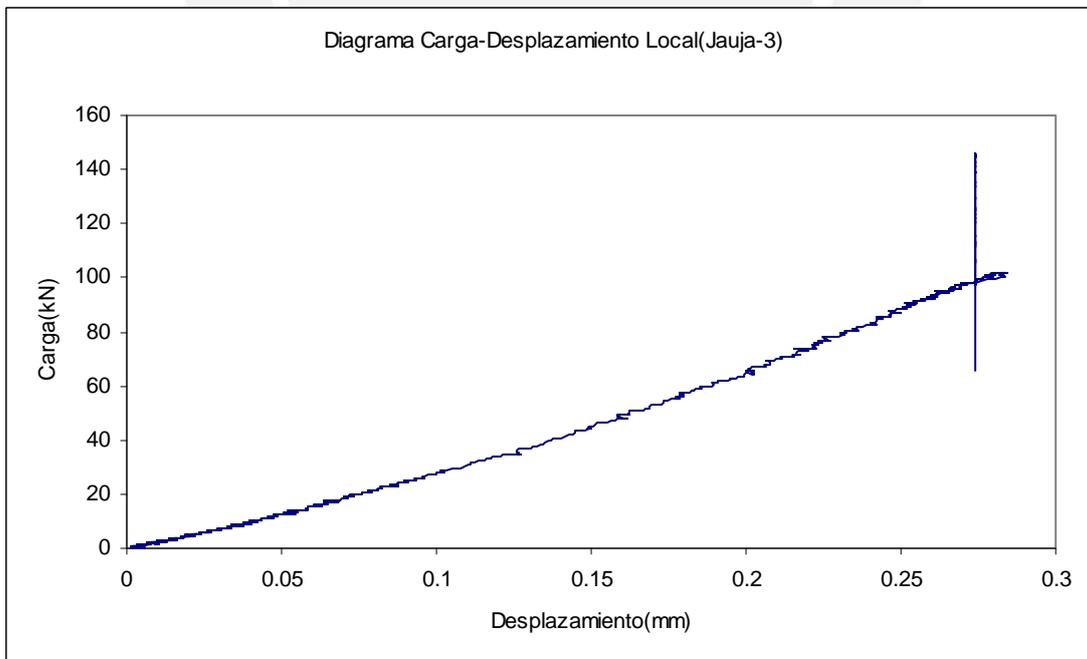
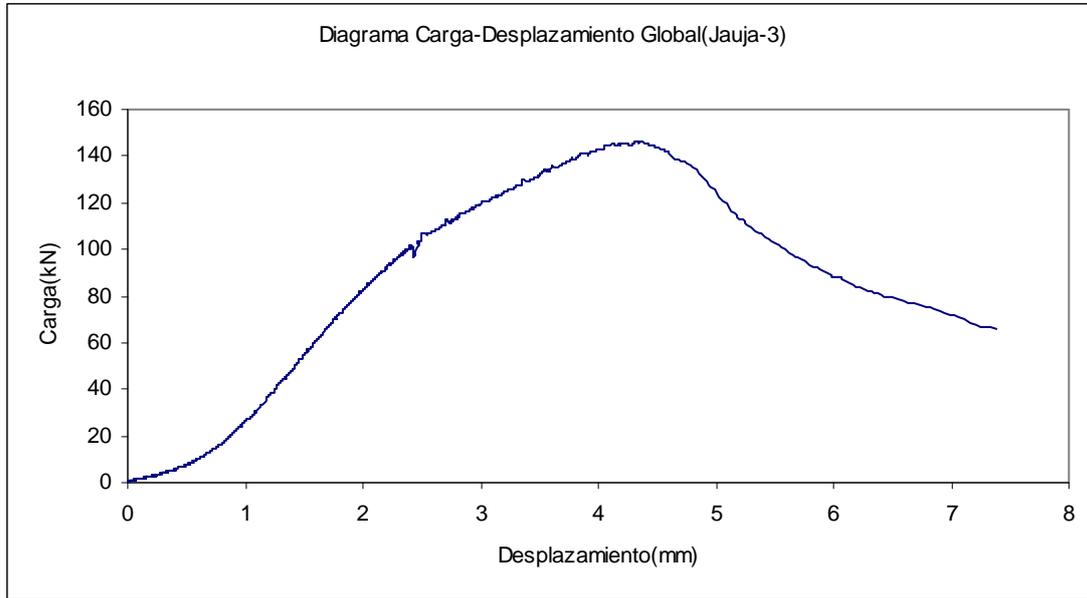


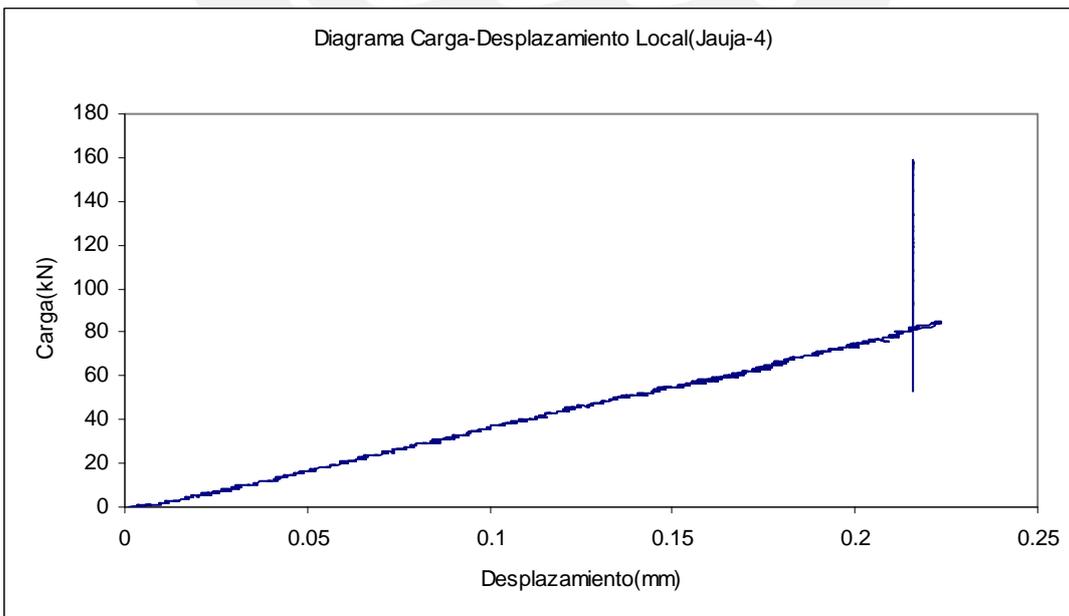
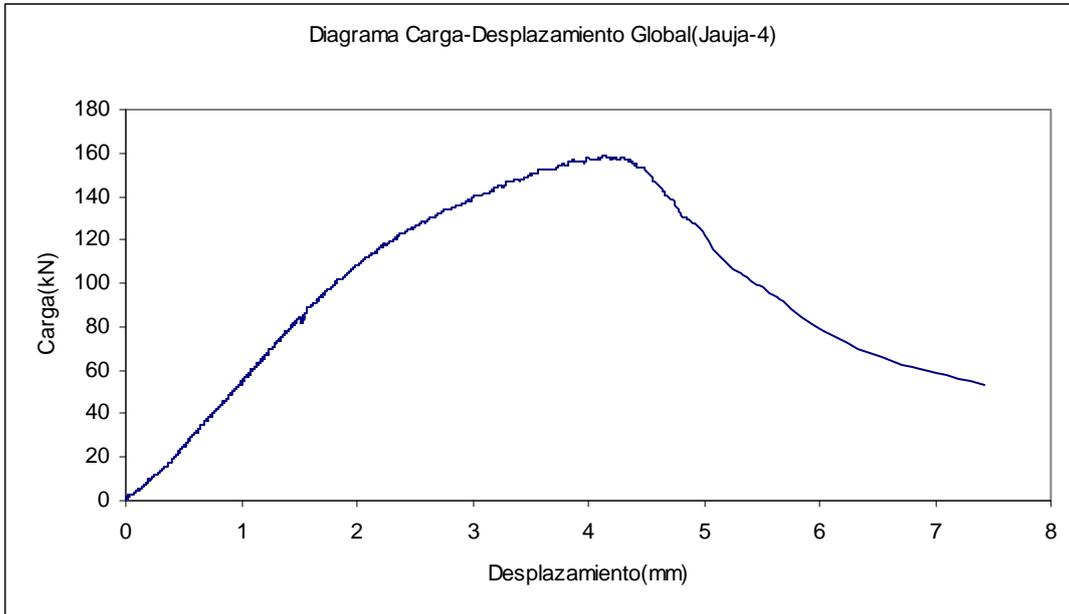
# ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE PILAS

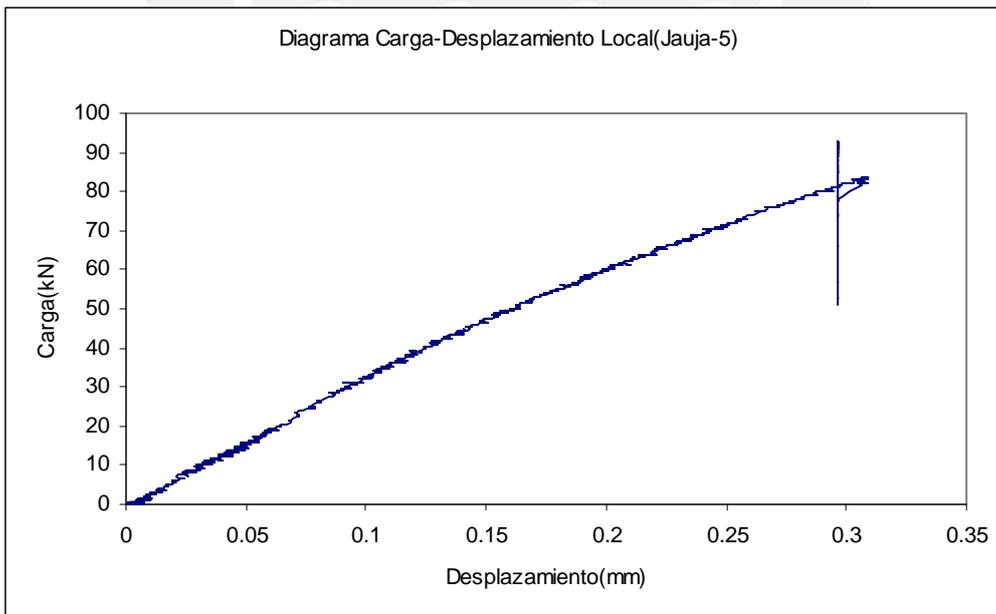
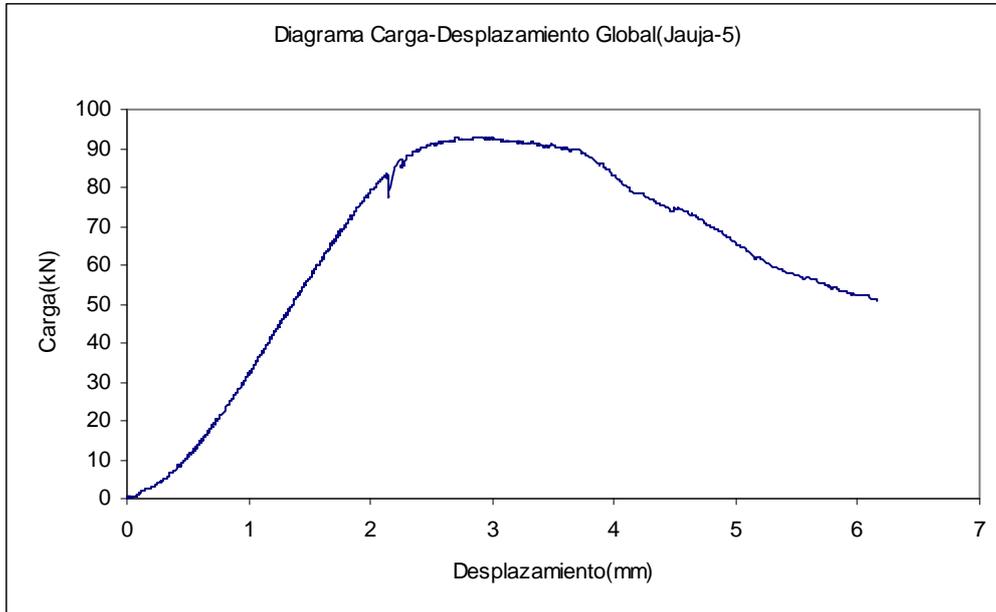
## GRAFICAS GLOBAL Y LOCAL - JAUJA



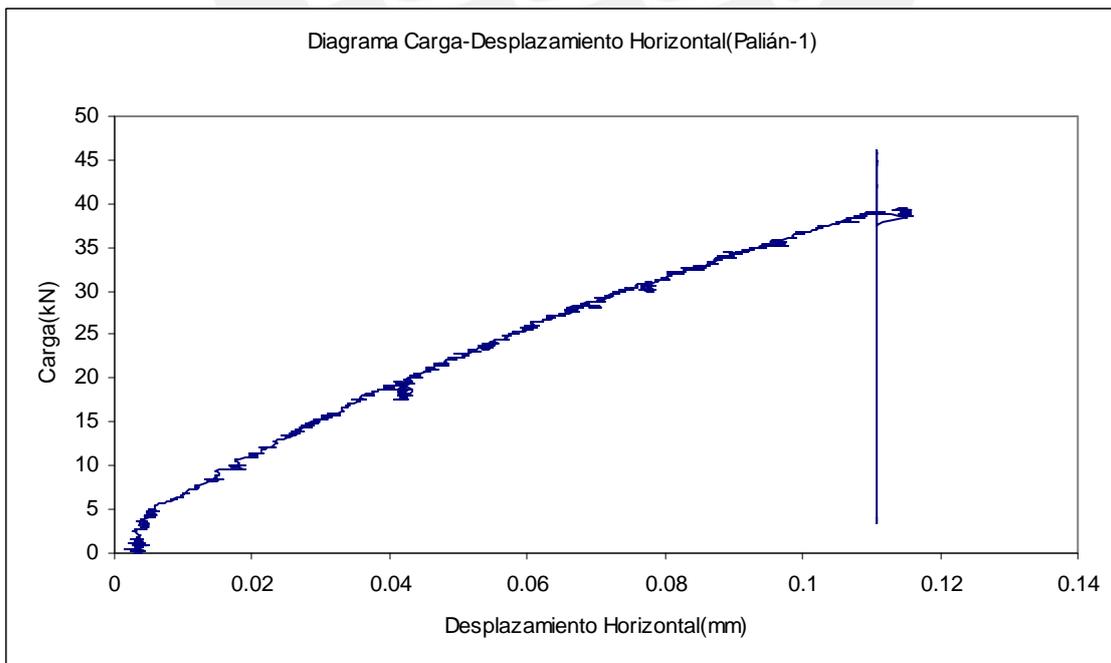
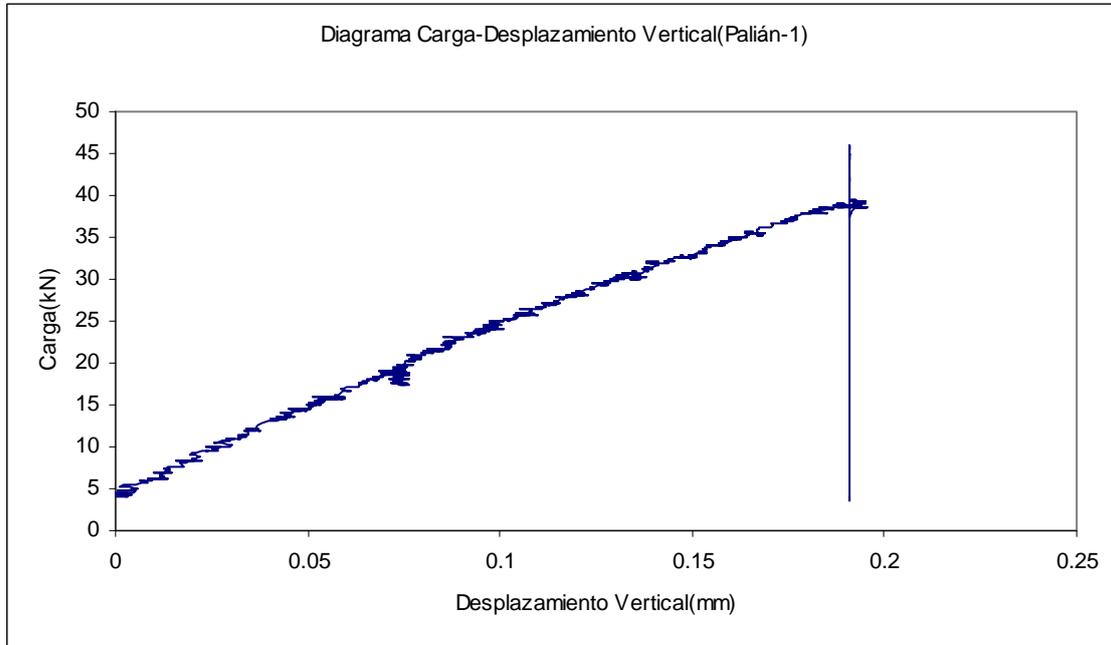


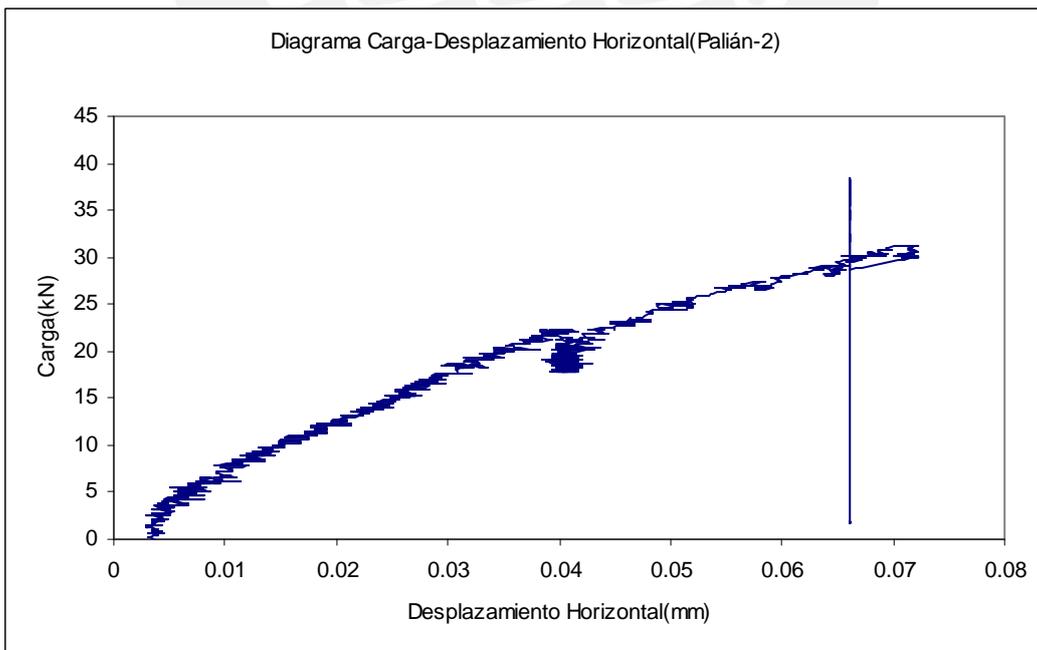
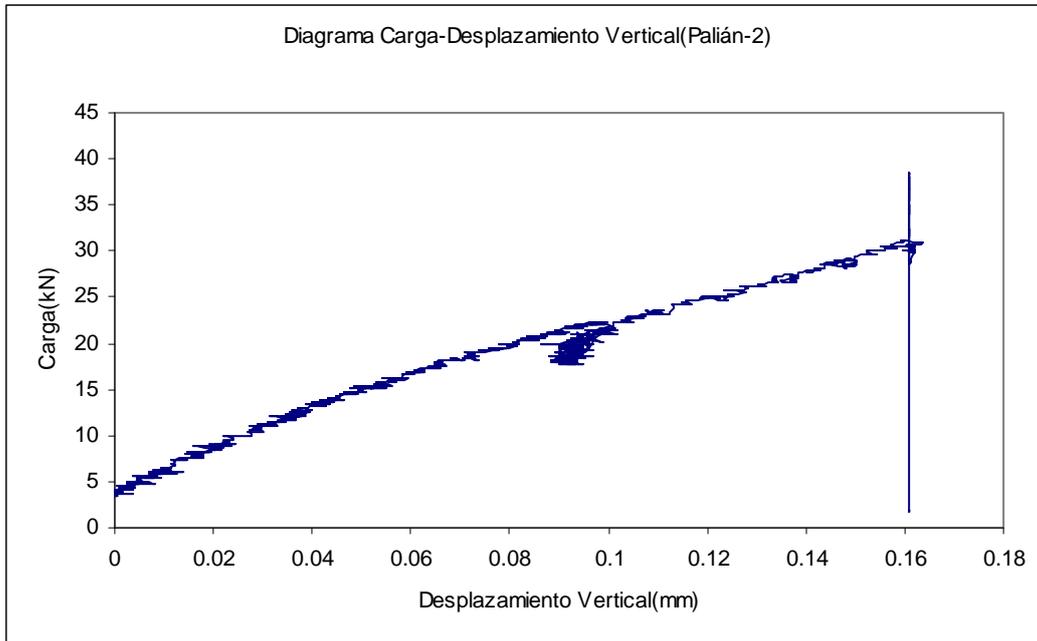


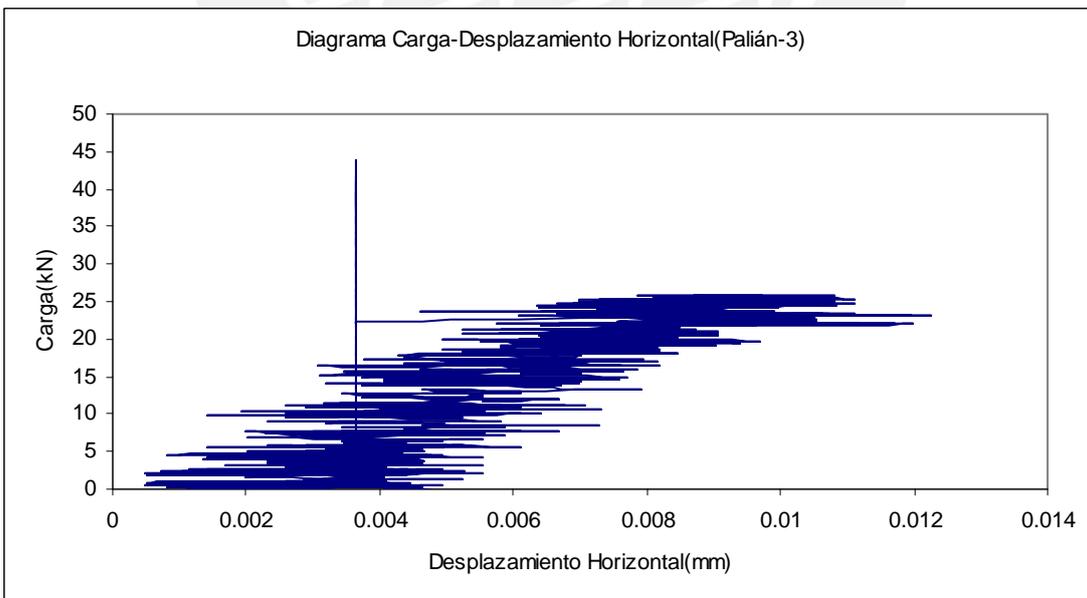
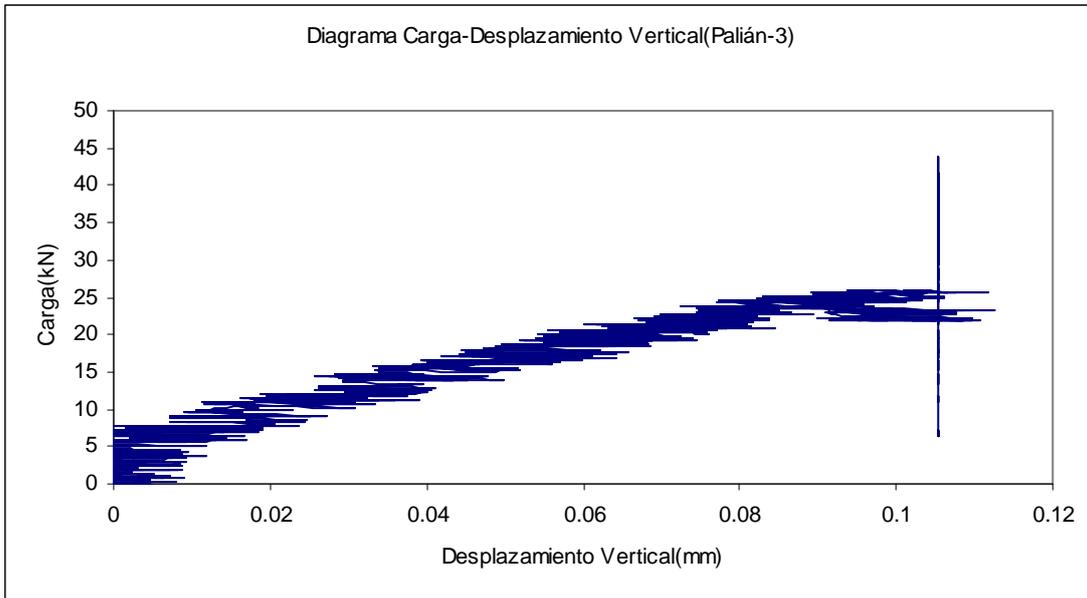


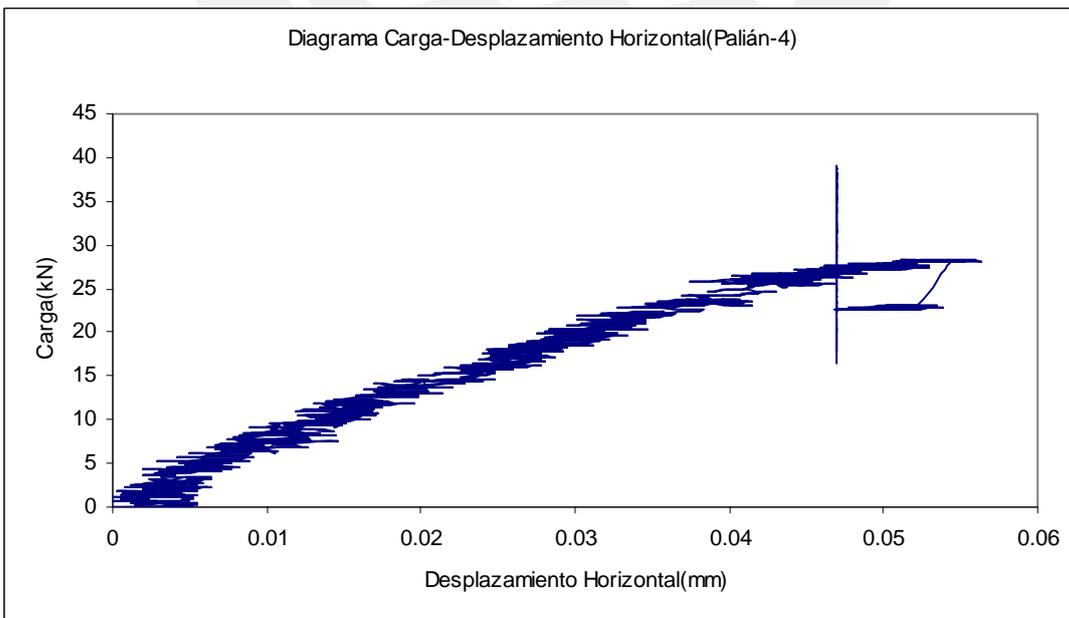
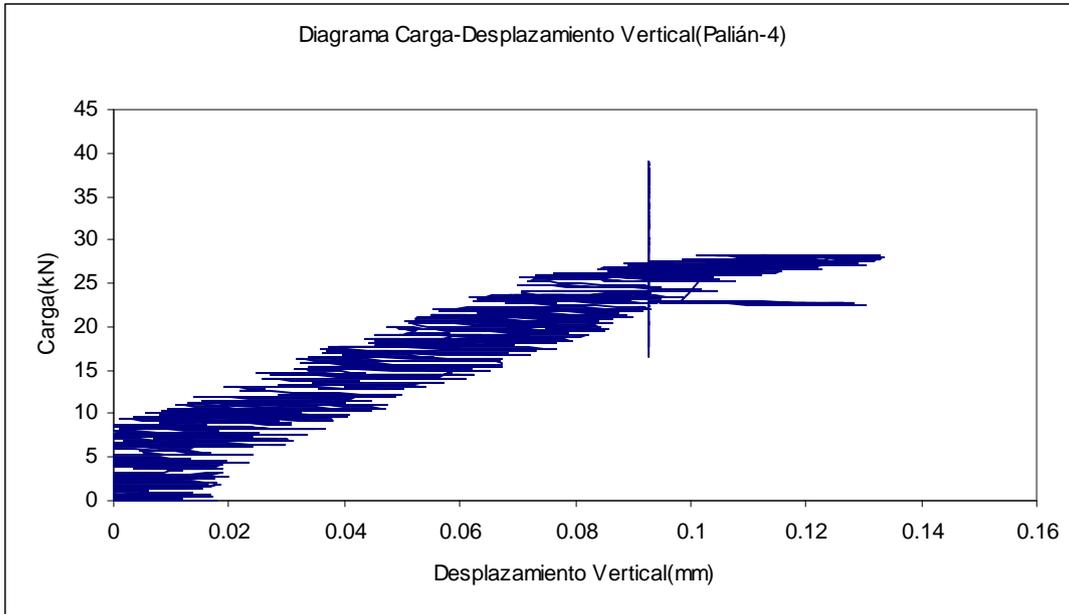


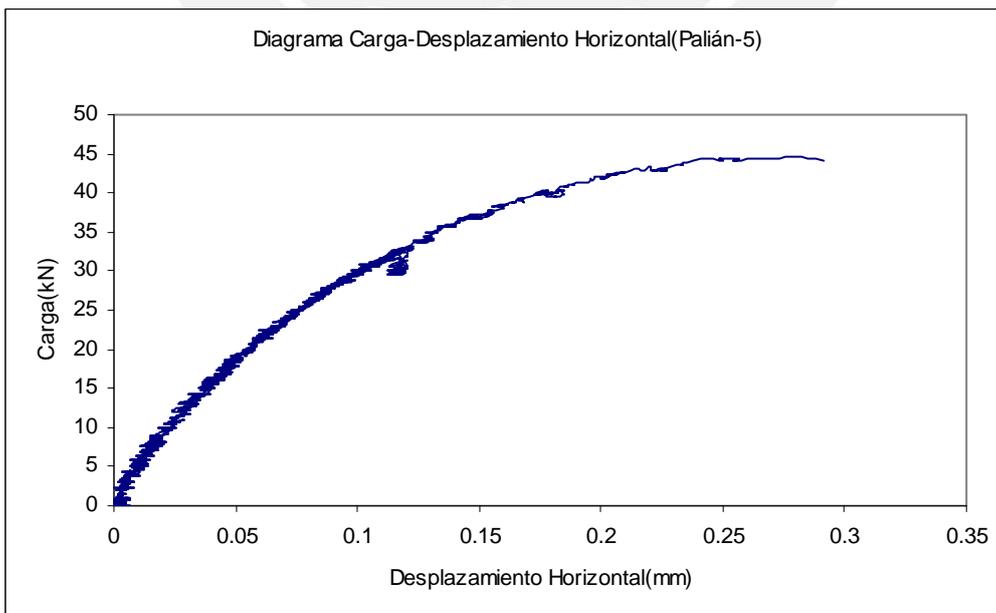
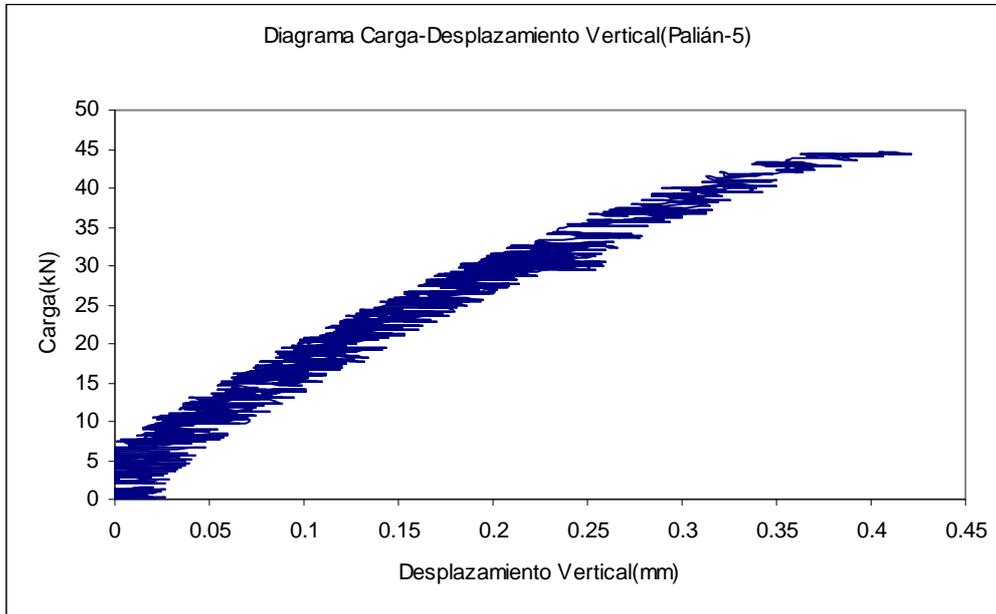
## ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE (MURETES) - PALIÁN



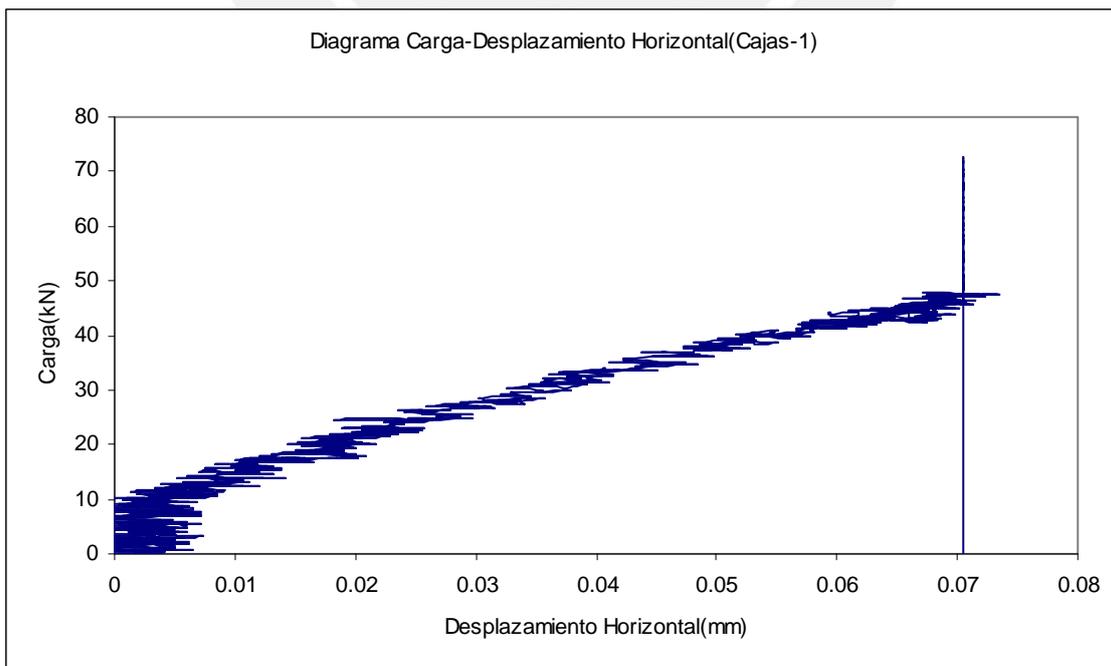
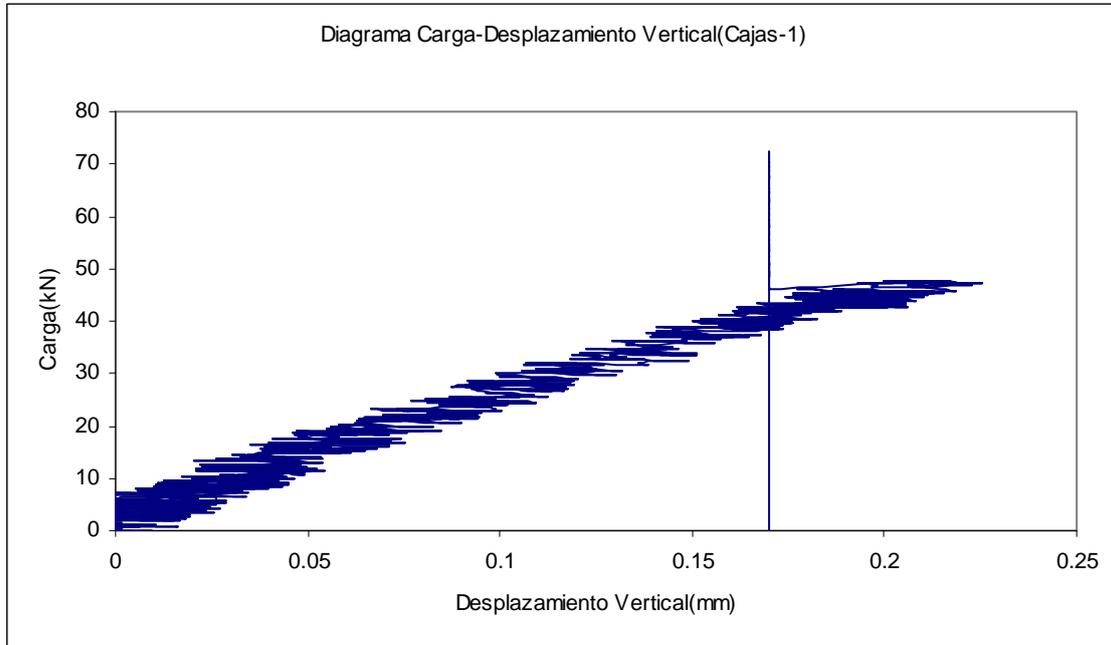


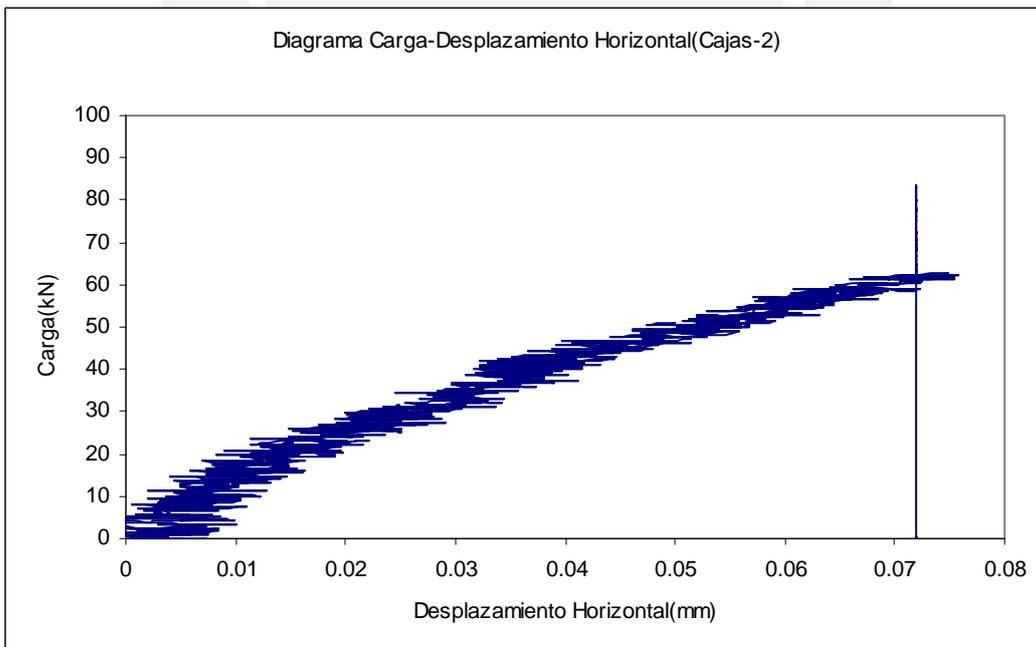
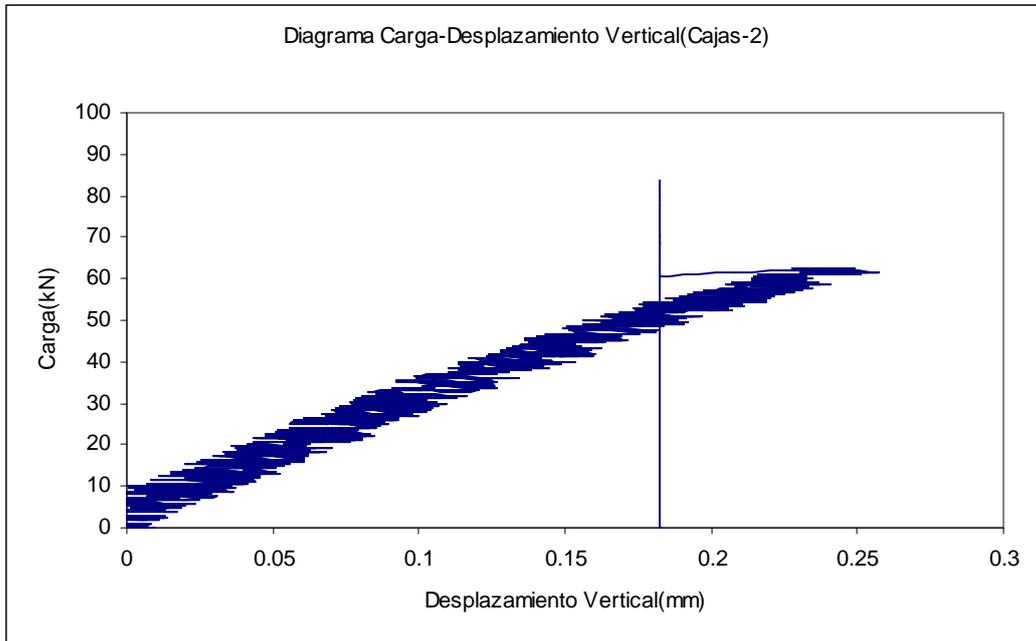


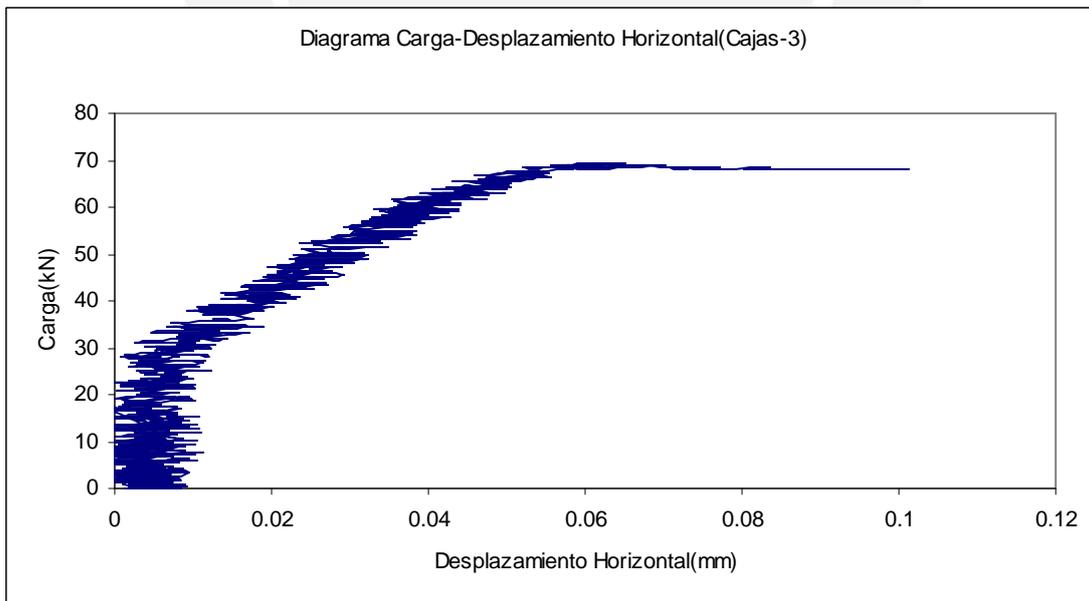
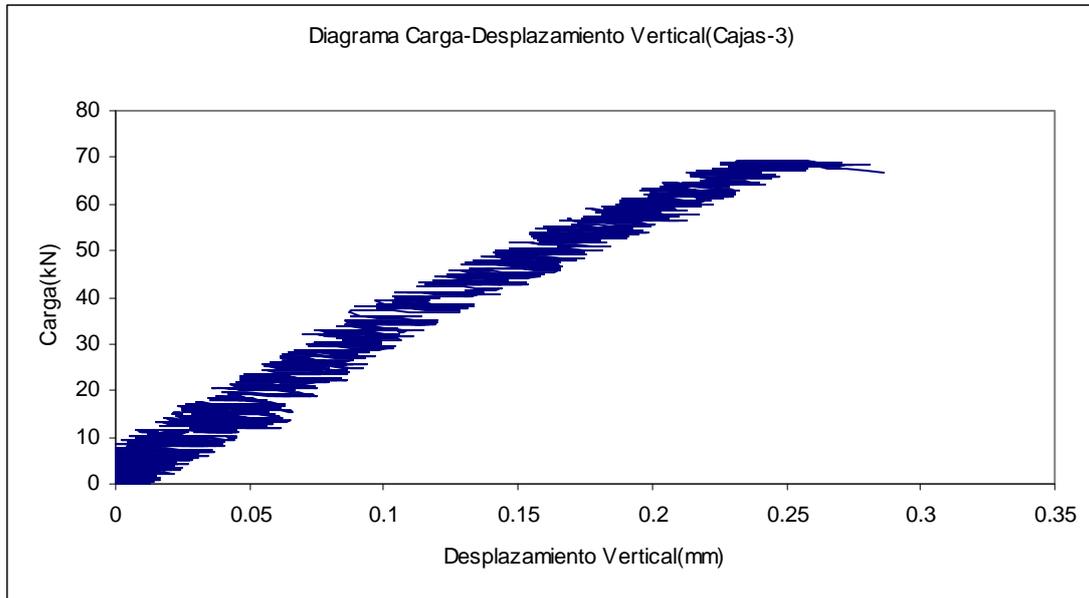


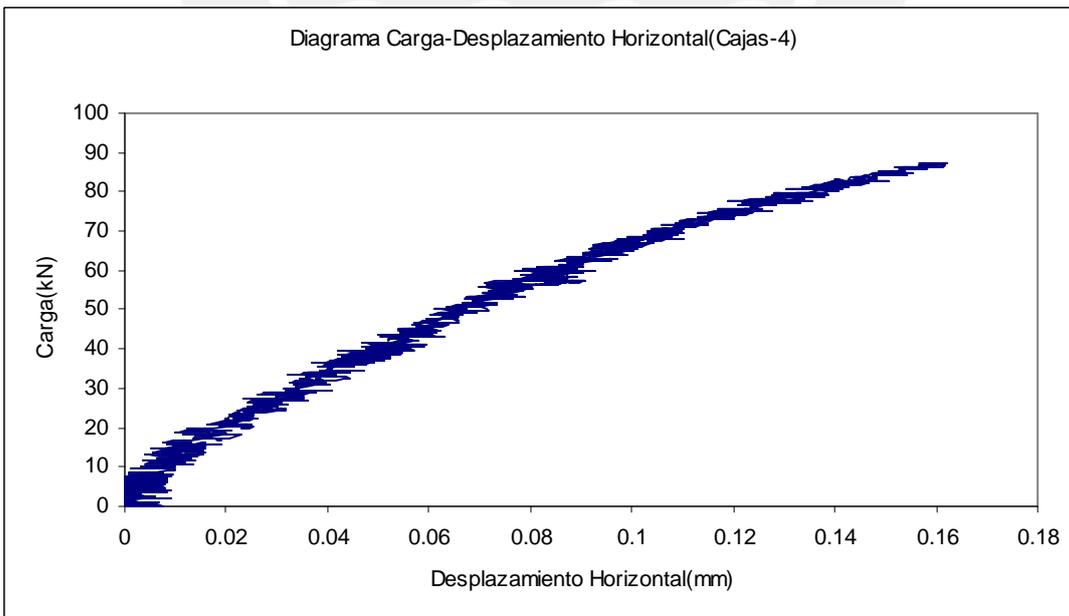
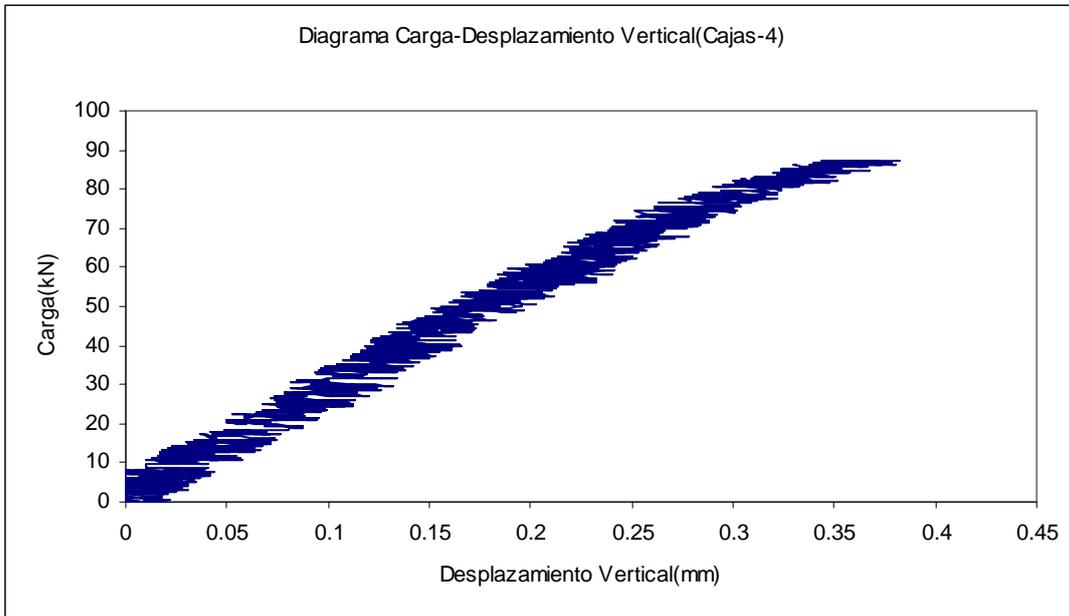


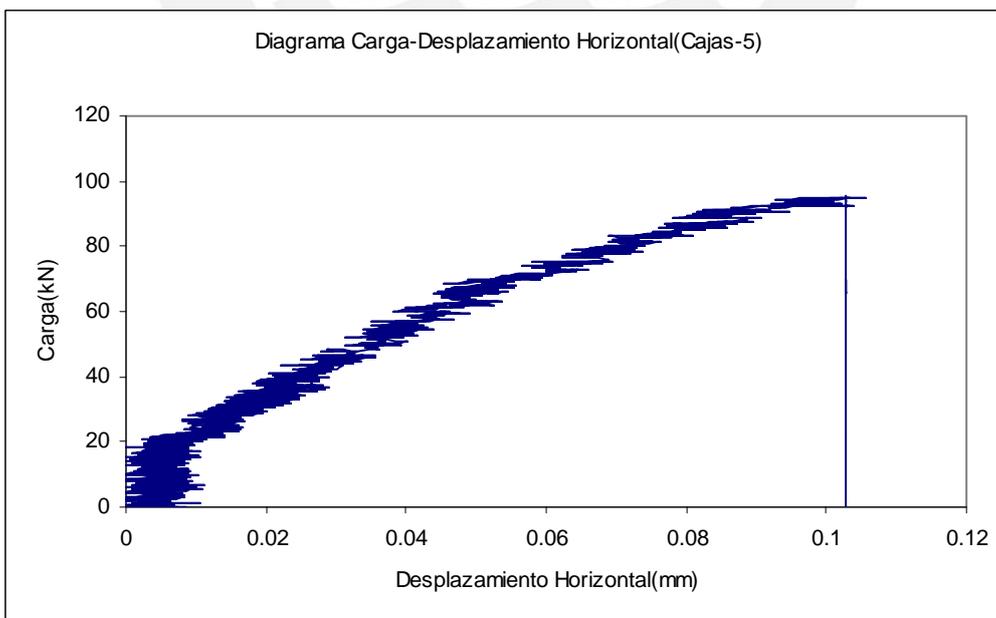
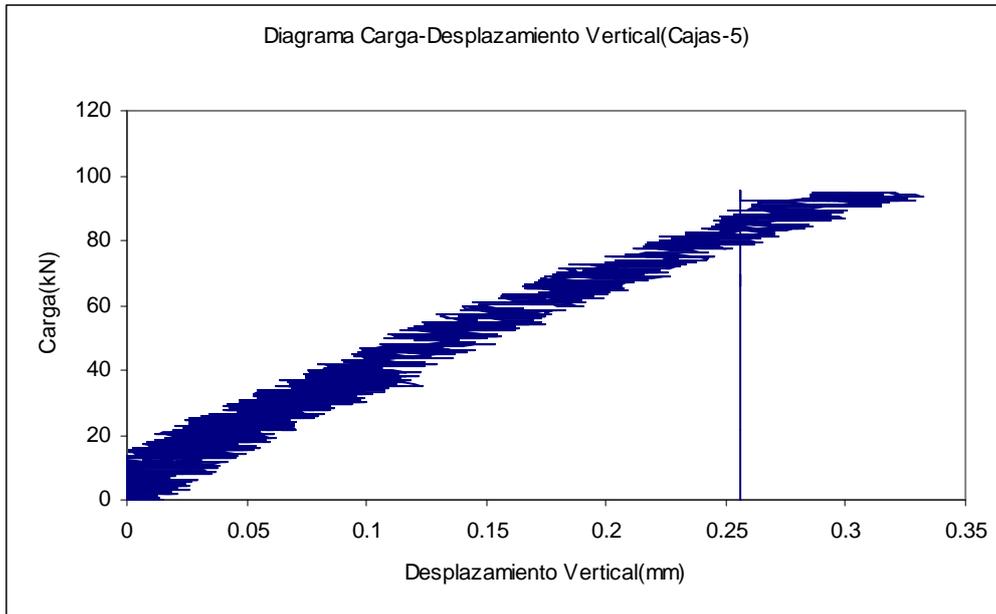
## ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE (MURETES) - CAJAS



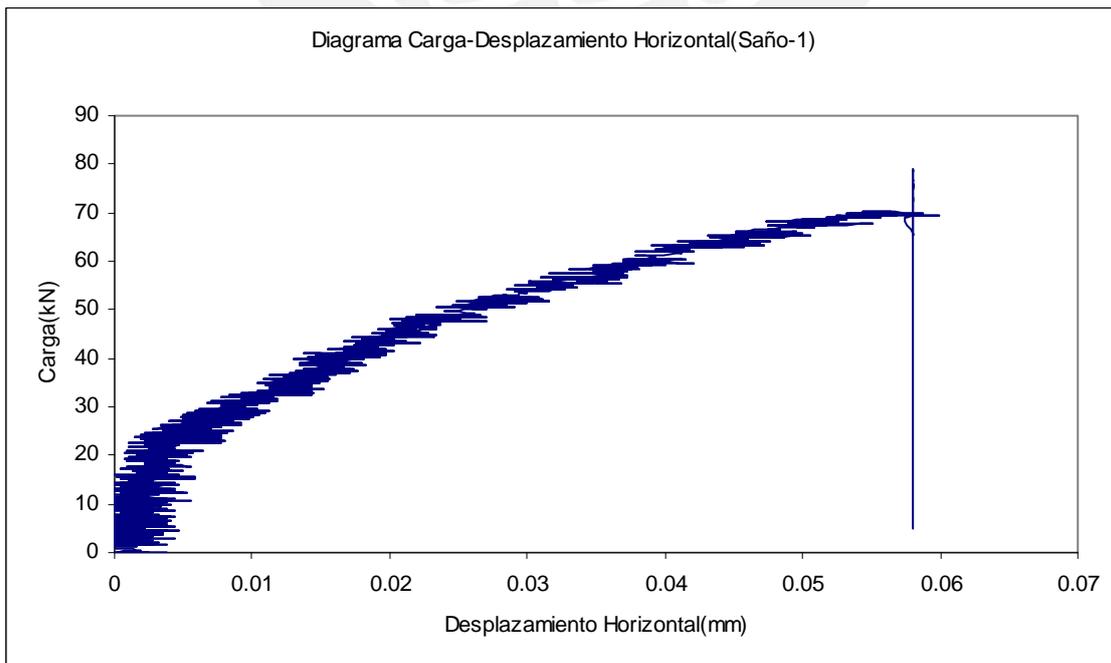
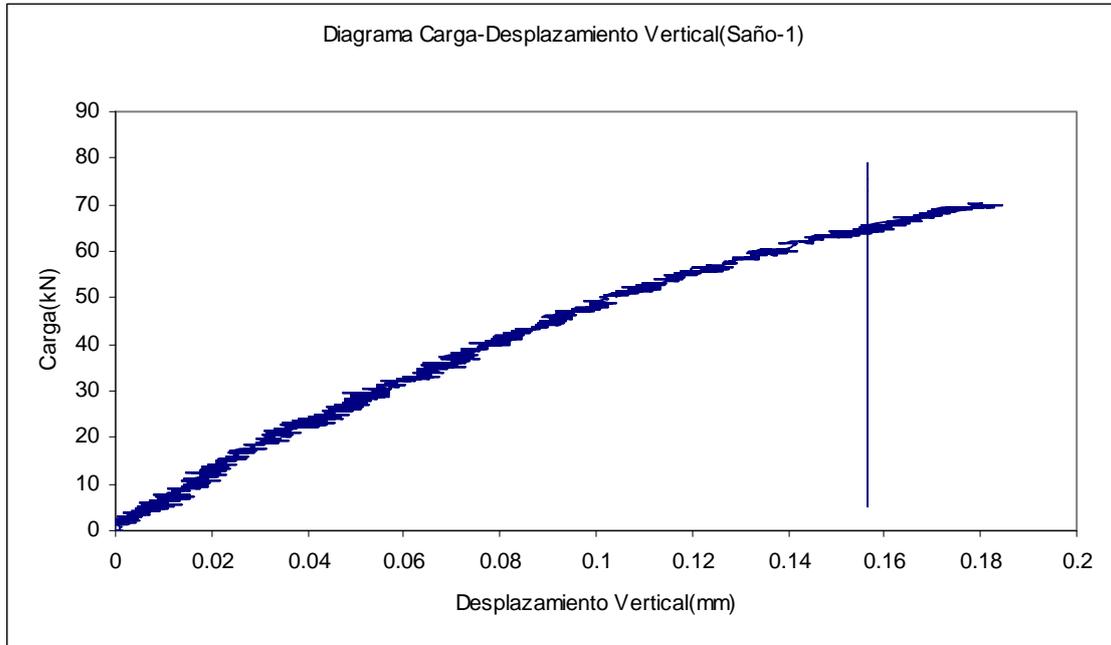


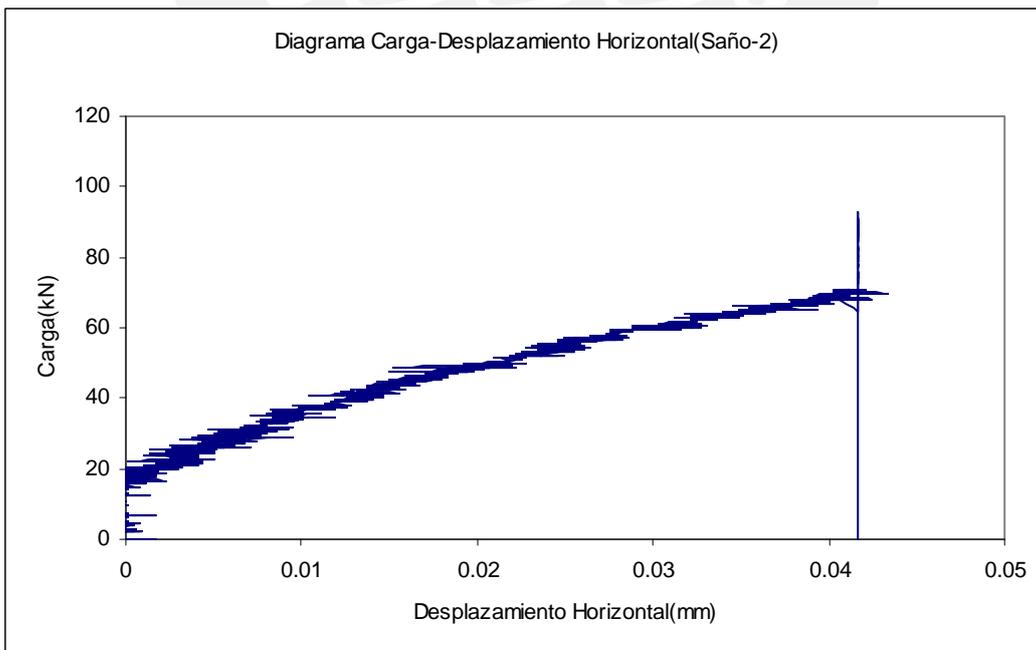
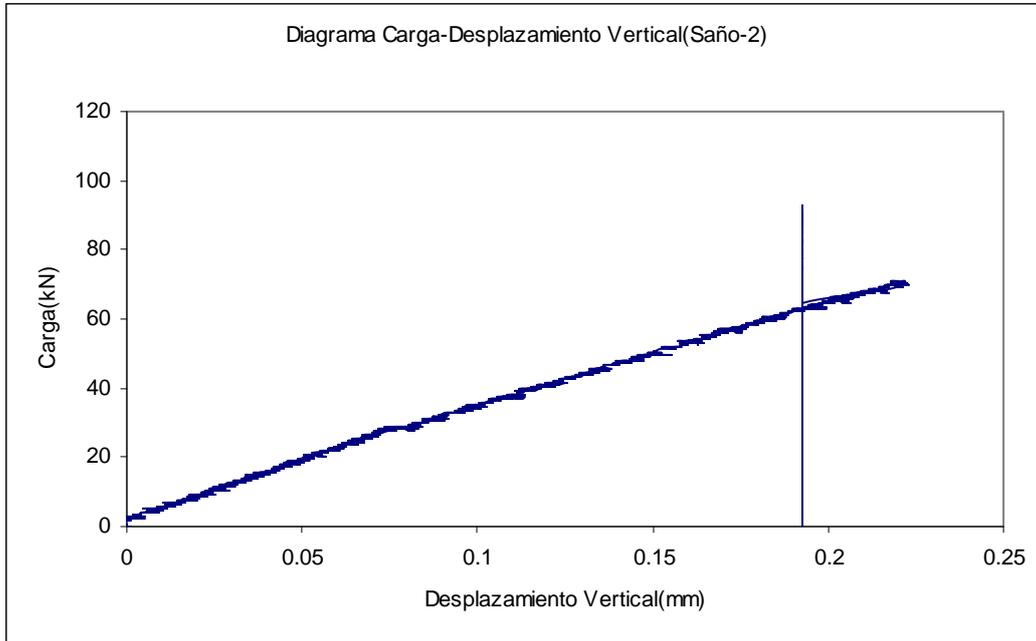


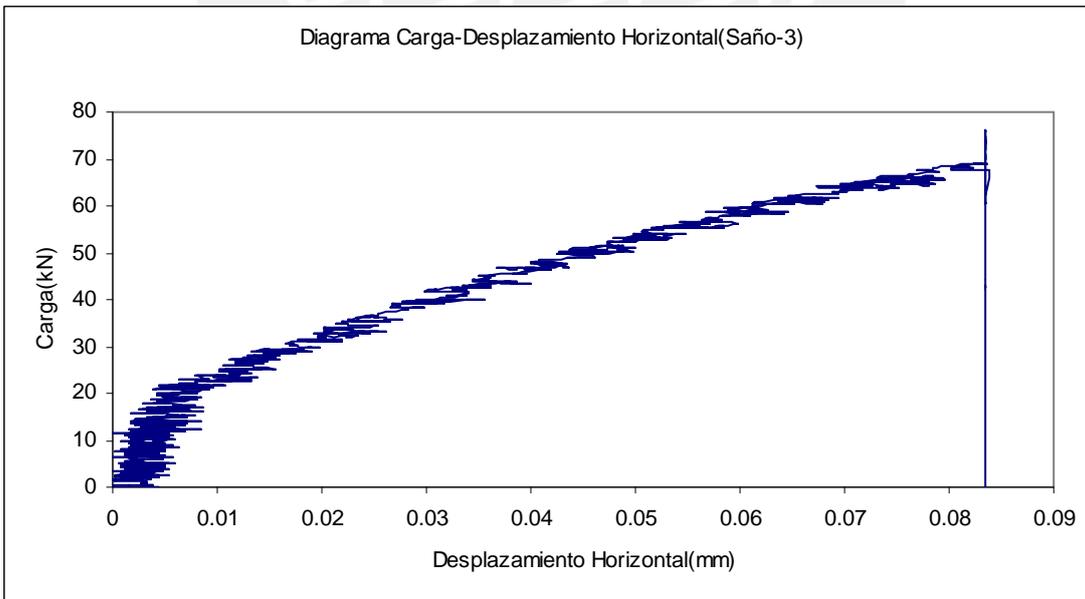
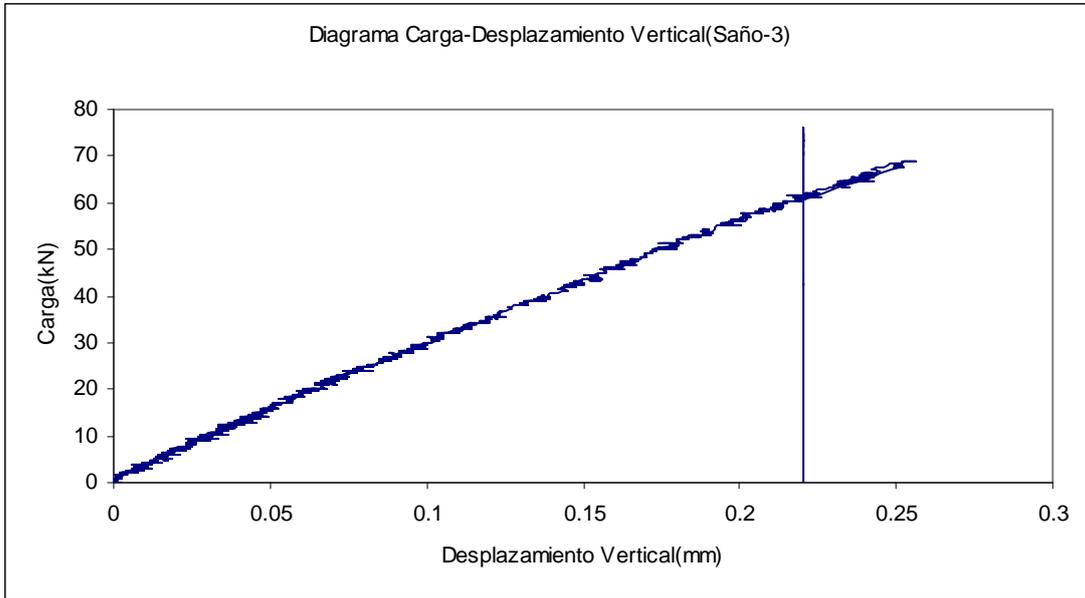


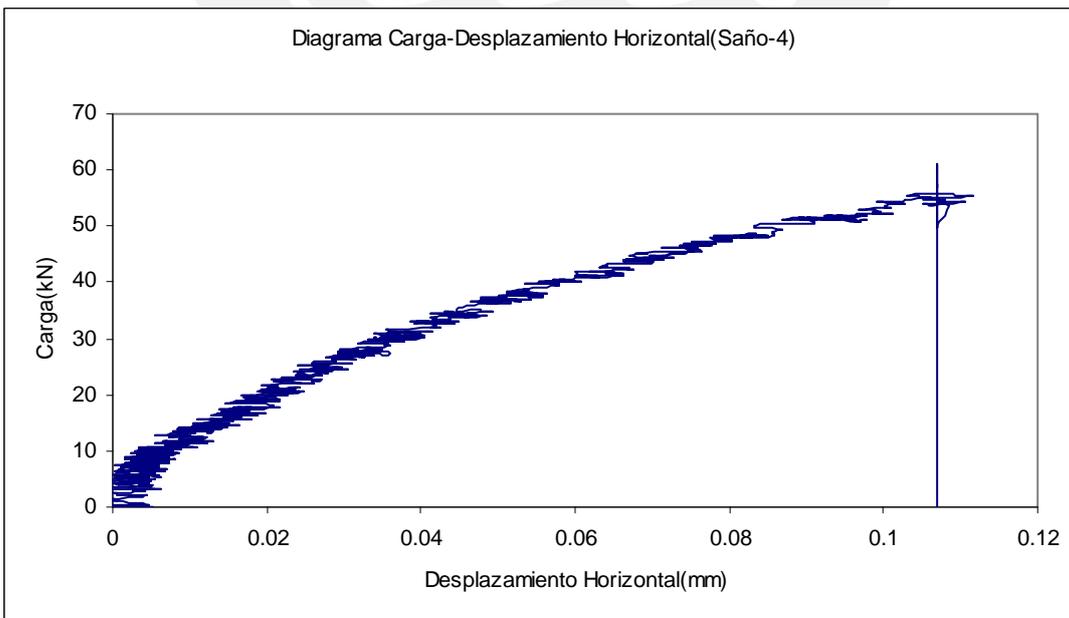
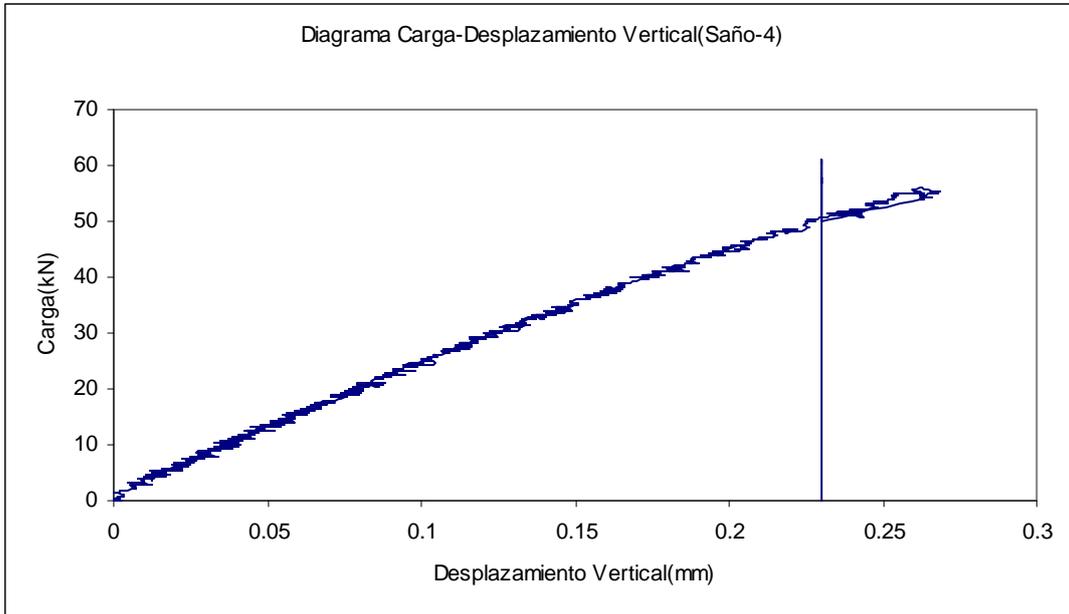


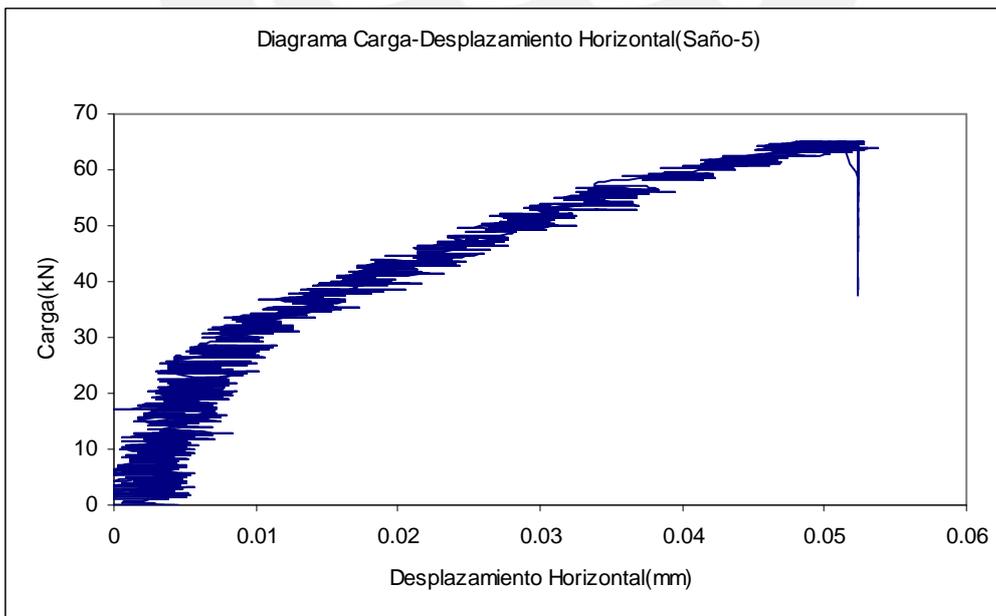
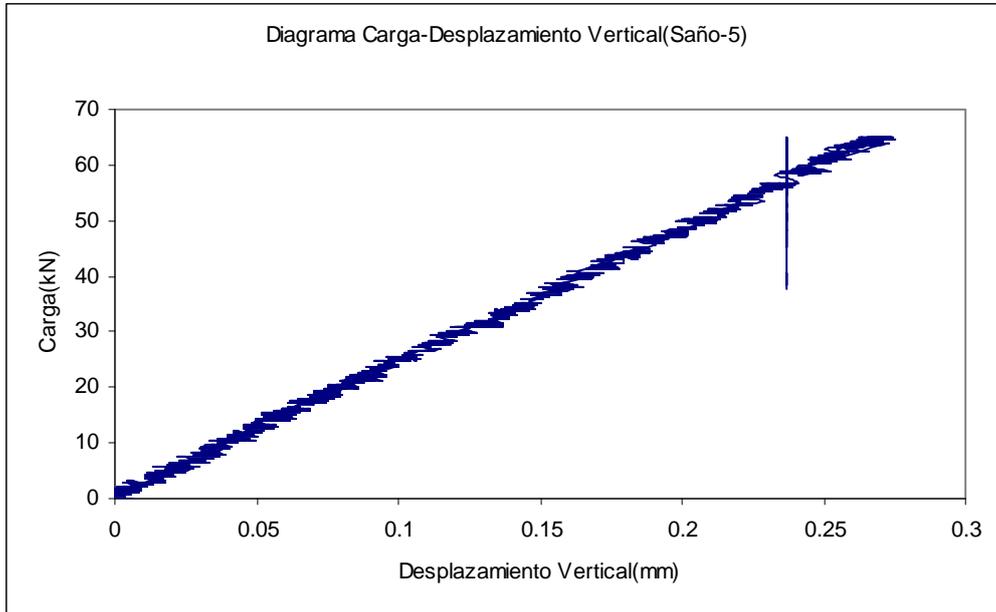
## ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE (MURETES) - SAÑO



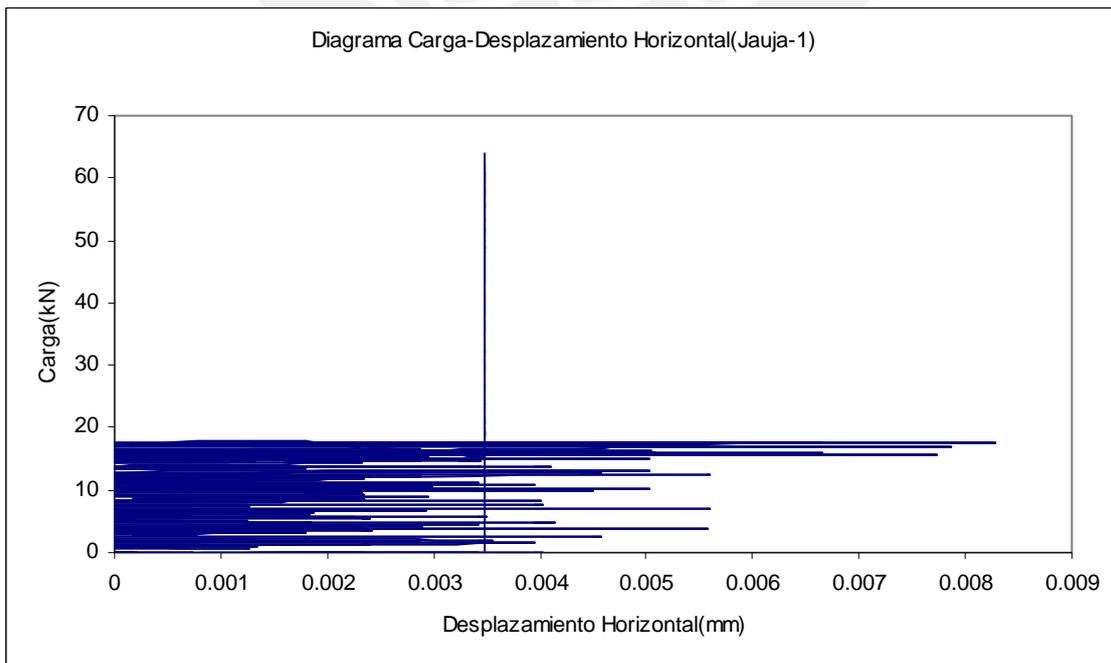
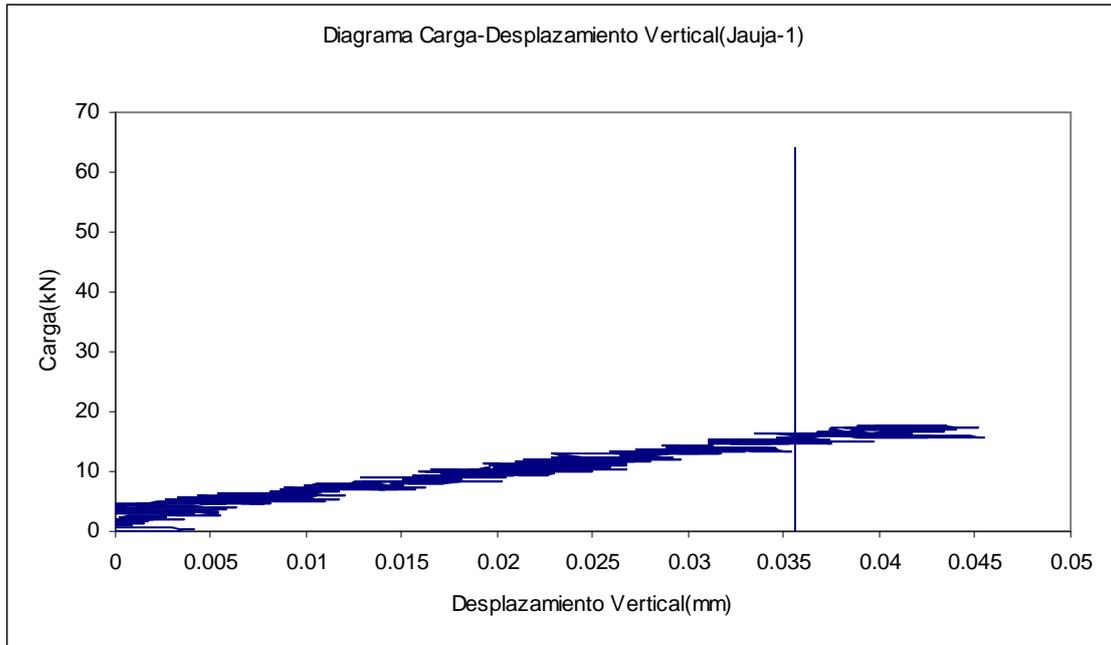


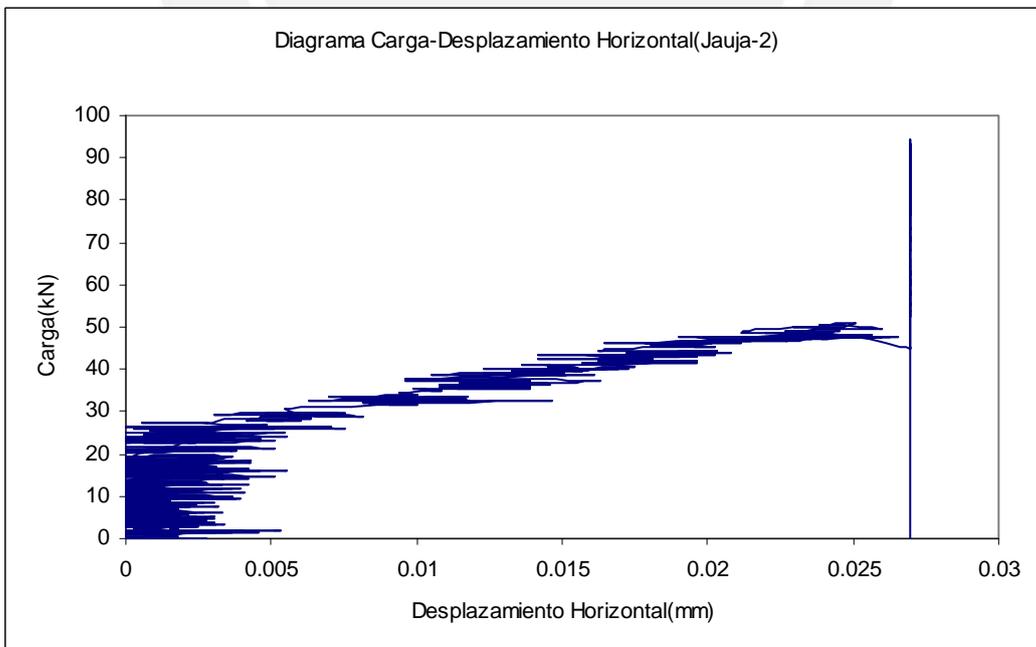
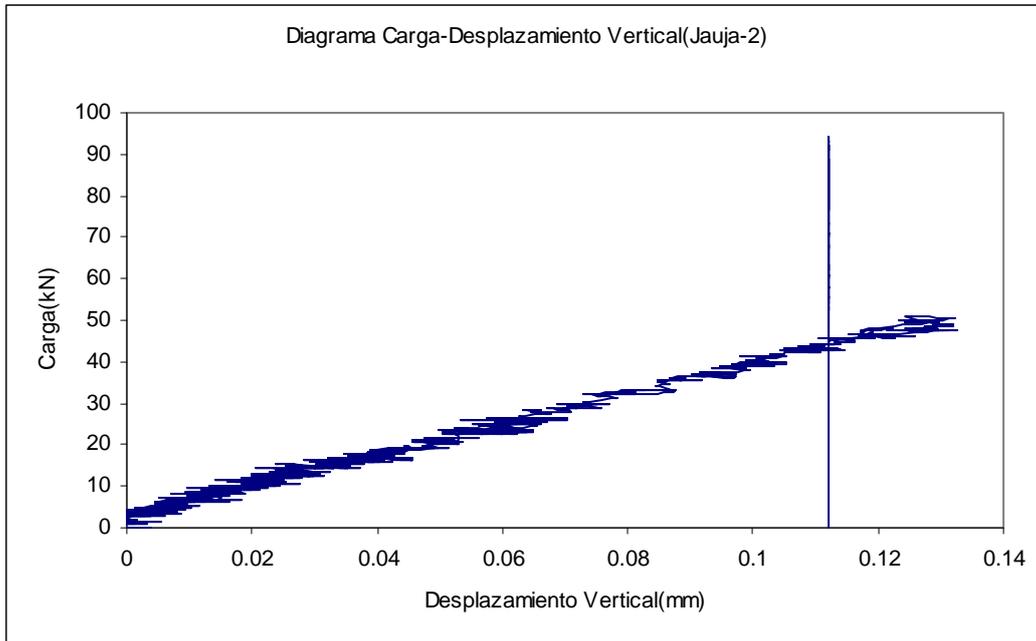


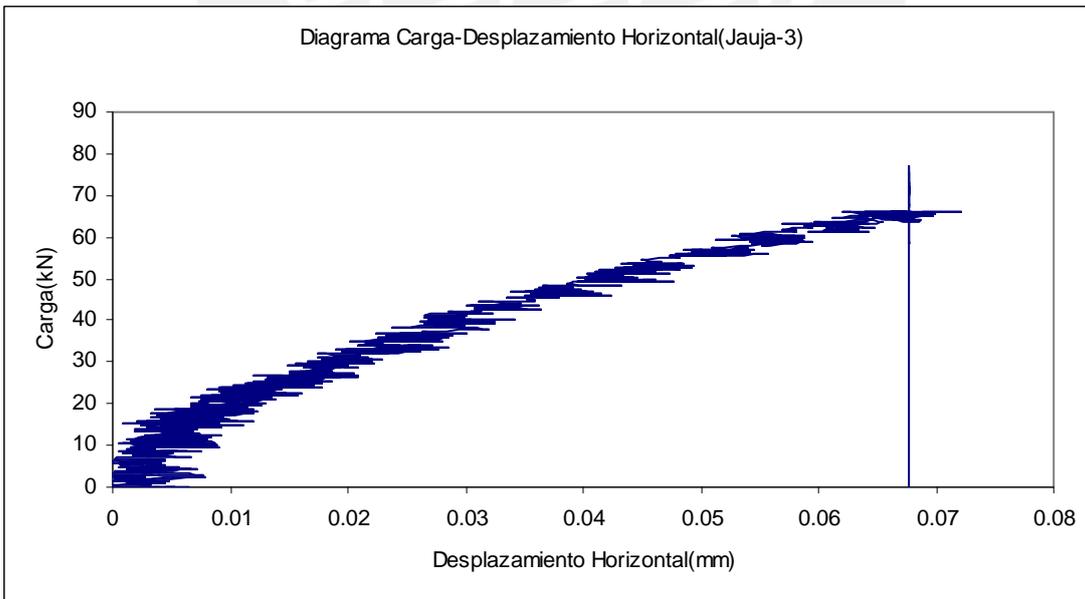
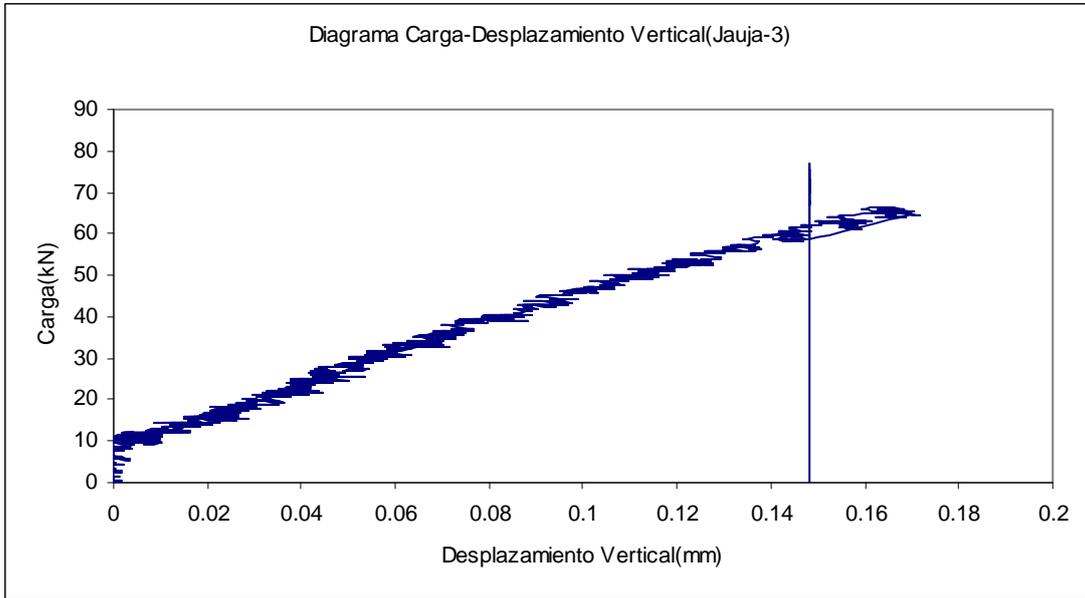


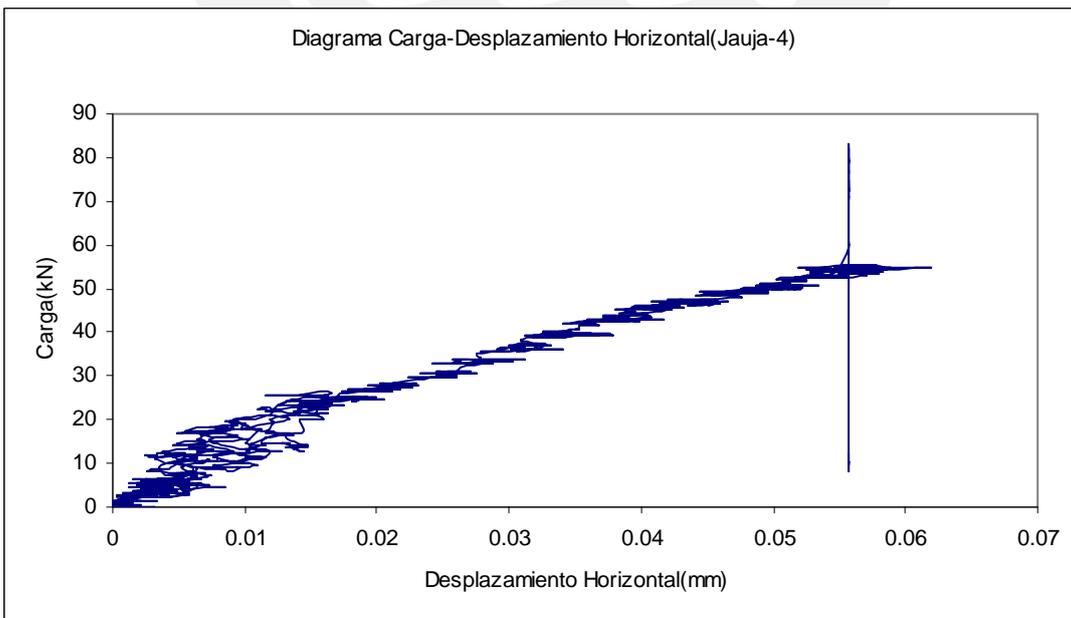
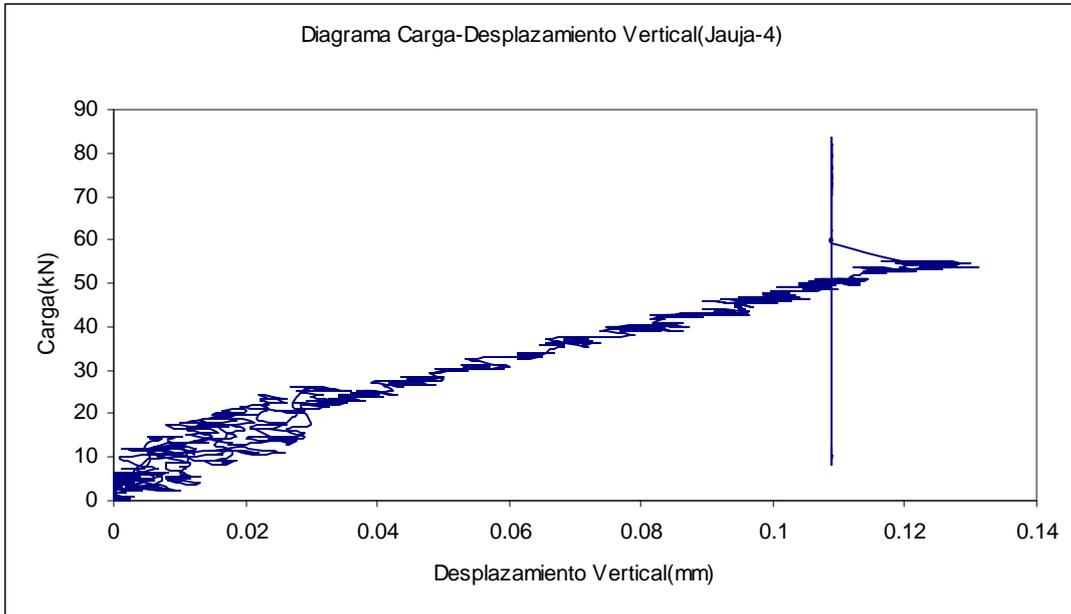


## ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE (MURETES) - JAUJA









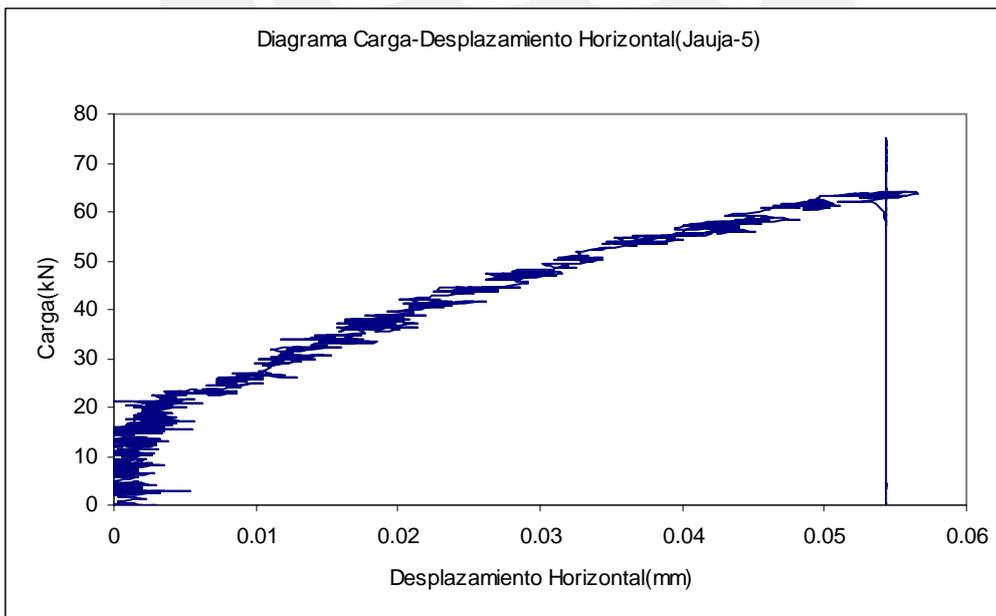
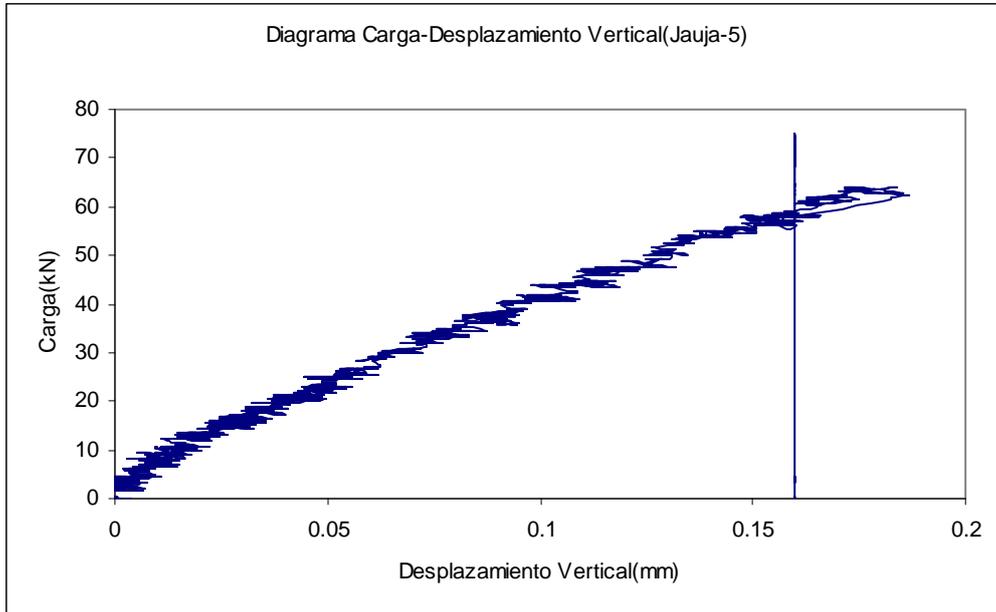




Tabla 1.2. Resultados de los ensayos de Suelos.

CANTERA	MUESTRA	LIMITE LIQUIDO (LL)	LIMITE PLASTICO (LP)	INDICE DE PLASTICIDAD	PESO ESPECÍFICO	CLASIFIC. SUCS
PALIAN	M-1	25	14	11	2.61	CL
	M-2	24	14	10	2.65	CL
	M-3	30	17	13	2.6	CL
	M-1,M-2,M-3	28	17	11	2.58	CL
CAJAS	M-1	30	19	11	2.67	CL
	M-2	32	21	11	2.65	CL
	M-3	43	22	21	2.58	CL
	M-1,M-2,M-3	31	18	13	2.54	CL
SAÑO	M-1	36	23	13	2.65	CL
	M-2	26	17	9	2.63	CL
	M-1,M-2	28	19	9	2.58	CL
JAUJA	M-1	51	25	26	2.6	CH
	M-2	20	16	4	2.67	CL-ML
	M-3	43	22	21	2.58	CL
	M-1,M-2,M-3	37	21	16	2.58	CL

