

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN
DIAGONAL Y EL MÓDULO DE CORTANTE DE LA
MAMPOSTERÍA DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO
ELABORADOS ARTESANALMENTE EN LA CIUDAD DE
CAJAMARCA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACHILLER: IDROGO SALAZAR, ELMER

ASESOR:

M. en I. HÉCTOR PÉREZ LOAYZA

CAJAMARCA - PERÚ
2015

AGRADECIMIENTO:

Primeramente doy gracias a Dios por la energía, la lucidez y el apoyo increíbles que recibí mientras desarrollaba esta investigación.

Gracias a mi madre y a mi padre, **Imelda Salazar y J. Héctor Idrogo**, por todo su amor y apoyo constante mientras me guiaban con cariño en mi viaje hacia el éxito personal. También quiero dar las gracias a mis hermanos Guillermo, Manuel, José, Eduar, Segundo, Miriam y Fredy, por su continuo apoyo y sugerencias para seguir adelante.

Deseo manifestar mi gratitud a mi asesor de tesis **M en I. Hector Perez Loayza**, por su apoyo continuo y desinteresado en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Agradezco a los docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, por guiarme, instruirme y formarme como profesional, al técnico del laboratorio de materiales por brindarme espacio de su tiempo para poder realizar los ensayos respectivos en las maquinas del laboratorio, y de esta manera desarrollar este trabajo de investigación.

Estoy muy agradecido a Lenin Zamora, Elmer Collantes, Ronald Barboza, Roberto Aquino y a todos mis amigos por su ayuda y sus valiosas sugerencias.

Gracias a todos...

DEDICATORIA:

Dedico esta investigación con todo mi amor y afecto a mi madre y a mi padre, **Imelda Salazar y J. Héctor Idrogo**, Además de ser modelos a seguir, son una bendición en mi vida, a mis hermanos, por su bondad e inteligencia de vida. Su cariño alegría y sabiduría brillan en cada line de estas páginas.

INDICE DE CONTENIDOS:

AGRADECIMIENTO:	i
DEDICATORIA:	ii
INDICE DE CONTENIDOS:	iii
INDICE DE TABLAS:	vi
INDICE DE IMÁGENES:	viii
INDICE DE GRÁFICOS:	x
RESUMEN:	xi
ABSTRACT:	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCION	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3. HIPÓTESIS	4
1.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES	4
1.5. OBJETIVOS	5
1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.7. ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	8
2.1. ANTECEDENTES	8
2.2. DEFINICIONES:	11
2.3. MARCO NORMATIVO	14
2.3.1. NORMA TÉCNICA PERUANA E-070	14
2.3.2. NORMA TÉCNICA PERUANA E-030	14
2.3.3. NORMAS TÉCNICAS PERUANAS (NTP)	14
2.3.4. BREVE HISTORIA DE LA MAMPOSTERÍA	15
2.3.5. CONSTRUCCIÓN DE ALBAÑILERÍA Y ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL	17
2.3.6. TIPOS DE ALBAÑILERÍA	17
2.3.7. COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA	18
2.3.8. SISTEMAS CON BLOQUES DE CONCRETO	20
2.3.9. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	32
2.3.10. TECNOLOGÍA MORTERO	34
2.3.11. PROPIEDADES DE LA ALBAÑILERÍA SIMPLE	38
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	49

3.1. MATERIALES Y EQUIPOS	49
3.2. MÉTODOS	50
3.2.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	50
3.2.2. ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO.	51
3.2.3. ENSAYOS PRISMAS DE ALBAÑILERÍA DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO	62
3.2.4. AGREGADO FINO PARA MORTERO.....	69
3.2.5. AGUA	82
3.2.6. CEMENTO	83
3.2.7. MORTERO	83
3.2.8. DISEÑO ANALITICO DEL MORTERO	83
3.2.9. ENSAYOS EN CUBOS DE MORTERO	83
3.2.10. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL MORTERO.....	83
CAPÍTULO IV: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	85
4.1. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ENSAYADAS	85
4.1.1. ANALISIS DE ENSAYOS CLASIFICATORIOS EN BLOQUES HUECOS DE CONCRETO	85
4.1.2. ANALISIS DE ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS EN BLOQUES HUECOS DE CONCRETO	88
4.2. ANALISIS DE LOS PRISMAS DE ALBAÑILERIA.....	90
4.2.1. ANALISIS DE LOS ENSAYOS EN PILAS.....	90
4.2.2. ANALISIS DE LOS ENSAYOS EN MURETES	94
4.3. ANALISIS DEL MORTERO.....	98
4.4. ANÁLISIS DE COSTOS	100
4.5. CONTRASTE DE LA HIPOETESIS	102
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
5.1. CONCLUSIONES.....	103
5.2. RECOMENDACIONES.	104
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
CAPÍTULO VII: ANEXOS	107
7.1. ANEXO I: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BLOQUES HUECOS DE CONCRETO	107

7.2. ANEXO II: RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y MODULO DE ELASTICIDAD EN PILAS DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO.....	117
7.3. ANEXO III: RESULTADOS DE COMPRESION DIAGONAL Y MODULO DE CORTE EN MUERETES DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO	120
7.4. ANEXO IV: CURVA CARACTERISTICAS DE ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA DE PILAS DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO	122
7.5. ANEXO V: CURVA CARACTERISTICAS DE ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA DE MURETES DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO.....	126
7.6. ANEXO VI: PROPIEDADE FISICAS Y MECANICAS DEL AGREGADO PARA MORTERO	130
7.7. ANEXO VII: DISEÑO ANALÍTICO DEL MORTERO.....	134
7.8. ANEXO VIII: ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE LAS PROBETAS DE MORTERO.....	136
7.9. ANEXO IX: FICHA TECNICA DEL CEMENTO UTILIZADO PARA MORTERO.	137
7.10. ANEXO X: PANEL FOTOGRÁFICO	138

INDICE DE TABLAS:

Tabla N° 1: Operacionalización de variables	4
Tabla N° 2: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	33
Tabla N° 3: Requisitos de resistencia de bloques de concreto para uso no estructural	34
Tabla N° 4: Requisitos de resistencia y absorción de los bloques de concreto para uso estructural	34
Tabla N° 5: Granulometría de la arena gruesa.....	36
Tabla N° 6: Tipos de mortero, NTP E- 070.....	36
Tabla N° 7: Incremento de $f'm$ y $v'm$ por edad	38
Tabla N° 8: Factor de corrección de altura a espesores para resistencia a compresión de prismas de mampostería	40
Tabla N° 9: Factores de corrección $f'm$ por esbeltez.....	40
Tabla N° 10: Resistencias características de la albañilería MPa (Kg/cm ²).....	47
Tabla N° 11: Ubicación geográfica de la investigación	50
Tabla N° 12: Ubicación geográfica de la fábrica de los bloques de concreto.	51
Tabla N° 13: Características de los bloques huecos de concreto según el fabricante	53
Tabla N° 14: Factor de corrección de altura a espesores para resistencia a compresión de prismas de mampostería	63
Tabla N° 15: Ubicación geográfica de la Cantera “La Victoria”	69
Tabla N° 16: Medidas de las muestras de campo requeridas para los ensayos	71
Tabla N° 17: Cantidad mínima de muestra para partículas menores al tamiz N° 200.....	72
Tabla N° 18: Granulometría de la arena gruesa.....	74
Tabla N° 19: Límites permisibles para el agua de mezcla.....	82
Tabla N° 20: Resultados de variación dimensional en bloques huecos de concreto (BC-12)	85
Tabla N° 21: Resultados de variación dimensional en bloques huecos de concreto (BC-14)	86
Tabla N° 22: Resultados del ensayo de alabeo en bloques huecos de concreto.	86
Tabla N° 23: Promedio de resultados del ensayo de resistencia a la compresión en bloques huecos de concreto respecto al área bruta promedio (BC-12)	87
Tabla N° 24: Promedio de resultados del ensayo de resistencia a la compresión en bloques huecos de concreto respecto al área bruta promedio (BC-14)	87
Tabla N° 25: Promedio de resultados del ensayo de absorción en bloques huecos de concreto.	88
Tabla N° 26: Promedio de resultados del ensayo de succión en bloques huecos de concreto respecto a la cara superior de asiento.....	90
Tabla N° 27: Promedio de resultados del ensayo de succión en bloques huecos de concreto respecto a la cara inferior de asiento.....	90
Tabla N° 28: Promedio de resultados del ensayo de succión en bloques huecos de concreto respecto a la cara lateral de asiento.....	90

Tabla N° 29: Promedio de resultados del ensayo de la resistencia a compresión en pilas, elaboradas con bloques huecos de concreto respecto al área bruta.	91
Tabla N° 30: Promedio de resultados del ensayo del módulo de elasticidad en pilas, elaboradas con bloques huecos de concreto respecto a la cara lateral de asiento	94
Tabla N° 31: Promedio de resultados del ensayo en muretes en la maquina universal.....	95
Tabla N° 32: comparación de la resistencia diagonal calculada en los ensayos, con la fórmula propuesta por la norma E.070.	96
Tabla N° 33: Determinación de módulo de corte en muretes de bloques huecos de concreto.	97
Tabla N° 34: Determinación de la resistencia a compresión simple en probetas de mortero.	99
Tabla N° 35: Mortero en muretes de bloques de concreto	100
Tabla N° 36: Precio de bloques	101
Tabla N° 37: Costo por m2 para asentado de bloques de concreto BC12 (12x19x39cm), mortero 1:4 x 1.2cm.....	101
Tabla N° 38: Costo por m2 para asentado de bloques de concreto BC14 (14x19x39cm), mortero 1:4 x 1.2cm de junta.....	101
Tabla N° 39: Variación dimensional de los bloques huecos de concreto (BC-12)	107
Tabla N° 40: Variación dimensional de los bloques huecos de concreto (BC-14)	108
Tabla N° 41: Datos de alabeo de bloques huecos de concreto (BC-12).....	109
Tabla N° 42: Datos de alabeo de bloques huecos de concreto (BC-14).....	110
Tabla N° 43: Resultados obtenidos del ensayo de absorción y densidad en los bloques huecos de concreto (BC-12)	111
Tabla N° 44: Resultados obtenidos del ensayo de absorción y densidad en los bloques huecos de concreto (BC-12)	112
Tabla N° 45: Resultados del ensayo de succión en bloques huecos de concreto (BC-12)	113
Tabla N° 46: Resultados del ensayo de succión en bloques huecos de concreto (BC-14)	114
Tabla N° 47: Resultados del ensayo de compresión en bloques huecos de concreto (B C-12).....	115
Tabla N° 48: Resultados del ensayo de compresión en bloques huecos de concreto (BC-14).....	116
Tabla N° 49: Resultados de resistencia a la compresión axial en pilas de bloques huecos de concreto (BC-12)	117
Tabla N° 50: Modulo de Elasticidad en pilas de bloques huecos de concreto (BC-12)..	118
Tabla N° 51: Resultados de resistencia a la compresión axial en pilas de bloques huecos de concreto (BC-14)	118
Tabla N° 52: Modulo de Elasticidad en pilas de bloques huecos de concreto (BC-14)..	119
Tabla N° 53: Compresión diagonal en muretes de bloques huecos de concreto (BC-12)	120
Tabla N° 54: Compresión diagonal en muretes de bloques huecos de concreto (BC-14)	120
Tabla N° 55: Módulo de Corte en muretes de bloques huecos de concreto (BC-12).....	121
Tabla N° 56: Modulo de Corte en muretes de bloques huecos de concreto (BC-14).....	121

Tabla N° 57: Datos de esfuerzo y deformación unitaria pila PBC12-02.....	122
Tabla N° 58: Datos de esfuerzo y deformación unitaria pila PBC14-06.....	124
Tabla N° 59: Datos de esfuerzo y deformación unitaria vertical y horizontal murete MBC12-06	126
Tabla N° 60: Datos de esfuerzo y deformación unitaria vertical y horizontal murete MBC14-05	128
Tabla N° 61: Ensayos de partículas menores al tamiz N° 200 - agregado fino	130
Tabla N° 62: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado fino.	130
Tabla N° 63: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado fino.	131
Tabla N° 64: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado fino.	131
Tabla N° 65: Densidad relativa de la arena fina.	132
Tabla N° 66: Peso específico del agua par ensayo de peso unitario del agregado fino....	133
Tabla N° 67: Factor agua para ensayo de peso unitario del agregado fino	133
Tabla N° 68: Masa por unidad de volumen del agregado fino en estado seco suelto	133
Tabla N° 69: Masa por unidad de volumen del agregado fino, en estado seco compactado	133
Tabla N° 70: ensayo a compresión axial de las probetas de mortero.	136

INDICE DE IMÁGENES:

Imagen N° 1: Mesa vibradora y molde metálico	30
Imagen N° 2: Prisma (pila) estándar para el ensayo de compresión.	39
Imagen N° 3: Esfuerzos que se generan la unidad y el mortero por la carga P.....	42
Imagen N° 4: Esfuerzos que se generan ante la carga a compresión diagonal.	44
Imagen N° 5: Cálculo de la resistencia unitaria a corte puro.	45
Imagen N° 6: Tipos de fallas en muretes de mampostería sujetos a compresión diagonal.	46
Imagen N° 7: Fotografía satelital de la ubicación de la investigación.	50
Imagen N° 8: Fotografía satelital de la ubicación de la fábrica de los bloques de concreto que se emplearon en la investigación.	52
Imagen N° 9: selección de bloques de concreto para investigación.	53
Imagen N° 10: Medición de las dimensiones del bloque de concreto.	55
Imagen N° 11: Determinación del alabeo en bloque de concreto.	56
Imagen N° 12: Registro del peso saturado superficialmente seco y secado en el horno de los bloques huecos de concreto a 110 +5 °C.	58
Imagen N° 13: Peso del bloque seco al horno, recipiente y varillas para ensayo de succión de bloques huecos de concreto.	60
Imagen N° 14: Ensayo de resistencia a la compresión del bloques huecos de concreto. ..	62
Imagen N° 15: Refrentado y ensayo de resistencia a compresión axial en pilas.....	65
Imagen N° 16: Medición y colocación de los muretes a la maquina universal, después de 28 días de ser construidos.	69
Imagen N° 17: Fotografía satelital de la ubicación de la cantera del agregado fino para mortero.....	70

Imagen N° 18: Selección de agregado fino para ensayo y Cuarteo de la muestra de agregado fino.	71
Imagen N° 19: Tipos de fallas en pilas (PBC-12) elaborados con bloques huecos de concreto.	92
Imagen N° 20: Tipos de fallas en pilas (PBC-14) elaborados con bloques huecos de concreto.	93
Imagen N° 21: En las imágenes se muestran los muretes (MBC-12) ensayados y sus tipos de fallas que se produce.	97
Imagen N° 22: En las imágenes se muestran los muretes (MBC-14) ensayados y sus tipos de fallas que se produce.	97
Imagen N° 23: En las imágenes se muestran las 20 probetas cubicas de mortero a ensayar.	99
Imagen N° 24: En la imagen se observa la visita a la fábrica, así como la dosificación de materiales para la elaboración de los bloques huecos de concreto.	138
Imagen N° 25: En la imagen se observa la mesa vibradora, la cual permite vibrar el concreto para la elaboración de los bloques huecos de concreto.	138
Imagen N° 26: En la imagen se observa las muestras de bloques de concreto, en el laboratorio de la universidad nacional de Cajamarca.	138
Imagen N° 27: En la imagen se observa la toma de las dimensiones para el cálculo de la variación dimensional en los bloques huecos de concreto.	138
Imagen N° 28: En la imagen se observa a los bloques de concreto saturados por 24 horas para el cálculo de la absorción.	139
Imagen N° 29: En la imagen se observa el peso de los bloques huecos sumergidos en agua.	139
Imagen N° 30: En la imagen se observa a los bloques secados al horno a una temperatura constante durante 24 horas.	139
Imagen N° 31: Imagen que muestra el peso de los bloques después de ser secados durante 24 horas en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$	139
Imagen N° 32: En la imagen se observa el desarrollo del ensayo de succión en las caras que van a tener mortero.	139
Imagen N° 33: En las imágenes se observa el proceso de Refrentado de los bloques huecos de concreto, para la determinación de la resistencia a compresión simple.	140
Imagen N° 34: En las imágenes se muestra el ensayo de compresión simple en bloques huecos de concreto.	140
Imagen N° 35: En las imágenes se muestra la limpieza de bloques de concreto antes de ser asentados, de tal manera que se elimine el polvo adherido a las caras de asiento.	140
Imagen N° 36: En las imágenes se observa la construcción de los muretes y pilas, así como la verificación de la verticalidad con la plomada.	141
Imagen N° 37: Se observa el curado de las juntas de mortero en pilas y muretes con una brocha húmeda. Durante 7 días.	141
Imagen N° 38: En las imágenes se observa el Refrentado de pilas y muretes.	141
Imagen N° 39: En la imagen se observa el ensayo de las pilas después de 28 días de construidas.	141

Imagen N° 40: En la imagen se observa la nivelación de los muretes en la maquina universal.....	142
Imagen N° 41: En la imagen se muestra la falla por tracción diagonal en muretes MBC12.	142
Imagen N° 42: En la imagen se muestra los muretes (MBC12) ensayados en la maquina universal, obteniéndose una falla mixta (tracción diagonal y escalonada) en algunos de los casos.....	142
Imagen N° 43: En las imágenes se muestran los muretes (MBC-14) ensayados, obteniéndose una falla por tracción diagonal.	142
Imagen N° 44: En la imagen se observa la selección de la arena para el mortero que se va a emplear en la construcción de pilas y muretes.	143
Imagen N° 45: En la imagen se observa el ensayo de densidad relativa y absorción del agregado fino para mortero.....	143
Imagen N° 46: Ensayo de densidad de masa de la agregado fino para mortero.....	143
Imagen N° 47: Ensayo a compresión axial de las probetas de mortero.....	143

INDICE DE GRÁFICOS:

Grafico N° 1: resistencia característica a compresión axial en bloques vs tipo de bloque	87
Grafico N° 2: absorción vs tipo de bloque	89
Grafico N° 3: resistencia característica a compresión axial en pilas vs tipo de pilas.....	92
Grafico N° 4: resistencia característica a compresión diagonal en muretes vs tipo de murete	95
Grafico N° 5: Modulo de cortante promedio vs tipo de murete	98
Grafico N° 6: Curva de esfuerzo vs deformación unitaria Pila PBC12-02	123
Grafico N° 7: Curva de esfuerzo vs deformación unitaria Pila PBC14-06	125
Grafico N° 8: Curva de esfuerzo vs deformación unitaria vertical murete MBC12-06...	127
Grafico N° 9: Curva de esfuerzo vs deformación unitaria horizontal murete MBC12-06	127
Grafico N° 10: Curva de esfuerzo vs deformación unitaria vertical murete MBC14-05.	129
Grafico N° 11: Curva de esfuerzo vs deformación unitaria horizontal murete MBC14-05	129
Grafico N° 12: Resultados de la curva de granulometría del agregado fino	132

RESUMEN:

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar los esfuerzos de compresión diagonal y el modulo cortante en muretes construidos con bloques huecos de concreto producido artesanalmente en la fábrica del señor Félix Dilas Díaz, del sector San Martin, de la ciudad de Cajamarca. Para lo cual se construyeron 20 muretes (10 con dimensiones de 60cm x 12 x 60 cm y 10 con dimensiones 60 x 14 x 60cm), los cuales fueron refrentados con una mortero yeso- cemento con un espesor de 3mm, para ser ensayados a los 28 días de construidos, obteniéndose una resistencia al corte $V'm = 5.63 \text{ Kg/cm}^2$ (0.55MPa) y un módulo de corte $Gm=2640.03 \text{ Kg/cm}^2$ (258.99MPa) para los muretes elaborados con los bloques de 12cm de espesor y $V'm = 5.49 \text{ Kg/cm}^2$ (0.54MPa) y un $Gm=2065.35 \text{ Kg/cm}^2$ (202.61MPa) para los muretes elaborados con bloques de 14 cm de espesor, respectivamente. Adicionalmente se determinaron las propiedades fisico-mecánicas más representativas de los bloques mencionados, como: la variación dimensional (BC-12=-2.57% y en BC-14 = -1.94% respecto al peralte), alabeo (BC-12: cóncavo 1.42 mm y convexo 1.97mm, en BC-14: cóncavo 2.00 mm y convexo 2.33mm.), absorción (BC-12 = 7.50% y en BC-14 = 8.01%), succión (BC-12 = 16.21 g/200 cm² -min y 26.78 g/200 cm² -min en la cara inferior y superior de asiento respectivamente, mientras que en BC-14 es de 18.89 g/200 cm² -min y 28.07 g/200 cm² -min en la cara inferior y superior de asiento respectivamente) y la resistencia a la compresión simple (BC-12=37.22Kg/cm² y BC-14=33.01Kg/cm²). Para complementar el entendimiento del comportamiento de la mampostería se determinó la resistencia a compresión simple en 12 pilas de unidades (PBC-12 = 37.01 Kg/cm² y PBC-14 = 32.73 Kg/cm² respecto al área bruta).

PALABRAS CLAVES: muretes, compresión diagonal, módulo de corte, pilas, variación dimensional, alabeo, absorción.

ABSTRACT:

This research had as main objective to determine efforts diagonal compression and shear modulus at low walls built of hollow concrete blocks produced by hand in the factory Dilas Mr. Felix Diaz, industry San Martin of the city of Cajamarca. For which low walls 20 were constructed (10 with dimensions of 60cm x 12 x 60 cm and 10 with dimensions 60 x 14 x 60cm), which were yeso-counterbore with a cement mortar with a thickness of 3mm, to be tested for 28 days constructed to obtain a shear strength $v'm = 5.63 \text{ Kg / cm}^2$ (0.55MPa) and a shear modulus $Gm = 2640.03 \text{ Kg / cm}^2$ (258.99MPa) for low walls made from blocks 12 cm thick and $V m = 5.49 \text{ kg / cm}^2$ (0.54MPa) and $Gm = 2065.35 \text{ Kg / cm}^2$ (202.61MPa) for low walls made from blocks 14 cm thick, respectively. Dimensional variation (BC-12 = -2.57% and BC-14 = -1.94% from the cant), roll (BC-12: 1.42 concave addition the physical-mechanical properties most representative of said blocks, as determined convex mm and 1.97mm, in BC-14. concave and convex 2.33mm 2.00 mm), absorption (BC-12 = 7.50% and BC-14 = 8.01%), suction (BC-12 = 16.21 g / 200 cm² -min and 26.78 g / 200 cm² -min in the upper and lower seating face, respectively, while in BC-14 is 18.89 g / 200 cm² -min and 28.07 g / 200 cm² -min in the lower face and upper seat respectively) and average resistance to simple compression (BC-12 = 39.35Kg / cm² and BC-14 = 35.87Kg / cm²). To complete understanding of the behavior of the masonry compressive strength in 12 stacks of units (PBC-12 = 37.01 kg / cm² and PBC-14 = 32.73 kg / cm² relative to gross area) was determined.

KEY WORDS: light walls, diagonal compression, shear modulus, batteries, dimensional variation, warping, absorption, compressive strength.

CAPÍTULO I: INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La demanda de viviendas a bajo costo, ha llevado a probar nuevas técnicas para la construcción de las mismas. En consecuencia, los constructores buscan aumentar la cantidad de unidades construidas, reducir el tiempo de ejecución y el costo final de las viviendas, pero sin afectar su calidad, por lo que se hace necesario el empleo de técnicas constructivas y materiales de construcción adecuados, que brinden soluciones a todos estos requerimientos.

En muchos lugares del país la opción tecnológica, van de la mano con los recursos locales existentes; la alternativa de construir con bloques de concreto es una solución adecuada a nivel local, regional y nacional, por lo que resulta importante conocer sus propiedades físicas y mecánicas, para de esta manera conocer su comportamiento ante las sollicitaciones para las cuales fueron diseñados.

Uno de los sistemas estructurales tradicionalmente utilizados para la construcción de viviendas, en zonas del Perú que están alejadas de las plantas industriales de ladrillos de arcilla, es la albañilería hecha con bloques huecos de concreto. El concreto, es la mezcla del cemento, agregados (arena y grava) y agua, la cual se endurece después de cierto tiempo (fraguado del concreto), formando una piedra artificial. Los elementos activos del concreto son el agua y el cemento de los cuales ocurre una reacción química que después de fraguar, alcanza un estado de gran solidez, lo cual hace que resista esfuerzos de compresión y tracción. Este material de construcción es el más utilizado en obras civiles, debido a la bondad de soportar grandes esfuerzos, así como resistir a la acción del agua sin sufrir un deterioro considerable, además debido a la trabajabilidad de la mezcla puede moldearse para dar una gran variedad de formas y tamaños.¹

En la actualidad los costos de construcción de vivienda son altos con tendencia a incrementarse, lo que origina que la mayoría de la población no pueda acceder a ella. Para los horizontes sociales de altos ingresos hay actualmente una sobreoferta de viviendas, mientras que para los sectores de menos recursos la vivienda es inaccesible; en estos

1 Kumar Mehta y Paulo Monteriro. Concreto. Estructura, propiedades y materiales. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. Pàgs. 1 y 2.

últimos sectores la autoconstrucción es la alternativa constructiva más factible, sin embargo, debe contar con el apoyo técnico y financiero adecuado, permitiendo elevar el nivel de vida de la población con menos recursos. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

En la actualidad, el ladrillo cerámico se presenta como el material más utilizado para la autoconstrucción debido, en algunos casos, a su disponibilidad y a que el poblador que labora en la construcción está familiarizado con las tareas de albañilería de muros portantes; sin embargo en otros casos significa aspectos desfavorables, como por ejemplo cuando la obra se encuentra en lugares alejados de los centros de producción, el transporte del material encarece el costo de la construcción; en otras situaciones se presenta limitada disponibilidad de materiales y equipamientos (hornos) como para fabricar elementos de calidad; así mismo puede considerarse con criterios de impacto ambiental la utilización ventajosa de recursos como agregados, el agua y mano de obra de la zona en donde se emplaza al proyecto. En estas condiciones se plantea la utilización de bloques de concreto como alternativa de abaratamiento de una vivienda segura y de calidad. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

Los bloques de concreto vienen siendo utilizados en diversas zonas del país de manera artesanal y frecuentemente sin el aporte técnico adecuado. Esta modalidad constructiva, correctamente ejecutada, puede emplearse en diferentes programas que tratan de mitigar la no tenencia de una vivienda propia, como el programa de Mi Vivienda, en los programas del Banco de Materiales e inclusive sería reforzada su utilización en los programas llevados a cabo por COFOPRI incluyendo PROFAN. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

El concreto se ha usado para la elaboración de diferentes elementos, permitiendo la construcción de diferentes estructuras, y dentro de estos elementos se encuentra la fabricación de bloques huecos de concreto, los cuales permiten grandes ventajas con respecto a otros materiales de construcción.- Dentro de estas ventajas se encuentran de los bloques es que son de fácil manejo, resistencia sísmica, aislamiento térmico y acústico, además de proporcionar una gran ventaja arquitectónica, siempre y cuando se desarrollen adecuados procesos constructivos durante su fabricación y empleo en las construcciones. En el proceso de elaboración de bloque huecos de concreto, se genera gran cantidad de pérdidas, esto se debe a que durante el proceso de fraguado y manejo de los bloques se pueden generar agrietamientos y rupturas.

La ciudad de Cajamarca, como otras ciudades del Perú no está alejada del crecimiento urbano, lo que ha conllevado a la gran demanda de viviendas, siendo los bloques huecos de concreto una alternativa para la construcción de las edificaciones.

Los bloques huecos de concreto con los que se ha trabajado en esta investigación han sido elaborados de manera artesanal, sin tener un control de calidad; por lo que resulta importante la determinación del valor de sus propiedades físicas y mecánicas, orientando de esta manera un mejor y eficiente uso de los bloques para el logro de las exigencias de la norma de albañilería.

Existen en Cajamarca, muchas edificaciones que están construidas con bloques huecos de concreto, pero se desconoce la propiedades físico- mecánicas con las que deben ser elaboradas para cumplir con las exigencias de la norma, ocasionando en algunos casos agrietamientos de consideración y que ponen en riesgo su estabilidad. El diseño por desempeño de las estructuras de mampostería, involucra la resistencia de los materiales que constituyen la estructura, por lo que es importante verificar con rigor, las propiedades físicas y mecánicas de los bloques que forma parte del sistema estructural para obtener edificaciones seguras y económicas.

En el Perú se ha elaborado una Norma Técnica que permita estandarizar el proceso de fabricación y el proceso de control de calidad de las unidades de albañilería y es en donde se encuentra inmerso los bloques de concreto, esta norma es la Norma Técnica Peruana NTP 339.007, NTP 399.600 y la NTP 399.602.

De los ensayos que se realicen en el presente estudio se podrá determinar si los bloques huecos de concreto cumplen o no con lo estipulado con la norma técnica mencionada.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El tema objeto de la presente investigación se puede sintetizar en la siguiente interrogante:
¿Cuál es el valor de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto elaborados artesanalmente en la ciudad de Cajamarca?

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La resistencia a compresión diagonal de los bloques huecos de concreto elaborados artesanalmente en la ciudad de Cajamarca es mayor a 8.6 Kg/cm² y el módulo de cortante es mayor a 20720 Kg/cm².

1.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Las propiedades físicas y mecánicas de los bloques huecos de concreto.

1.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante.

1.4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla N° 1: Operacionalización de variables

VARIABLES	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Variable Independiente: Las propiedades físicas y mecánicas de los bloques huecos de concreto.	Bloques huecos de concreto comercializados en la ciudad de Cajamarca	Bloques huecos de concreto artesanal	Bloques huecos de concreto de buena apariencia. Tipo de fabricación de bloques huecos de concreto. Tiempo de fabricación y comercialización.	Observación Entrevistas	Ficha de observación. Ficha de recolección de datos.

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Variable dependiente: Resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante	Resistencia que describe que tanto resiste un material a las fuerzas aplicadas como la de Compresión, corte.	Tipos de propiedades físicas y mecánicas. Tipos de ensayos realizados	Clasificación de los bloques huecos de concreto acorde a la norma técnica peruana. Resistencia de unidades, pilas y muretes de bloques de concreto.	Ensayos de laboratorio Procesamiento de datos. Evaluación.	Materiales e Instrumentos de laboratorio. Software Excel Normas E-070 Normas técnicas Peruanas

Fuente: Tesista.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de los bloques huecos de concreto elaborado artesanalmente en la ciudad de Cajamarca.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físico – mecánicas más representativas de las unidades de los bloques huecos de concreto elaborado artesanalmente en la ciudad de Cajamarca.
- Evaluar la resistencia axial de las pilas, elaborados con los bloques huecos de concreto artesanal.
- Clasificar los bloques huecos de concreto artesanal elaborados en la ciudad de Cajamarca, de acuerdo a la norma técnica peruana con fines estructurales de la albañilería.

1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se justifica, debido a que existe escasa o casi nula información acerca de la caracterización de las unidades de albañilería con bloque huecos de concreto en muestra, de manera que resulta importante la cuantificación de sus propiedades físicas así como de sus propiedades mecánicas, para lograr un diseño y construcción de edificaciones seguras y óptimas.

Actualmente en Cajamarca, se utilizan diferentes materiales en la construcción de viviendas, y muchas veces desconociendo también las propiedades de ellos, generándose edificaciones de un comportamiento estructural impredecible, para no seguir con esta inercia de práctica no recomendada es que con el presente trabajo se espera obtener una información básica para el mejor diseño de elementos de albañilería y obtener construcciones confiables que resistan cargas de diseño y cargas extraordinarias como las que genera un movimiento sísmico.

Los resultados permiten clasificar a los bloques huecos de concreto con fines estructurales de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 399.600 y la NTP 399.602, y tener un registro de sus características técnicas, de manera que los constructores y proyectistas dispongan de esta información, con la finalidad de tomar mejores decisiones en la construcción.

1.7. ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. ALCANCES

La presente investigación tiene por finalidad la determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante en muretes hechos con bloques huecos de concreto elaborado artesanalmente en la ciudad de Cajamarca, y determinar si están en condiciones de ser empleados con fines estructurales o no.

Esta investigación está dirigida a los representantes del rubro de la construcción civil, como son las empresas constructoras, ingenieros, maestros de obra, albañiles y población civil en general de la ciudad de Cajamarca. Asimismo está dirigida a estudiantes de ingeniería civil, como fuente bibliográfica y como base para la elaboración de investigaciones similares.

También se busca establecer una nueva línea de investigación en la Facultad de Ingeniería, con el propósito de propiciar una secuencialidad en este tipo de investigación, en el campo de la albañilería estructural y así contribuir a mejorar de manera continua la obtención de calidad de los bloques huecos de concreto y por ende de las construcciones de viviendas en la ciudad de Cajamarca.

1.7.2. DELIMITACIÓN

La investigación se realizara dentro del territorio Peruano, en la ciudad de Cajamarca, utilizando los bloques de la fábrica del señor Félix Dilas Díaz, del sector San Martín de la ciudad de Cajamarca. Arena para mortero de la cantera “La Victoria”, ubicada en el Km 2.7 de la carretera Cajamarca- Jesús, Cemento Portland Tipo I y agua usada en el campus universitario de la Universidad Nacional de Cajamarca, materiales representativos de la localidad de Cajamarca, por lo que el estudio se circunscribe a la localidad de Cajamarca.

Esta tesis se inició a mediados del mes de Julio del 2015, por lo que la información y normativa empleada, pueden variar a medida que pasa el tiempo.

Todos los estudios y ensayos serán realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.7.3. LIMITACIONES

La presente investigación se limita sólo a estudiar la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de los bloques huecos de concreto elaborado artesanalmente en la ciudad de Cajamarca.

No se evalúa el proceso de fabricación, ni los materiales usados para la fabricación de los bloques huecos de concreto obtenidos en forma artesanal ni industrial.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. INTERNACIONALES

Roberto Ortega Mendoza & Roberto Arroyo Matus 2008. Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del block de concreto para la construcción de muros estructurales utilizados en edificios de viviendas de interés social, en la ciudad de Chilpancingo – México.

En este trabajo se presentó un análisis y evaluación de la calidad del block de concreto utilizado principalmente en la construcción de muros estructurales. Se realizaron pruebas para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, y sus resultados se compararon con los parámetros establecidos por las normas de calidad mexicanas y las Normas Técnicas Complementarias de Mampostería del Reglamento de Construcciones del Estado de Guerrero y del Distrito Federal. Los resultados obtenidos conducen a identificar deficiencias en el cumplimiento de la normatividad. Así mismo, se establecen estrategias para mejorar el proceso de fabricación de este tipo de insumos en todas sus etapas a fin de asegurar su calidad para la construcción de muros de la vivienda guerrerense.

Fernández Baqueiro, L., Martín Gómez, f., Varela rivera, J. & Vargas Marín, G. en el 2009 en la ciudad de Mérida-México. Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto.

En esta investigación se presenta los resultados de 18 muretes de mampostería sujetos a una carga de compresión diagonal en su plano. Los muretes de mampostería fueron contruidos con bloques huecos de concreto y mortero representativo de la práctica constructiva de la ciudad de Mérida. Con base en los resultados de dichos muretes se determina que la resistencia a compresión diagonal de la mampostería depende de la adherencia bloque-mortero. La falla típica de los muretes fue en la junta bloque-mortero, en ocasiones la falla fue sobre la diagonal y en otras por deslizamiento sobre las juntas horizontales.

Para explicar los diferentes tipos de falla, se desarrolla un modelo numérico de un murete de mampostería utilizando el Método de los Elementos Finitos y se analiza la distribución de esfuerzos que se obtiene. Finalmente, se propuso un valor de diseño para la resistencia a compresión diagonal de 1.8 kg/cm^2 y se determinó una relación promedio entre los módulos de cortante y de elasticidad de la mampostería de 0.42.

2.1.2. NACIONALES

Ángel San Bartolomé, César Romero y Juan Carlos Torres, 2003. Mejora de la adherencia bloque-mortero.

En esta investigación se planteó mejorar la adherencia entre el mortero y los bloques de concreto vibrado, mediante el empleo de aditivos (líquido y en polvo), se realizaron ensayos de compresión axial y de compresión diagonal en prismas de albañilería, lográndose mejoras significativas en la adherencia cuando se utilizó aditivo en polvo en el mortero, sin que se altere la resistencia a compresión de la albañilería. El proyecto se ejecutó en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Católica y fue financiado parcialmente por la empresa Firth Industries Perú S.A.

Adicionalmente, otra alternativa analizada fue la de reducir la succión de los bloques humedeciendo sus caras de asentado con una brocha con agua, e hidratar al cemento del mortero humedeciendo las juntas horizontales y verticales con una brocha, tres horas después de haberse construido la albañilería.

En los resultados de los ensayos de compresión axial en pilas (f'm), no se presentaron variaciones entre los diferentes parámetros en estudio, por lo que se puede concluir que la resistencia de la albañilería no depende de la resistencia del mortero (con o sin aditivos), sino que está más influenciada por la acción de conjunto bloque-mortero.

Respecto al comportamiento de la albañilería en el ensayo de compresión diagonal, la situación más desfavorable correspondió al caso donde se empleó aditivo líquido, ya que la resistencia y'm se redujo en 56% y la falla fue escalonada. Posiblemente esto se debió a que se utilizó una menor cantidad de aditivo que el especificado por el fabricante, por lo que habría que hacer más investigaciones para comprobar esta afirmación.

Ángel San Bartolomé & Álvaro Morante. 2008, Mejora de la Adherencia Mortero-Ladrillo de Concreto. Tesis Ing. Civil. Lima, PUCP.

En el presente trabajo de investigación se buscó mejorar la resistencia a fuerza cortante de la albañilería hecha con ladrillos de concreto. Se utilizaron dos técnicas de construcción distintas a la recomendada por el fabricante, para tratar de incrementar la adherencia entre el mortero y los ladrillos. Como patrón de comparación se adoptó la técnica de construcción especificada por la empresa fabricante de los ladrillos de concreto y para medir la adherencia mortero-ladrillo se utilizó la prueba de compresión diagonal en muretes de albañilería.

Ángel San Bartolomé y Miguel Ángel Torres. 2005, procedimientos simples para incrementar la resistencia al corte en la albañilería construida con bloques de concreto vibrado.

Esta investigación se realizó con el objeto de incrementar la resistencia al corte de la albañilería construida con bloques de concreto vibrado, en el Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú y con el financiamiento parcial de la empresa Firth Industries Perú S.A se realizaron ensayos de compresión diagonal en muretes variando el proceso constructivo tradicional. Las variantes que se introdujeron fueron: el empleo de juntas completas de mortero en reemplazo de las cintas tradicionales; el curado de las juntas; y, el curado de la albañilería. Estas técnicas, económicas y simples de aplicar, proporcionaron resultados satisfactorios.

El bloque de concreto utilizado, fue de la Serie 15-Firth y presentó una resistencia a compresión sobre área bruta $f'_b = 67 \text{ Kg/cm}^2$. El bloque de concreto vibrado clasificó como tipo P, con lo cual, puede ser utilizado en la construcción de muros portantes de albañilería armada.

Arrieta, J. Y Peñaherrera, E. 2001. Fabricación de Bloques de Concreto con una Mesa Vibradora. Lima: UNI - CISMID.

El CISMID, como ente investigador, permanentemente propone sistemas que coadyuven a la construcción de viviendas económicas, seguras y que cumplan con los requerimientos que se establecen en la normatividad vigente y las buenas prácticas constructivas, contribuyendo activamente al desarrollo nacional. Lo que se propuso en este trabajo de investigación fue realizar un estudio experimental que permitiera definir

las dosificaciones óptimas para fabricar bloques de concreto que cumplan las especificaciones de las normas; así mismo se realizará el estudio de implementación de un taller tipo, que permitirá desarrollar en el CISMID una sección de prefabricación de bloques de concreto mediante la adquisición de una mesa vibradora y moldes metálicos. Este programa con fines de investigación y académicas, incluye la determinación de costos de producción y la elaboración de cartillas de fabricación, con contenido técnico que se orientan a la autoconstrucción, para de esta manera proporcionar un conveniente soporte técnico a esta modalidad de construcción.

2.1.3. LOCALES

Días Ruiz, José L. 2006. Estudio de las propiedades mecánicas de la albañilería confinada de bloque de pared y ladrillo King Kong de concreto fabricados por cementos Pacasmayo S.A.A. Tesis ing. Civil. Cajamarca, UNC. 192 p.

Esta investigación se realizó un estudio respecto a los bloques de pared producidos por cementos Pacasmayo S.A.A. Se construyeron cuatro muros de bloques de pared para luego someterlos a una carga estática horizontal en la intersección viga-columna colindante con la albañilería.

De acuerdo a la NTP 339.005, el ladrillo producido por cementos Pacasmayo en su planta de pre fabricados compensan su valor con su resistencia manifestada a la compresión promedio de 154.51 Kg/cm², observando que se equivalente a un bloque TIPO V.

2.2. DEFINICIONES:

- **Albañilería o Mampostería:** Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido (NTP E-070-2006).
- **Albañilería Armada:** Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados (NTP E-070-2006).

- **Construcciones de Albañilería:** Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería (NTP E-070-2006).
- **Muro No Portante:** Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos (NTP E-070-2006).
- **Muro Portante:** Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical (NTP E-070-2006).
- **Unidad de Albañilería:** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar ó tubular (NTP E-070-2006).
- **Unidad de Albañilería Hueca:** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta (NTP E-070-2006).
- **Absorción:** La absorción del agua se mide como el paso del agua, expresado en porcentaje del peso seco, absorbido por la pieza sumergida en agua según la norma NTP 339.604. Esta propiedad se relaciona con la permeabilidad de la pieza, con la adherencia de la pieza y del mortero y con la resistencia que puede desarrollar. (Arrieta y Peñaherrera 2001)
- **Unidades huecas:** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano (NTP E-070-2006).
- **Muros portantes:** Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical (NTP E-070-2006).
- **Muros no portantes:** Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos, los tabiques y los cercos (NTP E- 070-2006).
- **Mortero:** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería (NTP E-070-2006).
- **Agregado:** Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites

- fijados por la NTP 400.011. Se les llama también áridos. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado bien graduado:** Agregado cuya distribución de tamaños de partículas produce una densidad máxima, es decir minimiza los vacíos. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
 - **Agregado fino:** Agregado extraído de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
 - **Agregado que pasa:** Por un tamiz determinado, expresado generalmente en peso o porcentaje siempre que no retenga más del 5 % en masa (peso) del material tamizado. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
 - **Agregado retenido:** Un agregado es retenido por un tamiz cuando este no deja pasar más de un 5% en masa (peso) del material tamizado. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
 - **Cemento Portland:** Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda. [NTP 400.017-2011]
 - **Granulometría:** Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
 - **Curva granulométrica:** Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
 - **Módulo de finura (MF):** Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]

2.3. MARCO NORMATIVO

2.3.1. NORMA TÉCNICA PERUANA E-070

Establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.

2.3.2. NORMA TÉCNICA PERUANA E-030

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con la filosofía del diseño sismo resistente, a fin de evitar pérdidas de vidas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños a la propiedad. Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaren dañadas por la acción de los sismos.

2.3.3. NORMAS TÉCNICAS PERUANAS (NTP)

- La norma NTP 399.602: 2002, esta norma técnica establece los requisitos que deben cumplir los bloques de concreto huecos, elaborados con cemento portland, agua, y agregado de peso normal con o sin la inclusión de otros materiales, empleados en muros capaces de resistir cargas.
- Las normas NTP 399.604 y NTP 399.613: 2002, los procedimientos para el muestro y ensayos de las propiedades físicas de las unidades de albañilería.
- La norma NTP 399.605-2003 (INDECOPI), establece los procedimientos y dispositivos para generar la carga (P) a compresión en pilas.
- La norma NTP 399.621-2004 (INDECOPI), establece los procedimientos y dispositivos para generar la carga (P) en la diagonal del murete.
- Las normas NTP 400.010: 2008 (revisada el 2013), NTP 400.011: 2008 (revisada el 2013), NTP 400.012: 2008 (revisada el 2013), NTP 400.017: 2002 (revisada el 2013), NTP 400.018: 2002 (revisada el 2013), NTP 400.022: 2002, estas normas técnicas establecen la definición y clasificación de agregados para uso en morteros y

hormigones (concreto), así como los procedimientos para determinar las propiedades físicas del agregado fino.

2.3.4. BREVE HISTORIA DE LA MAMPOSTERÍA

La “Albañilería” o “Mampostería” se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material, como el mortero de barro o cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, tapias, ladrillos o bloques). Este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades, principalmente de vivienda. Bajo esta definición se concluye que la albañilería existió desde tiempos remotos y que su forma inicial podrían haber sido los muros hechos con piedras naturales trabadas o adheridas con barro, lo que en nuestro medio se conoce como “pirca”. (San Bartolome, A., Quiun D. y Silva W., 2011)

La primera unidad de albañilería artificial consistió en una masa amorfa de barro secada al sol, vestigios de esta unidad han sido encontradas en las ruinas de Jericó (Medio Oriente), 7350 años a.C. Es interesante destacar que antiguamente las unidades no tenían una forma lógica, y se han encontrado unidades de forma cónica en lugares y épocas distintas: en Mesopotamia (7000 años de antigüedad) y en Huaca Prieta, Perú (5000 años de antigüedad). En Babilonia, el Rey Hammurabi (1700 años a. C.) creó el primer reglamento de construcción, donde se especifica que si por causas atribuibles al constructor fallecía el propietario de una vivienda, se debía dar muerte al constructor de la misma, y si fallecía el hijo del propietario, había que dar muerte al hijo del constructor. Por aquella época, pero en otras civilizaciones, se efectuaron construcciones de albañilería aprovechando la materia prima de la zona, por ejemplo en Egipto se asentaban rocas con mortero de yeso y arena (como las pirámides de Giza, con unos 4000 años de antigüedad); mientras que en Grecia se asentaron piedras con morteros de cal, revestidas con mármol (como el templo de la diosa Atenea, “Partenón”, 440 años a. C.). (San Bartolome, A., Quiun D. y Silva W., 2011)

El estudio racional de la albañilería se inició recién a partir de los ensayos llevados a cabo en los Estados Unidos (1913) y en la India (1920). En Perú los primeros ensayos en albañilería se realizaron en la década del 70 y los escasos resultados alcanzados hasta el año de 1982 fueron utilizados en la elaboración de nuestro primer reglamento específico de albañilería (San Bartolome, A., Quiun D. y Silva W., 2011)

A inicios del siglo XIX en Inglaterra se origina uno de los grandes avances en el campo de la construcción, la fabricación del bloque de concreto. Estos bloques eran sólidos sumamente pesados en los que se utilizaba la cal como material cementante. La introducción del cemento Portland y su uso intensivo, abrió nuevos horizontes a este sector de la industria. A principios del siglo XX aparecieron los primeros bloques huecos para muros; la ligereza de estos nuevos bloques significa, por sus múltiples ventajas, un gran adelanto para el área de la construcción en relación a etapas anteriores. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

Las primeras máquinas que se utilizan en la entonces incipiente industria se limita a simples moldes metálicos, en los cuales se compacta la mezcla manualmente; este método de producción se siguió utilizando hasta los años veinte, época en que aparecieron máquinas con martillos accionados mecánicamente; más tarde se descubrió la conveniencia de la compactación lograda basándose en vibración y compresión; actualmente, las más modernas y eficientes máquinas para la elaboración de bloques de concreto utilizan el sistema de vibro compactación. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

En el Perú la primera planta de bloques inició su producción en 1928 y sus productos se utilizaron en la construcción del primer barrio obrero del Callao. Posteriormente se instalaron en Lima dos fábricas más, una de ellas de ubicó en la antigua chancadora del Puente del Ejército y la otra, en el Jr. Tingo María, Breña. Actualmente existen diversas realizaciones de construcciones con bloques en Lima y en diversas localidades del país, como Marcona, la Oroya, Moquegua, Tacna, Junín, Cerro de Pasco, etc., pudiéndose mencionar también los proyectos de INFES, para la construcción de centros escolares en la sierra y selva en los cuales se plantea utilización intensiva de éstos elementos fabricados directamente en obra. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

Finalmente, los múltiples ensayos realizados, así como las investigaciones teóricas y las enseñanzas dejadas por los sismos, permitieron elaborar el Perú una moderna norma E.070, publicada en el año 2006 como arte del Reglamento Nacional de edificaciones. A diferencia de otros materiales (acero, concreto armado), se puede mencionar que la aplicación de normas extranjeras en la albañilería peruana no es adecuada debido a la gran diferencia de los materiales de construcción, mano de obra y técnicas de construcción empleadas en otros países. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

2.3.5. CONSTRUCCIÓN DE ALBAÑILERÍA Y ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL

2.3.5.1. CONSTRUCCIÓN DE ALBAÑILERÍA

Se define como construcción de albañilería a todo aquel sistema donde se han empleado básicamente elementos de albañilería (muros, vigas, etc.). Estos elementos a su vez están compuestos por unidades de albañilería (bloques o ladrillos) de arcilla, sílice-cal o de concreto, adheridas con mortero o con concreto fluido (grout). (San Bartolome, A., Quiun D. y Silva W., 2011)

2.3.5.2. ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL

Son las construcciones de albañilería que han sido diseñadas racionalmente, de manera que las cargas actuantes durante su vida útil se transmitan adecuadamente a través de los elementos de albañilería (convenientemente reforzados) hasta el suelo de cimentación.

2.3.6. TIPOS DE ALBAÑILERÍA

La albañilería se clasifica de dos maneras: por su función estructural y por la distribución del refuerzo.

2.3.6.1. CLASIFICACIÓN POR SU FUNCIÓN ESTRUCTURAL

Por la función que desempeñan 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, parapetos y tabiques. Estos muros deben diseñarse básicamente para cargas perpendiculares a su plano, originadas por el viento, sismo u otras cargas de empuje. No se diseñan para acciones sísmicas coplanares porque su masa es pequeña y genera fuerzas de inercia mínimas en comparación con su resistencia a fuerza cortante. Mientras que los cercos son empleados como elementos de cierre en los linderos de una edificación o terreno, los tabiques son utilizados como elementos divisorios de ambientes en los edificios; en tanto que los parapetos son usados como barandas de escaleras, cerramientos de azoteas, etc. (San Bartolome, A., Quiun D. y Silva W., 2011)

B. MUROS PORTANTES

Son los que se emplean como elementos estructurales de un edificio. Estos muros están sujetos a todo tipo de sollicitación, tanto contenida en su plano como perpendicular al mismo, tanto vertical como lateral, así como permanente o eventual. (San Bartolome, A., Quiun D. y Silva W., 2011)

2.3.6.2. CLASIFICACIÓN POR LA DISTRIBUCIÓN DEL REFUERZO

De acuerdo a la distribución del refuerzo, los muros se clasifican en:

- A) Muros no reforzados o de albañilería simple
- B) Muros reforzados

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, este tipo de edificación no debe emplearse, por el carácter frágil de su falla ante los terremotos.

B. MUROS REFORZADOS

De acuerdo a la disposición del refuerzo, los muros se clasifican en:

- Muro de albañilería armada (muro armado)
- Muro de albañilería de junta seca
- Muro laminar (sandwich)
- Muro de albañilería confinada (muro confinado)

2.3.7. COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA

Los elementos que componen los muros de albañilería confinada y armada son: la unidad de albañilería, el mortero que sirve para unir las unidades y otros materiales que sirven como refuerzo y complementan el sistema, como son: el concreto, el acero y el grout o concreto líquido.

2.3.7.1. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

A. CLASIFICACIÓN POR SUS DIMENSIONES

De acuerdo a sus dimensiones o por su tamaño, las unidades se clasifican en ladrillos y bloques. Se les llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una sola mano; y bloques, cuando por su peso y mayores dimensiones se deben emplear ambas manos. (San Bartolome, A., Quiun D. y Silva W., 2011)

B. CLASIFICACIÓN POR SU MATERIA PRIMA Y FABRICACIÓN

- Por su materia prima, las unidades de albañilería son básicamente hechas de arcilla (unidades cerámicas), de sílice-cal (unidades sílico-calcáreas) y de concreto.
- Por su fabricación, las unidades pueden ser artesanales o industriales. Las unidades de arcilla y de concreto admiten ambas modalidades, mientras que las unidades sílico-calcáreas son únicamente de fabricación industrial.

• UNIDADES DE CONCRETO

Los bloques de concreto son elementos modulares, premoldeados, que pueden ser artesanales o industriales, diseñados para ser utilizados en los sistemas de albañilería confinada o armada. Para su fabricación se requiere de materiales usuales del concreto, es decir, piedra partida, arena, cemento y agua; siendo posible su elaboración a pie de obra, evitando así las actividades de transporte de las unidades terminadas, lo cual significa aspectos favorables para la ejecución de edificaciones, sobre todo para aquellas realizadas por autoconstrucción. (San Bartolome, A., Quiun D. y Silva W., 2011)

La Norma E.070 indica que las unidades de concreto serán utilizadas después de lograr su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, la edad mínima para usarlas es de 28 días, de otro modo, al secar se contraerán y fisuraran los muros.

2.3.8. SISTEMAS CON BLOQUES DE CONCRETO

Al respecto, (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001). Mencionan que Los bloques de concreto, que son elementos modulares y premoldeados, están dentro de la categoría de mampuestos que en obra se manipulan a mano, y son especialmente diseñados para la albañilería confinada y armada. Los bloques de concreto se emplean en la construcción de muros para viviendas (exteriores e interiores), parapetos, muros de contención, sobrecimientos, etc. La albañilería confinada con bloques de concreto, de manera similar que cuando se utiliza ladrillo cerámico, requiere de vigas y columnas de confinamiento. En el caso de la albañilería armada con bloques de concreto, se requiere de acero de refuerzo vertical regularmente distribuido, a lo largo del muro, en los alvéolos de las unidades; por su parte, el acero de refuerzo horizontal, cuando es necesario, se aloja en las juntas pudiendo, los bloques, presentar o no detalles para su colocación. La ventaja con este tipo de unidad de albañilería es que por su tamaño proporciona una economía en el tiempo de ejecución, en la utilización de mano de obra y en la cantidad de mortero necesaria, lo que conduce a un abaratamiento del costo de producción, además reduce el número de juntas. La transmisión de calor a través de los muros es un problema que se presenta en las zonas cálidas y en las frías, siendo así más conveniente el empleo de cavidades con aire en el interior de los muros permitiendo que se formen ambientes más agradables.

2.3.8.1. POSIBILIDADES DE UTILIZACIÓN

Los bloques huecos de concreto pueden utilizarse en edificaciones en general, en muros de contención, siempre y cuando se tengan en cuenta los siguientes aspectos:

- a) **Materiales:** Para la confección del bloque sólo se requiere materiales usuales, como son: piedra partida, arena, cemento y agua; un equipo de vibrado y moldes metálicos correspondientes; siendo posible su elaboración en obra, evitando así el problema de transporte de unidades fabricadas, lo cual representa aspectos favorables para la autoconstrucción.
- b) **Economías:** La construcción con bloques de concreto presenta ventajas económicas, las cuales se originan en la rapidez de ejecución, por el hecho de sólo necesitar asentar 12.5 bloques de concreto para construir 1 m²; así mismo una fabricación

cuidadosa de los bloques permitirá obtener piezas de buen acabado que permite ahorra en tarrajeo y pintado posterior.

c) **Resistencias:** Los muros principales de una vivienda construida con ladrillo de arcilla tienen un ancho de 25 cm, en el caso de las construcciones con bloques estos muros principales son de menor espesor sin embargo, tienen la misma resistencia ya que estos últimos están reforzados con varillas de fierro. El muro delgado permite mayor amplitud en los ambientes de la edificación permitiendo una mayor área útil lo cual implica mayor valor comercial de venta.

d) **Mano de Obra:** La mano de obra debe ser calificada a nivel de operario, contándose con apoyo técnico y supervisión en el caso de la autoconstrucción.

2.3.8.2. VENTAJAS

La construcción con bloques de concreto presenta ventajas económicas en comparación con cualquier otro sistema constructivo tradicional, la que se pone de manifiesto durante la ejecución de los trabajos y al finalizar la obra.

Si se compara un muro de bloques de concreto con otro de espesor equivalente, utilizando mampostería tradicional de ladrillo, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Menor costo por metro cuadrado de muro, originado en la menor cantidad de ladrillos.
- Menor cantidad de mortero de asiento.
- Mayor rendimiento de la mano de obra debido a la menor cantidad de movimientos necesario para levantar un metro cuadrado.
- Debido a la excelente terminación que presentan los bloques fabricados por vibrocompactación, es posible e inclusive recomendable, dejarlos a la vista, con el consiguiente ahorro en materiales y mano de obra correspondientes a las tareas de revoque y terminación.

2.3.8.3. DESVENTAJAS

- La principal desventaja que muestra es su excesiva rigidez, lo que hace resistir mal los movimientos sísmicos. Un muro construido con bloques de concreto es menos flexible que uno de ladrillo solo. Otra desventaja, que se agrava con la falta de estuco, es su insuficiente aislación de su humedad exterior, entiendo lluvioso, el bloque de concreto no es capaz de impedir el paso de la humedad hacia el interior de la habitación.
- No se pueden cortar con facilidad; si se cortan mal se vuelven frágiles.
- Requieren de la proyección de armaduras transversales y verticales. Son relativamente pesados.

2.3.8.4. TECNOLOGÍA DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

Los bloques de concreto vibrado son elementos paralelepípedos, moldeados, que se adaptan a un manipuleo manual, especialmente diseñado para la albañilería armada y confinada con acabado tarrajado o también con un terminado caravista. Los materiales utilizados para la fabricación de los bloques estarán constituido por cemento Portland tipo I, por agregados que cumplan con los requisitos para concretos convencionales; se deberá considerar relación a/c mínima a fin de proporcionarles características de durabilidad e impermeabilidad; el equipo necesario para fabricar los bloques lo conforman una pequeña mesa vibradora con su respectivo molde metálico. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

2.3.8.5. CONCRETO VIBRADO PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO

A. TEORÍA DE LA VIBRACIÓN

La vibración es el método de asentamiento práctico más eficaz conseguido hasta ahora, dando un concreto de características bien definidas como son la resistencia mecánica, compacidad y un buen acabado. La vibración consiste en someter al concreto a una serie de sacudidas y con una frecuencia elevada. Bajo este efecto, la masa de concreto que se halla en un estado más o menos suelto según su consistencia, entra a un proceso de

acomodo y se va asentando uniforme y gradualmente, reduciendo notablemente el aire atrapado. La duración de la vibración influye determinantemente en la compacidad del elemento. Un inconveniente que se encuentra a menudo en el campo de la vibración, es el efecto de pared, fenómeno que tiene lugar en aquellas piezas de paredes altas y espesor reducido. Aunque se haya calculado un vibrador que responda a la masa total a vibrar, el asentamiento no será completo si tiene lugar tal fenómeno, debiéndose adoptar aparatos de mayor potencia para subsanar el efecto pared. Los concretos de consistencia seca son los que dan mayor resistencia pero su aplicación en obras resulta muy difícil por su poca trabajabilidad, la vibración viene a solucionar este problema, permitiendo el empleo de mezclas con asentamientos entre 0" a 1". (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

B. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA VIBRACIÓN

La vibración queda determinada por su frecuencia e intensidad. Frecuencia es el número de impulsiones o pequeños golpes a que se somete el concreto en un minuto. Amplitud es el máximo desplazamiento de la superficie vibrante entre dos impulsiones. La vibración puede ser de alta o baja frecuencia. Se considera de baja frecuencia valores usuales de 3000 vibraciones/minuto; cuando éstas son iguales o superiores a 6000 vibraciones/minuto se consideran en el rango de alta frecuencia. Con este último se logra una mejor compactación: vibración de baja frecuencia obliga el empleo de mezclas con un mayor relación a/c. Un factor de considerable importancia es el tiempo que dura el proceso de vibración. Este tiempo depende, entre los factores más importantes, de la frecuencia de vibración, de la calidad del agregado, de la riqueza en cemento de la mezcla; al aumentar la frecuencia disminuye el tiempo de vibrado, sin embargo, la vibración muy enérgica y prolongada puede producir efectos desfavorables, la vibración se da por completa cuando la lechada de cemento empieza a fluir a la superficie. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

2.3.8.6. PROPIEDADES DEL CONCRETO VIBRADO

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Detallan en su investigación que el concreto vibrado cuenta con las siguientes propiedades:

a) Compacidad

Al amasar un concreto se emplea una cantidad de agua superior a la que el cemento necesita para su perfecta hidratación y que es muy inferior al volumen de agua empleado normalmente en el amasado. Absorbida el agua de combinación por el cemento, la cantidad restante, y que se añade exclusivamente para dar trabajabilidad al concreto, tiende a evaporarse, dejando de ese modo una gran cantidad de poros, resultando un concreto con una compacidad más o menos acusada, según sea la cantidad de agua evaporada. Esta situación trae como exigencia la necesidad de reducir en lo posible la cantidad de agua de amasado con el fin de conseguir un concreto de gran compacidad.

b) Impermeabilidad

La impermeabilidad de un concreto es función de su compacidad. La granulometría juega un papel muy importante en la impermeabilidad. Con una granulometría continua y un elevado dosaje de cemento, completados por una enérgica vibración, se obtiene un concreto altamente impermeable.

c) Resistencia mecánica

La resistencia mecánica del concreto es quizás el factor más importante dentro de las propiedades del mismo. La resistencia del concreto aumenta considerablemente si se aplica una vibración intensa.

d) Resistencia a la abrasión y congelamiento

La resistencia del concreto vibrado a las acciones extremas se deriva de su propia compacidad; la resistencia al desgaste es mayor. Otra ventaja es su resistencia a las heladas por tener menos agua de amasado y ser más compacto.

e) Desmolde rápido

En la fabricación de elementos prefabricados de concreto vibrado puede conseguir un desmolde inmediato si el concreto es de granulometría adecuada y se ha amasado con poca agua. Si al efectuar esta operación la pieza se rompe, se puede afirmar que la causa se encuentra en un exceso de agua o de material fino. La rotura puede sobrevenir también al no estar suficientemente consolidado el concreto, es decir, la vibración ha sido de poca duración.

2.3.8.7. APLICACIÓN DEL CONCRETO VIBRADO

Hasta hace poco años, el asentamiento del concreto "in situ" se hacía normalmente por apisonado manual pero para que este método fuera eficaz, era necesario emplear concretos con mucho agua, hecho que va en perjuicio de su resistencia. Hoy en día, gracias a los adelantos técnicos y a una investigación bien dirigida, se ha conseguido sustituir en gran parte el apisonado por la vibración, método que presenta indiscutibles ventajas. Factores de importantes en el concreto vibrado son: granulometría, relación agua/cemento y frecuencia de vibrado. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

2.3.8.8. PROCESO DE PRODUCCIÓN

La uniformidad de los bloques depende en gran medida de su proceso de fabricación y del mismo, son factores determinantes los siguientes:

- El correcto estudio de la dosificación.
- El adecuado diseño del bloque.
- Una perfecta ejecución del mezclado, moldeo y compactación.
- Un adecuado curado y almacenamiento

En resumen, será necesario controlar durante la producción: la dosificación de la mezcla, la cual se recomienda sea en lo posible en peso, pero pudiéndose dosificar en volumen utilizando latas, cajones o carretilla; además se debe controlar el tiempo de mezclado; el slump o asentamiento; el peso unitario del concreto fresco; el tiempo de vibrado y, los procesos de desmolde y curado de las unidades. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

2.3.8.9. DIMENSIONAMIENTO

(Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001). Refieren que la falta de uniformidad en las medidas de la unidad hace difícil construir un elemento estructural perfectamente vertical y libre de irregularidades que provocan excentricidad de la carga, generando esfuerzos flexionantes adicionales. La fabricación usualmente comprende una gama de ladrillos que manteniendo su altura y largo constantes, diferenciándose por sus anchos: 10, 12, 14 y 20 cm según las funciones, de muro o tabique, que deba cumplir según diseño. Los ladrillos a su vez presentan alvéolos, los mismos que se corresponden

verticalmente en las mamposterías, de hilada en hilada, lo que da lugar a la formación de ductos que se usan con distintas finalidades.

2.3.8.10. PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y ACÚSTICAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO.

Conocer las propiedades de las unidades es necesario, básicamente para tener una idea sobre la resistencia de la albañilería, así como de su durabilidad ante la intemperie.

Las propiedades de las unidades asociadas con la resistencia de la albañilería son:

- Resistencia a la compresión y tracción
- Variabilidad dimensional y alabeo
- Succión

Las propiedades de la unidad relacionadas con la durabilidad de la albañilería son:

- Resistencia a la compresión y densidad
- Eflorescencia, absorción y coeficiente de saturación

A. PROPIEDADES FÍSICAS

✓ Variación dimensional

En términos generales ninguna unidad de albañilería conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, de ancho y alto, así como deformaciones de la superficie asimilables a concavidades o convexidades. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas. (ITINTEC 1978)

El mortero cumple en la albañilería dos funciones, la primera es separar las unidades de albañilería de modo tal de absorber las irregularidades de estos y, la segunda, es pegar las unidades de modo tal que la albañilería no sea un conjunto de piezas sueltas, sino un todo. Para la albañilería de buena calidad se estima que un espesor de juntas de 10 mm a 12 mm es adecuado y suficiente. Cuando las imperfecciones del ladrillo exceden los valores indicados para el Tipo IV el espesor de la junta tiene que ser necesariamente mayor de 12 mm. (ITINTEC 1978)

San Bartolomé, A. 1994. Indica que la prueba de Variación Dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de la albañilería. Debe hacerse notar 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 de la albañilería disminuye en 15%; asimismo, disminuye la resistencia al corte.

En resumen, las imperfecciones geométricas de las unidades inciden en la resistencia de la albañilería. A más y mayores imperfecciones menor resistencia de la albañilería.

Adicionalmente, resulta obvio que el aspecto de la albañilería se deteriora con imperfecciones crecientes en el ladrillo. (ITINTEC 1978).

✓ **Alabeo**

El mayor alabeo (concavidad o convexidad) de las unidades conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad. (San Bartolomé 1994).

✓ **Absorción**

La absorción del agua se mide como el paso del agua, expresado en porcentaje del peso seco, absorbido por la pieza sumergida en agua según la norma NTP 339.604. Esta propiedad se relaciona con la permeabilidad de la pieza, con la adherencia de la pieza y del mortero y con la resistencia que puede desarrollar. Se entiende por absorción al contenido de humedad total interna de la unidad de concreto que está en la condición de saturado superficialmente seco. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

La capacidad de absorción del bloque se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y secada superficialmente. (Arrieta y Peñaherrera 2001)

✓ **Densidad**

Nos permite determinar si un bloque es pesado o liviano, además indica el índice de esfuerzo de la mano de obra o de equipo requerido para su manipulación desde su fabricación hasta su asentado.

B. PROPIEDADES MECÁNICAS

✓ Resistencia a la compresión:

La propiedad mecánica de resistencia a la compresión de los bloques de concreto, es el índice de calidad más empleado para albañilería y en ella se basan los procedimientos para predecir la resistencia de los elementos estructurales. La resistencia a la compresión axial (NTP 339.007) se determina mediante la aplicación de una fuerza de compresión sobre la unidad en la misma dirección en que trabaja en el muro. Durante el ensayo, debe tomarse como precaución el enrasa de la cara en contacto con la cabeza de la prensa de compresión, para garantizar una distribución uniforme de la fuerza.

C. PROPIEDADES ACÚSTICAS Y TÉRMICAS.

Las transmisiones de calor a través de los muros son un problema que afecta el confort y la economía de la vivienda en las zonas cálidas y frías debido al alto costo que representa el empleo de aislantes o de calefacción, según sea el caso. Los bloques tienen un coeficiente de conductividad térmica variable, en el que influyen los tipos de agregados que se utilicen en su fabricación y el espesor del bloque. En general, la transmisión es mayor la que ofrece un muro de ladrillo sólido de arcilla cocida de igual espesor. Se puede bajar la transmisión térmica de los muros revocándolos con mortero preparados con agregados livianos de procedencia volcánica. En lo referente a la absorción y a la transmisión del sonido, los bloques tienen capacidad de absorción variable de un 25 % a un 50%; si se considera un 15% como valor aceptable para los materiales que se utilizan en construcción de muros, la resistencia de los bloques a la transmisión del sonido viene a ser superior a la de cualquier otro tipo de material comúnmente utilizado (Arrieta y Peñaherrera 2001).

2.3.8.11. FLUJOGRAMA DE PRODUCCIÓN

En todo proceso productivo de elementos para la construcción, se realizan una serie de actividades las cuales guardan estrecha relación entre sí; la calidad del producto final dependerá de que los diferentes procesos se realicen cumpliendo con los requisitos técnicos. De la misma manera, en cada proceso desde las actividades iniciales hasta las finales, deben organizarse concatenadamente y por etapas claramente definidas, que concluyen en la elaboración del producto. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

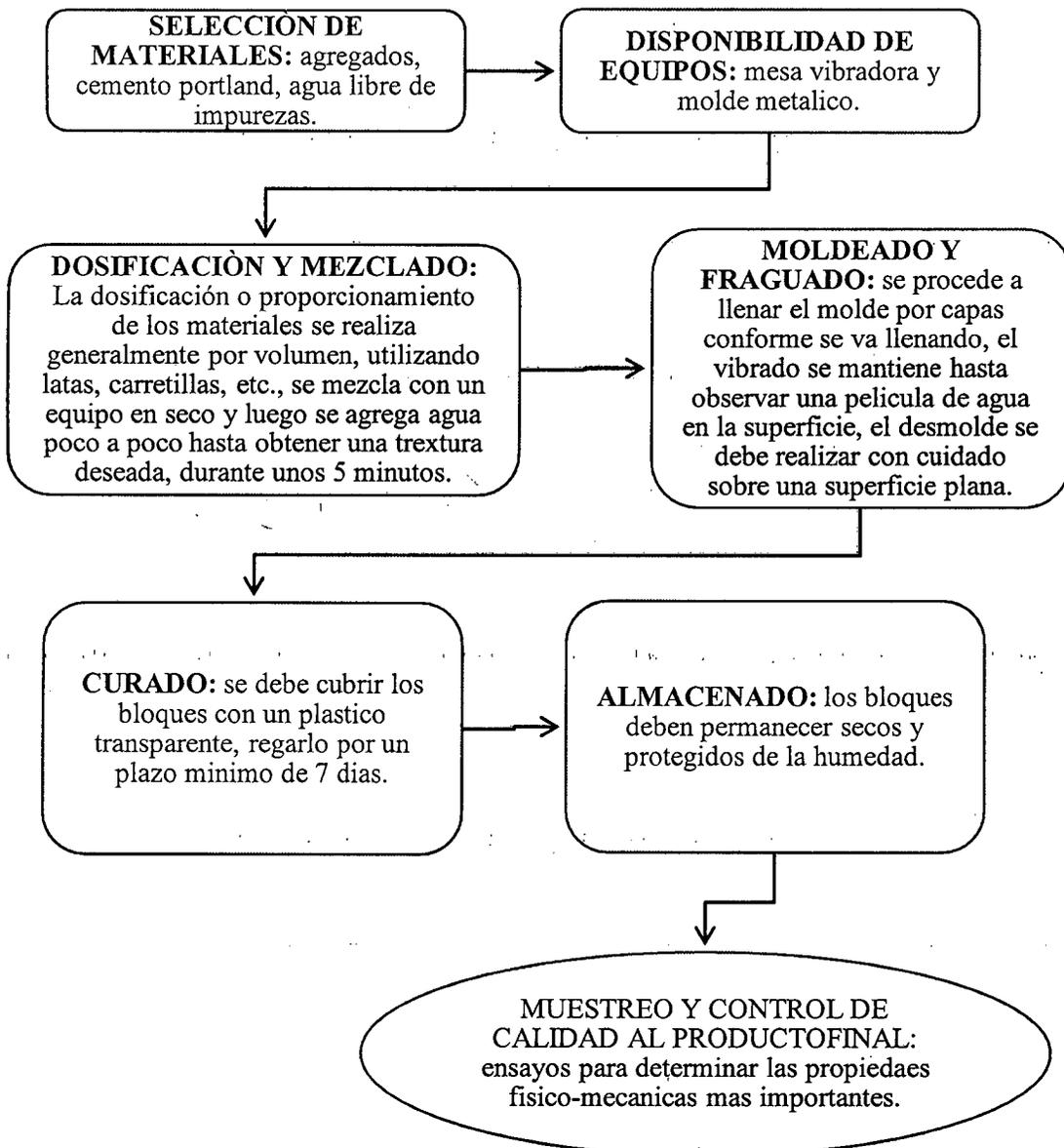


Imagen Nº 1: Flujograma de producción de bloques de concreto
Fuente: (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

A. EQUIPOS QUE SE UTILIZAN PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO A MEDIANA ESCALA

Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Proponen que para la implementación de un taller de mediana escala en la misma obra, que permita la fabricación de 300 bloques por día con una cuadrilla conformada por 1 Operario + 2 ayudantes, se necesita el siguiente equipo:

a) Mesa vibradora

Una mesa vibradora de 1.2m x 0.6 m de 3HP y 1750 r.p.m., motor trifásico 220V y 60 hertz. Con la mesa vibradora puedan fabricarse un gran número de elementos constructivos tales como adoquines, block-grass, tubos, etc.

b) Molde metálico

El molde metálico permite fabricar bloques de 39 cm x 14 cm x 19 cm (largo, ancho, altura). Los moldes metálicos tienen un mecanismo de expulsión constituido por una platina adosada a unas asas rotatorias. La caja del molde debe tener en la base, dimensiones ligeramente mayores que en la parte superior la cual facilita el desmoldaje. Debe limpiarse con petróleo después de cada jornada.



Imagen N° 1: Mesa vibradora y molde metálico

Fuente: (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

B. INICIO Y SECUENCIA DE LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO

Equipado el taller con las áreas especificadas y establecidas el flujo de fabricación se puede dar inicio a la producción.

a) Dosificación

Dosificación es el término que se utiliza para definir las proporciones de agregados, agua cemento que conforma la mezcla para la elaboración de la unidad.

La dosificación o proporcionamiento de los materiales se hará por volumen, utilizando latas, parihuelas o cajones de madera, carretillas o lampadas, tratando de evitar este último sistema. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

b) Mezclado

Mezclado manual.- Definido el proporcionamiento de la mezcla, se acarrea los materiales al área de mezclado. En primer lugar se dispondrá de arena, luego, encima el agregado grueso; seguidamente se agregará el cemento, realizando el mezclado en seco empleando lampa. Será preciso realizar por lo menos dos vueltas de los materiales. Después del mezclado se incorpora el agua en el centro del hoyo de la mezcla, luego se cubre el agua con el material seco de los costados, para luego mezclar todo uniformemente. La mezcla húmeda debe voltearse por lo menos tres vueltas. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

Mezclado mecánico.- Para mezclar el material utilizando mezcladora (tipo trompo o de tolva) se debe iniciar mezclando previamente en seco el cemento y los agregados en el tambor, hasta obtener una mezcla de color uniforme; luego se agrega agua y se continua la mezcla húmeda durante 3 a 6 minutos. Si los agregados son muy absorbentes, incorporar a los agregados la mitad o los 2/3 partes de agua necesaria para la mezcla antes de añadir el cemento; finalmente agregar el cemento y el resto del agua, continuando la operación de 2 a 3 minutos. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

c) Moldeado

Obtenida la mezcla se procede a vaciarla dentro del molde metálico colocado sobre la mesa vibradora; el método de llenado se debe realizar en capas y con la ayuda de una varilla se puede acomodar la mezcla. El vibrado se mantiene hasta que aparezca una película de agua en la superficie, luego del mismo se retira el molde de la mesa y se lleva al área de fraguado, con la ayuda de pie y en forma vertical se desmolda el bloque.

d) Fraguado

Una vez fabricados los bloques, éstos deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol y de los vientos, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse. El periodo de fraguado debe ser de 4 a 8 horas, pero se recomienda dejar los bloques de un día para otro. Si los bloques se dejarán expuestos al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea un secado prematuro, que

reducirá la resistencia final de los bloques y provocará fisuramiento del concreto. Luego de ese tiempo, los bloques pueden ser retirados y ser colocados en rumas para su curado. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

e) Curado

El curado de los bloques consiste en mantener los bloques húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia especificada. Por esto es necesario curar los bloques como cualquier otro producto de concreto. Los bloques se deben colocar en rumas de máximo cuatro unidades y dejando una separación horizontal entre ellas de dos centímetros, como mínimo, para que se puedan humedecer totalmente por todos los lados y se permitan la circulación de aire. Para curar los bloques se riega periódicamente con agua durante siete días. Se humedecen los bloques al menos tres veces al día o lo necesario para que no se comiencen a secar en los bordes. Se les puede cubrir con plásticos, papeles o costales húmedos para evitar que se evapore fácilmente el agua. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

f) Secado y almacenamiento

La zona destinada para el almacenamiento de los bloques debe ser suficiente para mantener la producción de aproximadamente dos semanas y permitir que después del curado los bloques se sequen lentamente. La zona de almacenamiento debe ser totalmente cubierta para que los bloques no se humedezcan con lluvia antes de los 28 días, que es su período de endurecimiento. Si no se dispone de una cubierta o techo, se debe proteger con plástico.

Aunque los bloques fabricados siguiendo todas las recomendaciones, presentan una buena resistencia, se debe tener cuidado en su manejo y transporte. Los bloques no se deben tirar, sino que deben ser manipulados y colocados de una manera organizada, sin afectar su forma final. (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001)

2.3.9. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

2.3.9.1. ENSAYOS DE CLASIFICATORIOS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO.

Los ensayos clasificatorios son pruebas a las que se someten las unidades de albañilería para poder limitar su aplicación en diseños estructurales.

- a) Alabeo.
- b) Variación dimensional.
- c) Compresión simple.

2.3.9.2. ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS

Son ensayos innecesarios para clasificar a las unidades de albañilería según la referencia 1, pero son indispensables para definir el procedimiento constructivo de los muros de albañilería.

- d) Ensayo de Succión
- e) Ensayo de Absorción
- f) Área de Huecos

NTP E.070, 2006. Señala que para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la *Tabla N° 2*.

Tabla N° 2: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

CLASE BLOQUE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (Máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f _b mínimo en MPa (Kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Bloque p(1)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque p(2)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

Fuente: NTP E-070, 2006.

Las normas técnicas peruanas que establecen los requisitos que deben cumplir los bloques de concreto para uso no estructural es la NTP 399.600. y para uso estructural es la NTP 399.602.

Tabla N° 3: Requisitos de resistencia de bloques de concreto para uso no estructural

Resistencia a la compresión, min., MPa respecto al área bruta promedio	
Prom. De 3 unid.	Unidad individual
4.2	3.5

Fuente: NTP 399.600.

Tabla N° 4: Requisitos de resistencia y absorción de los bloques de concreto para uso estructural

Resistencia a la compresión, ^A min., MPa respecto al área bruta promedio	Absorción, máx., % (promedio de 3 unid)
Prom. De 3 unid.	Unidad individual
7	6
	12

Fuente: NTP 399.602.

En los proyectos de las edificaciones con bloques de concreto, se establece si el diseño de la albañilería ha sido con referencia a la Norma Técnica de Edificaciones E 070 o con las NTP.

Para conocer las características físicas y mecánicas de los bloques de concreto, es necesario hacer los ensayos que establece la NTP 399.604, 2002: Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.

El procedimiento de las características de los bloques de concreto se encuentra en el capítulo de materiales y métodos.

2.3.10. TECNOLOGÍA MORTERO

La Norma E-070, indica que el mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

La función principal del mortero en la albañilería es adherir las unidades, corrigiendo las irregularidades geométricas de altura que estas tienen, así como sellar las juntas contra la penetración del aire y de la humedad. Cuando el muro de albañilería es portante de carga vertical, el mortero cumple además la función resistente, por lo que es

conveniente que las resistencias a compresión de las unidades y el mortero sean parecidas. En cuanto a la adherencia unidad-mortero, ésta se logra cuando los solubles del cemento (básicamente la etringita) son absorbidos por la unidad, cristalizándose (como agujas) en sus poros. La adherencia se ve favorecida cuando el mortero penetra en las perforaciones y rugosidades de la unidad, formando una especie de llave de corte entre las hiladas (San Bartolome, A., Quiun D. y Silva W., 2011)

a) El proceso de retemplado

Consiste en la adición de agua a un mortero preparado que ha perdido fluidez, con el fin de recuperar ésta y poderlo trabajar (Salazar, 1985)

b) Componentes del mortero.

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado.

✓ **Cemento**

Se utiliza generalmente cemento normalizado portland tipo I y cemento adicionado (puzolánico); excepcionalmente se emplea el cemento portland tipo II (resistente a los sulfatos).

✓ **Arena gruesa.**

San Bartolomé, Daniel Quiun y Wilson Silva. 2011. Mencionan que es ideal que se use arena gruesa, con granos redondeados y de una granulometría completa (con variedad en el tamaño de las partículas), que permita llenar los espacios vacíos con el material cementante, formando un mortero denso y resistente a la intemperie. La norma E.070 indica en la Tabla N° 5. La granulometría requerida, similar a la de la norma ASTM D-75, caracterizada por la variedad en el tamaño de las partículas.

La norma E.070 indica que no debe quedar retenido más del 50% de la arena entre mallas ASTM E-11 consecutivas; y que el módulo de fineza (suma de los porcentajes retenidos por las mallas 100, 50, 30, 16, 8 y 4, dividido entre 100) debe estar comprendido entre 1.6 y 2.5. Finalmente, no debe utilizarse arena de playas marinas, en vista que las sales que ellas contienen producirían la eflorescencia del mortero y la corrosión del refuerzo.

Tabla N° 5: Granulometría de la arena gruesa

Malla ASTM	% Que Pasa
N° 4 (4.75 mm)	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100
N° 16 (1.18 mm)	70 a 100
N° 30 (0.60 mm)	40 a 75
N° 50 (0.30 mm)	10 a 35
N° 100 (0.15 mm)	2 a 15
N° 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: NTP E - 070

✓ **Agua.**

El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

c) Clasificación del mortero.

Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes, Tabla N° 6. Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas en estado suelto como se indica en la Tabla N° 6.

Tabla N° 6: Tipos de mortero, NTP E- 070

Tipo	Cemento	Cal	Arena	Usos
P1	1	0 al 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 al 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros no portantes

Fuente: NTP E - 070

Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre- mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes, proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos (NTP E-070, 2006).

➤ **Clasificación por la preparación del mortero**

Por la forma como se prepara la mezcla, los morteros se clasifican en artesanales e industriales.

• **Morteros artesanales**

Los morteros artesanales son aquellos que se preparan a mano en obra sobre una superficie limpia, revolviendo la mezcla seca cemento-arena (opcionalmente se adiciona

cal) hasta lograr un color uniforme, para después echarle agua a criterio del albañil, hasta obtener una mezcla trabajable.

- **Morteros industriales**

En el Perú, los morteros industriales vienen en 2 modalidades: embolsados (en seco) y premezclados (incluido el agua). El cuidado del mortero embolsado es el mismo que el dado al cemento embolsado: Se debe colocarse en rumas de no más de 10 bolsas sobre una tarima de madera, protegerlos de la lluvia y no debe pasar de 6 meses de edad. En este caso, el albañil le agrega agua de acuerdo a su criterio.

El mortero premezclado recibe el nombre comercial de “mortero de larga vida”. De acuerdo a los aditivos líquidos que se agreguen, su duración es de 24, 48 y 72 horas, pasado este lapso de tiempo, debe ser descartado (San Bartolomé, Daniel Quiun y Wilson Silva. 2011).

d) Ensayo a la compresión.

El ensayo de compresión del mortero (ASTM C-579) consiste en preparar probetas cúbicas de 5cm de lado, vaciadas en moldes metálicos, y curadas durante 28 días en agua, el ensayo se realiza sólo con fines de controlar la calidad del mortero, debido a que las probetas no reflejan las condiciones reales que se producen en las juntas, tales como:

- La interacción unidad-mortero, o pérdida de agua en la mezcla por succión de la unidad.
- El espesor de la junta, a menor altura de la probeta se obtiene mayor resistencia.
- La restricción al desplazamiento lateral impuesto por los cabezales de la máquina de ensayo.

e) Propiedades

✓ **Consistencia (temple o fluidez)**

Se define como la capacidad que tiene la mezcla de poder discurrir (fluir), o de ser trabajable con el badilejo.

✓ **Retentividad.**

Se define como la capacidad que tiene la mezcla para mantener su consistencia, o de continuar siendo trabajable después de un lapso de tiempo.

2.3.11. PROPIEDADES DE LA ALBAÑILERÍA SIMPLE

La albañilería simple es el material estructural que proporciona resistencia a compresión y a fuerza cortante, así como la mayor parte de la rigidez lateral. Por lo cual es necesario conocer sus propiedades, las cuales se pueden obtener de ensayos en prismas de albañilería simple.

2.3.11.1. PRISMAS DE ALBAÑILERÍA SIMPLE

En las edificaciones de concreto armado se deben fabricar probetas estándar que se ensayan a compresión para verificar la calidad del concreto especificado en los planos de estructuras (resistencia a la compresión f'_c). De modo similar, en la Norma E.070 se exige, dependiendo de la magnitud de la obra, la elaboración de pequeños prismas de albañilería simple llamados Pilas y Muretes, construidos bajo las mismas condiciones con que se edificaran los muros reales. Los ensayos de pilas y muretes permiten determinar:

- Las resistencias características a compresión (f'_m) y a corte (v'_m) de la albañilería.
- Los módulos de elasticidad (E_m) y de corte (G_m).
- Las formas de falla, con las cuales es posible predecir como fallaran los muros reales ante los terremotos.
- La calidad de la albañilería y de la mano de obra, medida a través de la dispersión de resultados de los ensayos realizados.

La edad estándar para ensayar los prismas es de 28 días. Sin embargo, pueden ser ensayadas a una menor edad, que como mínimo se especifica en 14 días, con la finalidad de que los especímenes representen la forma de falla que tendrán los muros reales. Cuando se ensayan a una edad menor que la estándar, los resultados deberán corregirse multiplicándolos por los factores indicados en la tabla N° 7 de la Norma E.070.

Tabla N° 7: Incremento de f'_m y v'_m por edad

Edad	14 días	21 días
Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
Muretes Bloques de concreto	1.25	1.05
Pilas Ladrillos de arcilla y bloques de concreto	1.10	1

Fuente: NTP E - 070

2.3.11.2. REFRENTADO (CAPPING)

En las zonas donde el prisma vaya estar en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo, se aplica un Refrentado (Capping) con mortero yeso-cemento de unos 3mm de espesor, con la finalidad de corregir las irregularidades que presente la albañilería, incluso si el murete no es completamente cuadrado puede lograrse la forma cuadrada mediante el Capping.

2.3.11.3. ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN PILAS

El ensayo de compresión en las pilas de la albañilería sirve para determinar la resistencia a compresión axial (f_m) referida al área bruta de la sección transversal. Eventualmente si se instrumenta y se registra la deformación axial en la pila se puede determinar el módulo de elasticidad de la albañilería (E_m).

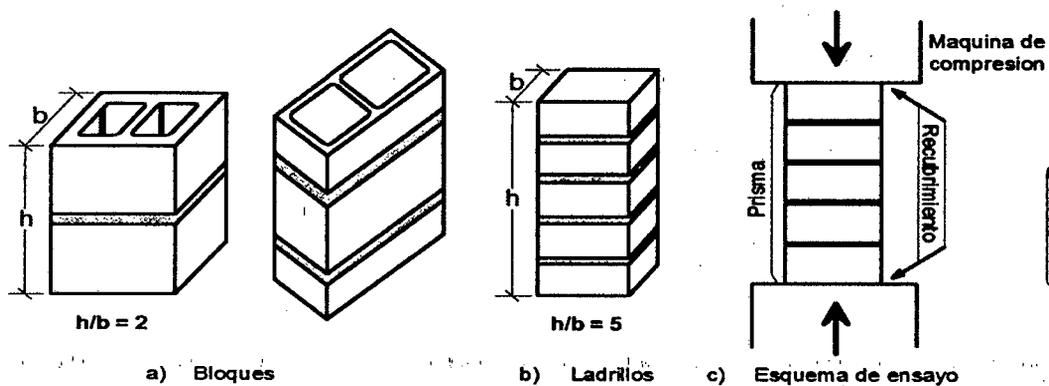


Imagen N° 2: Prisma (pila) estándar para el ensayo de compresión.
Fuente: (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

a. Esbeltez en pilas

La esbeltez y la altura mínima de los prismas dependen si la albañilería es de ladrillos o de bloques. En el caso de los prismas de ladrillos la relación alto - ancho del prisma estará entre 2 y 5, y el alto no será menor de 30 cm. En el caso de las pilas de bloques, la esbeltez estará entre 1.3 y 5, y el alto no será menor de 30 cm, (Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005).

En pilas pequeñas, los valores de resistencia a compresión son mayores que los que arrojan las pilas esbeltas, debido a la mayor restricción al desplazamiento lateral inducida por los cabezales del equipo de ensayo en pilas de poca esbeltez. Por esta

razón la NTP 399.605 proporciona factores de corrección por esbeltez, estos factores difieren de los indicados en la Norma E.070.

Tabla N° 8: Factor de corrección de altura a espesores para resistencia a compresión de prismas de mampostería

hb/tp [^]	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de corrección	0.75	0.86	1	1.04	1.07	1.15	1.22

Fuente: Norma NTP 399.605

[^]: Relación de altura y la menor dimensión lateral del prisma

Tabla N° 9: Factores de corrección f'm por esbeltez

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Fuente: NTP E – 070

b. Técnicas de ensayo

Las pilas pueden ensayarse en una máquina universal o en una máquina de ensayo similar. El ensayo debe realizarse a velocidad uniforme, sin producir impactos, de modo que su duración este comprendida entre 3 y 4 minutos. Si el ensayo se ejecuta controlando la velocidad de aplicación de carga, este puede ser de 5 ton/min. Cuando existe la posibilidad de medir el desplazamiento entre los cabezales del equipo, se puede adoptar la velocidad de 1mm/min.

Según, Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. Las resistencias de la albañilería a la compresión, tracción y corte, define el comportamiento estructural de los diferentes elementos de albañilería ante la acción de solicitaciones reales (cargas gravitacionales, sismo y viento). El comportamiento de los especímenes, cuando se somete a ensayo, es el producto de la acción heterogénea de los componentes de la albañilería (unidad, mortero o líquido), imitando o modelando la reacción cuando es sometido a cargas iguales a las del ensayo. El modelaje es complicado, por las características anisotrópicas de la albañilería y porque en la práctica, las cargas no se presentan, como en el ensayo, aislada de efectos de borde y otras interacciones. En el ensayo de especímenes se debe escoger determinadas orientaciones preferentes para la carga, en general son las siguientes:

- Para ensayos de comprensión se aplica carga coplanar perpendicular a la hilada. Esta orientación es prioritaria, pues corresponde a la acción gravitacional en muros horizontales, que son los predominantes. El valor obtenido es útil para analizar el comportamiento de muros de corte ante la acción conjunta de las cargas de gravedad y las acciones sísmicas, situación en las que se presentan elevados esfuerzos de comprensión, especialmente verticales, en los talones comprimidos.
- La tracción coplanar se genera en los ensayos aplicando fuerzas de corte, para producir tracciones indirectas. Ello suele hacerse tomando tres ángulos con relación a la hilada: 0°, 45° y 90°. Estos datos posibilita, interpolando entre los valores medios, la determinación de la resistencia en cualquier dirección intermedia. Todo ello define el comportamiento del muro de albañilería hasta el nivel de agrietamiento para combinaciones de cargas gravitacionales y horizontales coplanares, originadas por sismo o viento.
- Los ensayos de tracción por flexión se aplica carga perpendicular al plano, para generar flexiones paralelas y perpendiculares a la hilada, lo que permite la determinación de los módulos de ruptura de la albañilería en estas direcciones principales. Esta información permite analizar el comportamiento de muros sometidos a carga perpendicular a su plano, que pueden tener condiciones de apoyo de borde variadas.
- Para evaluar la resistencia al corte se utiliza el ensayo de cizalle en la junta horizontal del mortero. Esta junta, sometida al mismo tiempo de corte en su plano y comprensión vertical, puede ser el plano de falla de muros de albañilería simple y albañilería confinada.
- La determinación de las características del espécimen y del tipo, procedimiento y evaluación del ensayo es de considerable importancia, pues debe conducir a ensayos repetibles, económicos e interpretables.

c. Comportamiento teórico a compresión.

El espécimen utilizado para determinar la resistencia a compresión de la albañilería, es un prisma de bloques pegados con mortero uno sobre otro. El comportamiento y la forma de falla del prisma dependen de la interacción bloque-mortero. El bloque y el

mortero por ser materiales diferentes, ante un mismo esfuerzo de compresión se deforman lateralmente de manera distinta. (Morante, A., 2008)

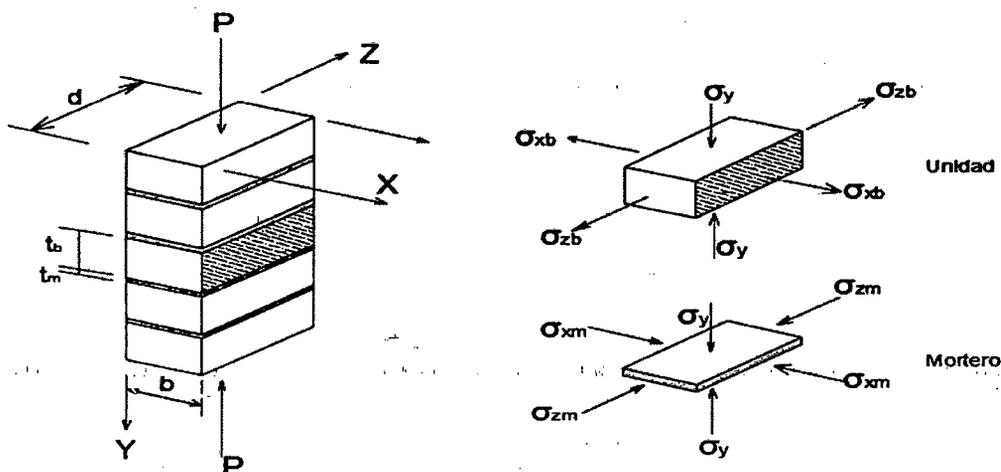


Imagen N° 3: Esfuerzos que se generan la unidad y el mortero por la carga P .

Fuente: (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

Por lo general, el bloque es menos deformable que el mortero y puesto que debe existir compatibilidad de desplazamiento, el bloque restringe las deformaciones laterales del mortero produciendo en el mortero esfuerzos de compresión en dirección transversal y el mortero produce en el ladrillo esfuerzos de tensión en dirección transversal. Son estos esfuerzos de tracción los que producen la fractura vertical del ladrillo. (Morante, A., 2008)

d. Resistencia característica a compresión axial (f_m)

La resistencia individual a compresión axial de una pila (f_m) se obtiene dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de sección transversal, sin importar que la unidad de albañilería utilizada califique como hueca o sólida, sea ladrillo o bloque. Este valor se corrige por el factor de esbeltez especificado en la Tabla 9 de la Norma E.070 (para pilas hechas con ladrillos), para el caso de pilas elaboradas con bloques de concreto se corrige por el factor de esbeltez especificado en la Tabla N°8 de la Norma NTP 399.605, y si la edad de las pilas es distinta a la estándar (28 días), se corrige por el factor indicado en la Tabla N°7, para ladrillos de arcilla y bloques de concreto.

Una vez ensayada todas las pilas, se obtiene el valor promedio (\bar{f}_m) y la desviación estándar (σ) de la muestra ensayada, para después evaluar, la resistencia característica (f_m), restando al valor promedio la desviación estándar.

$$f'm = f_m - \sigma \dots\dots\dots (1)$$

El restar una desviación estándar al valor promedio estadísticamente significa que el 84% de las pilas ensayadas tendrán una resistencia mayor que el valor característico. Paralelamente, puede obtenerse la dispersión porcentual de resultados como $100(\sigma/f_m)$. Una dispersión superior al 30% es inaceptable, y quiere decir que existen fallas en la mano de obra o que los materiales utilizados no tienen la calidad adecuada.

e. Formas de falla.

El comportamiento y el tipo de falla de las pilas ante cargas axiales están influenciados por la interacción que se desarrolla entre las caras de asiento de las unidades y el mortero. Las unidades y el mortero tienen diferente rigidez, entonces al ser sometidas al mismo esfuerzo normal, y al estar integrado los materiales, el material menos deformable (generalmente las unidades) restringen las deformaciones transversales del material más deformable (el mortero), introduciéndole esfuerzos de compresión en la dirección transversal, que se traducen en tracciones laterales sobre la unidad, que dan lugar a las grietas verticales. La falla ideal de las pilas de albañilería es una grieta vertical en la cara de menor dimensión, que corta unidad y mortero, producida por tracción debida a la expansión lateral (efecto de Poisson) causada por la compresión aplicada. En cambio, las fallas por trituración de las unidades son indeseables por ser frágiles y explosivas, esta falla se presenta por lo general cuando se utilizan unidades huecas. La falla por aplastamiento en una zona localizada de la pila, o aplastamiento por pandeo de la pila, también puede ocurrir cuando existen efectos distintos a los de compresión pura, particularmente cuando aparecen componentes de flexión (pandeo). Esta se da por: imperfecciones en la construcción reflejada en la configuración geométrica del espécimen, por una falta de paralelismo entre las caras del asiento extremas, o por la falta de alineamiento entre el eje de carga y el eje longitudinal de la pila. (San Bartolome, A., Quiun D. y Silva W., 2011)

2.3.11.4. ENSAYOS DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES

El ensayo de compresión diagonal en muretes de la albañilería sirve para determinar la resistencia característica a corte puro ($v'm$), y eventualmente si se instrumenta y se registra la deformaciones diagonales se puede determinar el módulo de corte de la albañilería (G_m).

a) Técnica de ensayo.

El ensayo de compresión diagonal se realiza según el procedimiento especificado por la norma técnica peruana NTP 399.621 (INDECOPI, 2004), que es similar a la norma ASTM E 519-02.

b) Comportamiento teórico a compresión diagonal.

El ensayo que se utiliza para determinar la resistencia a compresión diagonal (resistencia al corte puro o resistencia a la tracción diagonal) de la albañilería es el de compresión diagonal. Existen varias situaciones en las que un muro de albañilería puede estar sometido a compresión diagonal, por ejemplo acciones sísmicas y asentamientos diferenciales. El espécimen utilizado para determinar la resistencia a compresión diagonal de la albañilería, es un murete de dimensiones cuadradas. El ensayo consiste en aplicar una carga de compresión diagonal al murete que produce esfuerzos de compresión en la diagonal vertical y al mismo tiempo produce esfuerzos de tracción en la diagonal perpendicular. (Morante, A., 2008)

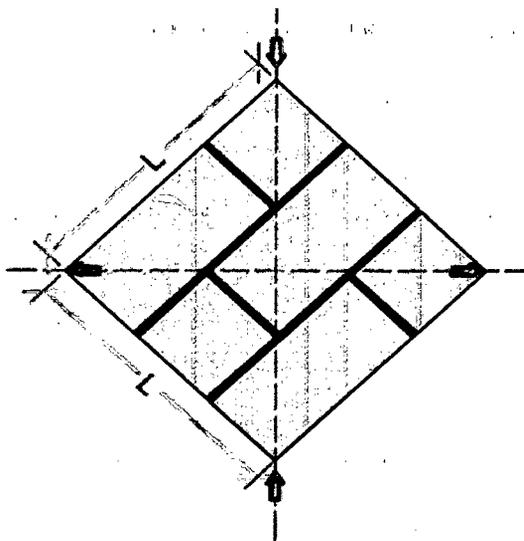
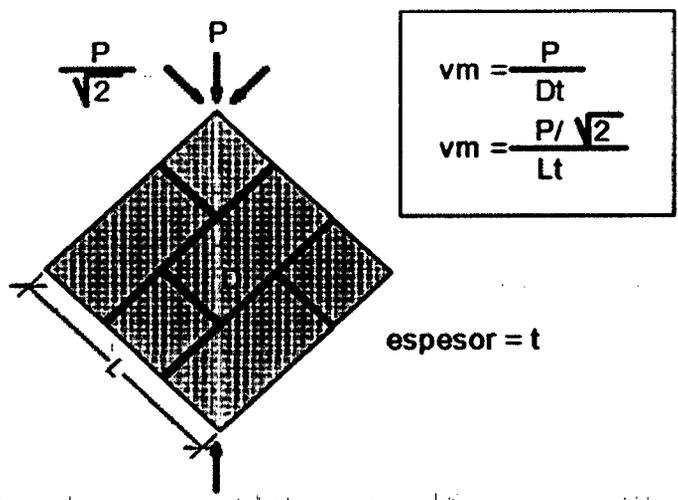


Imagen N° 4: Esfuerzos que se generan ante la carga a compresión diagonal.
Fuente: (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

Como la resistencia a la tracción de la albañilería es menor que la resistencia a la compresión y aunque se trate de un ensayo de compresión diagonal, el modo de falla siempre es por tracción diagonal, pudiendo manifestarse en un tipo de falla escalonada cuando la adherencia mortero-ladrillo no es adecuada, o en una grieta que corta al ladrillo cuando la adherencia es óptima. (Morante, A., 2008)

c) Resistencia característica a corte puro ($v'm$).

La resistencia unitaria a corte puro de un murete (v_m) se obtiene dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la diagonal cargada (Dt), sin importar que las unidades de albañilería utilizadas califiquen como huecas o sólidas, sea ladrillo o bloque. Esto es lo mismo que dividir la carga diagonal proyectada en la dirección de las hiladas entre el área bruta de la hilada (Lt) en muretes cuadrados. Si la edad de los muretes es distinta a la estándar (28 días), se corrige por el factor indicado en la tabla 8 de la Norma e.070.



*Imagen N° 5: Cálculo de la resistencia unitaria a corte puro.
Fuente: (San Bartolome, A., Quiun D. y Silva W., 2011)*

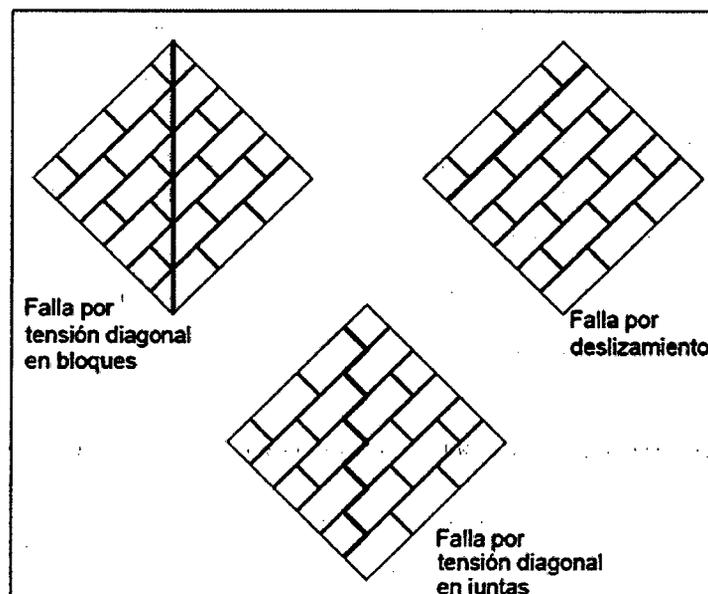
Una vez ensayados todos los muretes, se obtiene el valor promedio (v_m) y la desviación estándar (σ) de la muestra ensayada, para después evaluar, de acuerdo a la Norma E.070, la resistencia característica, restando al valor promedio la desviación estándar.

$$v'm = v_m - \sigma \dots\dots\dots (2)$$

El restar la desviación estándar al valor promedio, estadísticamente, significa que el 84% de los muretes ensayados tendrán una resistencia mayor que el valor característico. Paralelamente puede obtenerse la dispersión porcentual de resultados como: $100(\sigma/v_m)$. Una dispersión superior al 30% es inaceptable, y quiere decir que existen fallas en la mano de obra o que los materiales utilizados no tienen la calidad adecuada.

d) Formas de falla.

Las fallas típicas de los muretes de mampostería sujetos a compresión diagonal pueden ser de tres tipos (Imagen 7): (1) falla por tensión diagonal en bloques; se produce una grieta diagonal que atraviesa predominantemente las piezas, su trayectoria es aproximadamente recta; (2) falla por tensión diagonal en juntas; se produce por la falla por adherencia bloque-mortero, su trayectoria es en forma escalonada aproximadamente al centro del murete; (3) falla por deslizamiento; se produce la falla entre las piezas y el mortero, produciéndose el desprendimiento de una junta horizontal. (Fernández Baqueiro, L., Marín Gómez, F., Varela Rivera, J. y Vargas Marín, G., 2009)



*Imagen N° 6: Tipos de fallas en muretes de mampostería sujetos a compresión diagonal.
Fuente: (Fernández Baqueiro, L., Marín Gómez, F., Varela Rivera, J. y Vargas Marín, G., 2009)*

e) Módulo de corte (G_m).

Para determinar el módulo de corte de la albañilería (G_m), se necesita instrumentar una cara de los muretes con instrumentos que midan la deformación en ambas diagonales. Durante el ensayo, se registra la gráfica carga (P) – desplazamiento (D) y, al alcanzar una carga de orden del 60% de la carga de rotura, se retiran los LVDT a fin de que no se dañen durante la falla del murete. (San Bartolome, A., Quiun D. y Silva W., 2011)

Para calcular el módulo de corte (G_m) se trabaja con la parte más lineal de la gráfica P - D , y se elimina así la porción inicial que contempla el reacomodo de los instrumentos y

la deformación del Capping. Usualmente esta porción de la gráfica en análisis está comprendida entre el 10% y el 50% de la carga de rotura. Si “L” es la distancia entre los instrumentos que miden las deformaciones, “A” es el área bruta de la diagonal y $\Delta P = P_{50\%} - P_{10\%}$, se tendrá:

Esfuerzo cortante:

$$\Delta\tau = \Delta P \dots\dots\dots (3)$$

Deformación unitaria asociada a ΔP de cada instrumento que controla la deformación:

$$\Delta\varepsilon = \Delta D/L \dots\dots\dots (4)$$

Se puede demostrar que la deformación angular “ γ ” está dada por la suma de las deformaciones unitarias registradas por cada instrumento que controla la deformación.

$$\gamma = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \dots\dots\dots (5)$$

Con lo cual: $G_m = \Delta\tau / \Delta\gamma \dots\dots\dots (6)$

2.3.11.5. RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DE LA ALBAÑILERÍA SEGÚN LA NORMA E.070.

En la Norma E.070 (2006), el capítulo 5, “Resistencia de Prismas de Albañilería”, se proporciona la Tabla N° 10, que permite determinar para ciertos casos, los valores del $f'm$ y $v'm$. Cabe además mencionar que, aunque se realicen ensayos, para fines de diseño $v'm$ no deben exceder de $\sqrt{f'm}$, ambos en Kg/cm^2 .

Tabla N° 10: Resistencias características de la albañilería MPa (Kg/cm²)

Materia	Denominación	UNIDAD	PILAS	MURETES
Prima		$f'b$	$f'm$	$v'm$
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4.9 (50)	7.3 (74)	0.8 (8.6)
		6.4 (65)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
		7.4 (75)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
		8.3 (85)	11.8 (120)	1.1 (10.9)

Fuente: NTP E-070, 2006. () Utilizados para la construcción de muros armado.*

El valor f_m ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez.

En el capítulo 8 de la Norma E.070, "Análisis y Diseño Estructural", se proporciona el módulo de elasticidad E_m y de corte G_m para los casos donde no se han hecho ensayos:

- Unidades de concreto vibrado

$$E_m = 700f_m \dots\dots\dots (7)$$

- Para todo tipo de unidad de albañilería

$$G_m = 0.4E_m \dots\dots\dots (8)$$

El emplear un módulo de corte $G_m = 0.4E_m$ equivale a adoptar un módulo de Poisson para la albañilería igual a 0.25.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

A. MATERIALES

- ✓ Bloques huecos de concreto de la fábrica del señor Félix Dilas Díaz, del sector San Martín, de la ciudad de Cajamarca, adquirido el día 31 de julio del 2015
- ✓ Cemento Portland Tipo I (bolsa color verde).
- ✓ Arena gruesa de la cantera "Chonta".
- ✓ Agua potable.
- ✓ Arena fina.

B. EQUIPOS

- ✓ Mallas ASTM N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200.
- ✓ 02 Probetas 1000 ml.
- ✓ 01 Balanza con capacidad de 300 Kg y una aproximación de 0.01 gr.
- ✓ 01 Escuadra metálica graduada al 1mm.
- ✓ 02 Regla metálica graduada al 1mm.
- ✓ 03 Bandejas de 30x50 cm.
- ✓ 01 Nivel topográfico y trípode.
- ✓ 01 Cámara fotográfica.
- ✓ 03 Deformímetros.
- ✓ 01 Vernier.
- ✓ 01 Horno a temperatura $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- ✓ 01 Máquina universal para ensayos de compresión uniaxial.
- ✓ 01 Máquina universal.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

A. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca, en el Laboratorio de Ensayos de Materiales "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz", edificio 1C de Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en la Av. Atahualpa N°1050.

Tabla N° 11: Ubicación geográfica de la investigación

Coordenadas geográficas (Grados, minutos, segundos)		Coordenadas geográficas (Grados decimales)		Coordenadas UTM	
Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Este	Norte
7° 10' 2.55" S	78° 29' 43.21" W	7.1673755 S	78.495335 W	776629.03	9206993.53

Fuente: Tesista.

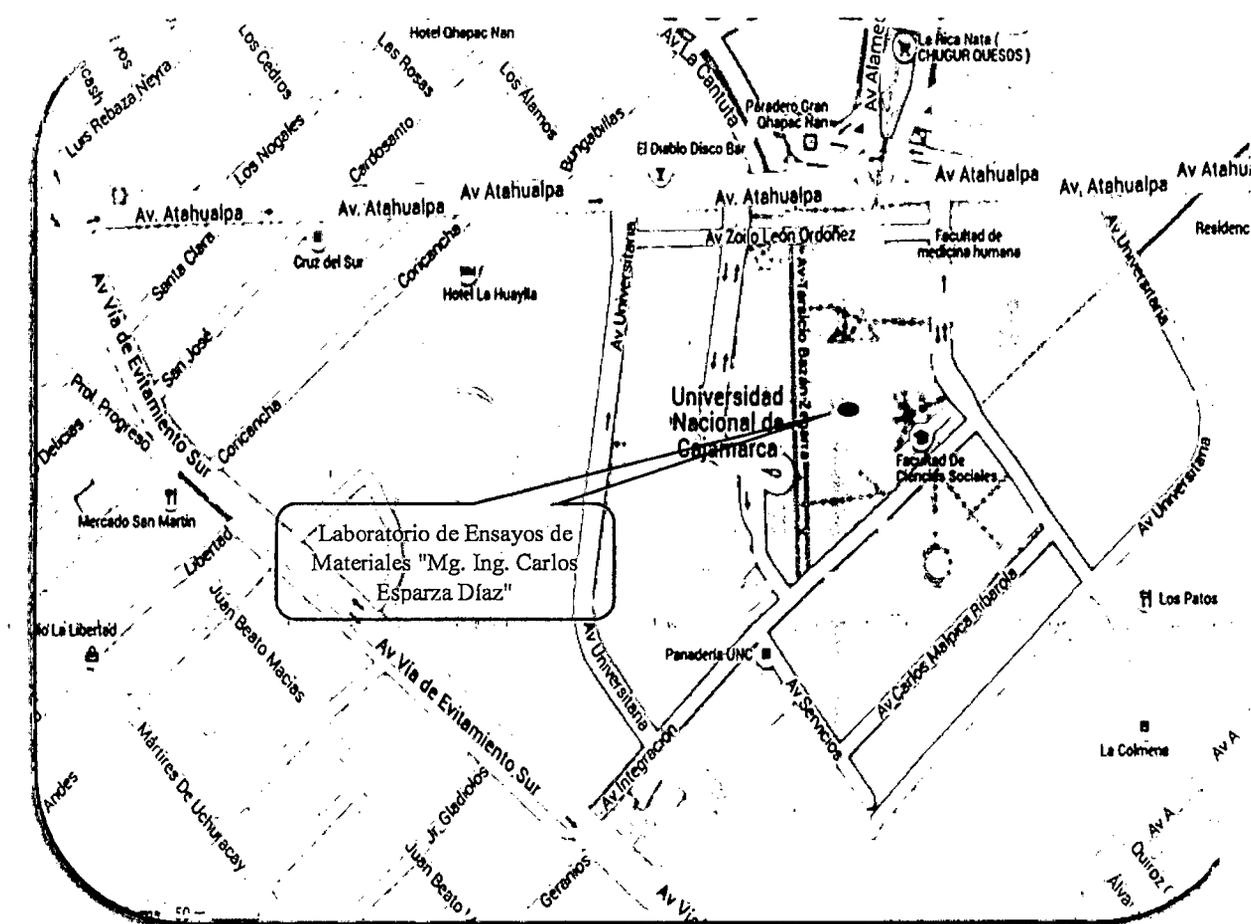


Imagen N° 7: Fotografía satelital de la ubicación de la investigación.

Fuente: <http://www.google.com/maps>

- B. TIPO DE INVESTIGACIÓN:** Investigación descriptiva: también llamada investigación estadística, en ella se destacan las características o rasgos de la situación, fenómeno u objeto de estudio, describiéndolas y analizándolas.
- C. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:** Diseño no experimental: porque no se manipularon variables durante el desarrollo del trabajo de investigación.
- D. POBLACIÓN DE ESTUDIO:** Para la presente investigación la población de estudio fue los bloques huecos de concreto artesanal elaborados en la fábrica del señor Félix Dilas Díaz del sector San Martín de la ciudad de Cajamarca.
- E. MUESTRA:** Los bloques huecos de concreto artesanal elaborados en la fábrica del señor Félix Dilas Díaz del sector San Martín serán: $n_1 = 150$ unidades de BC12 y $n_2 = 150$ unidades de BC14, de los cuales se determinaron las propiedades físicas - mecánicas más representativas de los bloques huecos de concreto, y construcción de muertes y pilas para la determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante.

3.2.2. ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO.

Para conocer las características físicas y mecánicas de los bloques de concreto, es necesario hacer los ensayos que establece la NTP 399.604, 2002: Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.

Tabla N° 12: Ubicación geográfica de la fábrica de los bloques de concreto.

Coordenadas geográficas (Grados, minutos, segundos)		Coordenadas geográficas (Grados decimales)		Coordenadas UTM	
Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Este	Norte
7° 10' 56.81" S	78° 30' 8.55" W	7.182448° S	78.502374° W	775842.00	9205330.0

Fuente: Tesista.

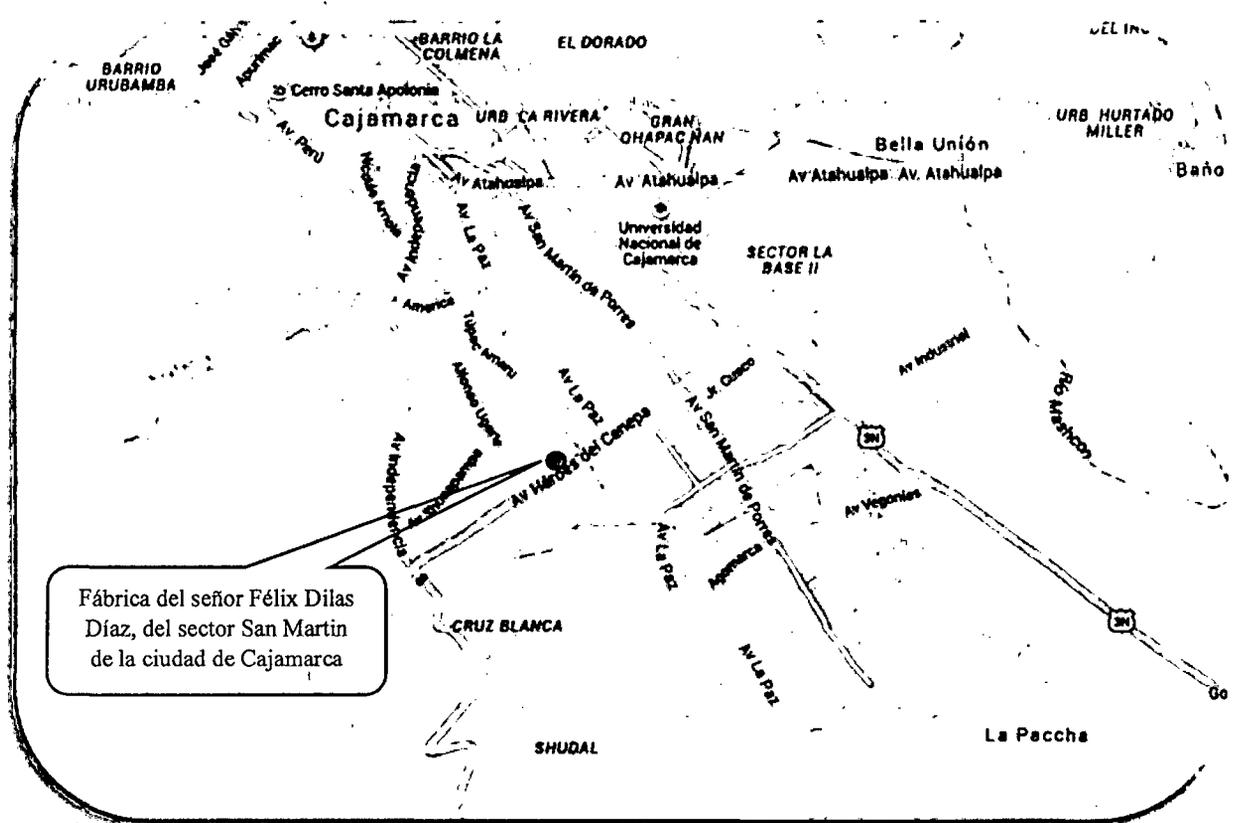


Imagen N° 8: Fotografía satelital de la ubicación de la fábrica de los bloques de concreto que se emplearon en la investigación.
 Fuente: <http://www.google.com/maps>

3.2.2.1. MUESTREO

Para la investigación se comenzó con la recopilación de datos; realizando la localización de la fábrica de los bloques, se procedió a registrar la ubicación y volumen de producción mensual de la ladrillera.

Luego de elegir las muestras se procedió a seleccionar las unidades de albañilería, los cuales fueron trasladados al Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz”, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, donde se hicieron los ensayos correspondientes.

Las especificaciones técnicas indicadas por el fabricante se aprecian en la siguiente Tabla:

Tabla N° 13: Características de los bloques huecos de concreto según fabricante

Característica	Valor	
	BC12	BC14
Dosificación para la elaboración de los bloques de concreto (BC12, BC14) en volumen.	1/9, (cemento/arena de cerro de la cantera El Gavilán) Para la dosificación del agua parten agregando un volumen de agua de 18 Litros/bolsa, para luego ir agregando más agua hasta obtener una superficie humedad.	
Muestra	150 Unidades	150 Unidades
Tipo	Bloqué hueco	Bloque hueco
Dimensiones	12 x19 x39 cm	14 x19 x39 cm
Peso	No especifica	No especifica
Resistencia a la compresión	No especifica	No especifica

Fuente: fábrica del señor Félix Dilas Díaz.



Imagen N° 9: selección de bloques de concreto para investigación.

Fuente: Tesista

La NTP 399.604, 2002. Establece que para propósito de los ensayos, unidades enteras de albañilería de concreto serán seleccionadas por el comprador y el vendedor de acuerdo a lo establecido por un método aceptado para el muestreo aleatorio que acuerden u opten. En todo caso las unidades deberán ser seleccionadas utilizando una tabla estadística de números aleatorios.

Los especímenes deberán ser representativos del lote total de unidades de los cuales han sido seleccionados. (NTP 399.604, 2002).

Se deberá marcar cada espécimen de manera que puedan ser identificados en cualquier momento. Las marcas cubrirán no más del 5% del área superficial del espécimen. (NTP 399.604, 2002)

3.2.2.2. VARIACIÓN DIMENSIONAL EN LOS BLOQUES DE CONCRETO

El ensayo de variación dimensional de los bloques de concreto, se desarrolló en base a las especificaciones de la norma NTP 399.604, 2002, donde se recomienda ensayar 3 especímenes por cada lote de 10 000 unidades. En tal sentido, para la presente tesis de investigación se ensayaron un total de 30 especímenes, 15 especímenes por cada tamaño de bloque seleccionada como muestra.

➤ **Aparatos:**

- ✓ Reglas metálicas de acero graduadas en divisiones de 1.0mm.
- ✓ Vernier (pie de rey), graduado en divisiones de 0.4mm y con quijadas paralelas de no menos de 12.7mm ni más de 25.4mm de longitud.

➤ **Procedimiento:**

- ✓ Para cada unidad, se midiera y registrara, el ancho, la longitud media de la superficie de apoyo superior e inferior, en la longitud media de cada cara y la longitud en la altura media de cada cara.
- ✓ La NTP 399.604, 2002, manda que se debe medir tres unidades enteras. Para cada unidad, se medirá y se registrará, el largo (L), ancho (A) y altura (H). Se toma como Dimensión Promedio (DP) la longitud promedio tomada en la parte media de las 4 caras de la unidad, utilizando la siguiente fórmula:

$$DP = \frac{D1+D2+D3+D4}{4} \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

DP = Dimensión Promedio (mm).

D1, D2, D3, D4 = Dimensiones medidas en la parte media de cada cara (mm).

Según la NTP 399.604, 2002, la variación dimensional esta expresada en porcentaje, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V\% = \frac{DE-DP}{DE} * 100 \dots\dots\dots (9)$$

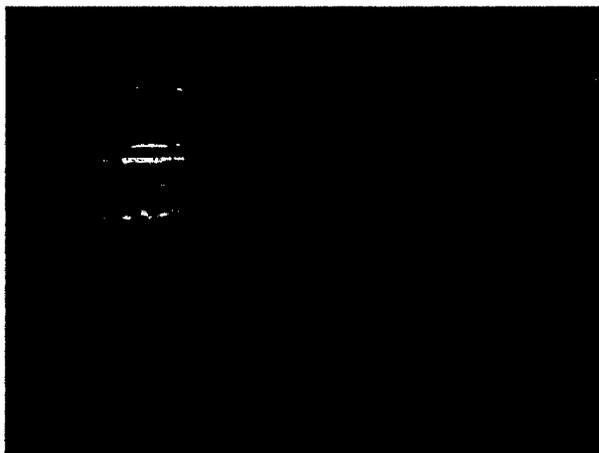
Donde:

V % = Variación Dimensional (%).

DE = Dimensión especificada por el fabricante (mm).

DP = Dimensión promedio (mm).

Los resultados se promediaron y se expresaron en milímetros enteros, tal como se muestra en el Anexo I.



*Imagen N° 10: Medición de las dimensiones del bloque de concreto.
Fuente: Tesista*

3.2.2.3. ALABEO EN LOS BLOQUES DE CONCRETO

Para la presente investigación se procedió a ensayar un total de 40 muestras enteras (20 muestras por cada tamaño de bloque seleccionada como muestra), este ensayo se realiza colocando la superficie de asiento de la unidad sobre una mesa plana, para luego medir por medio de una regla metálica graduada al 1.0 mm en la zona más alabeada dependiendo si es cóncava o convexa; también debe colocarse una regla que conecte los extremos diagonalmente opuestos de la unidad, para después medir en el punto de mayor deflexión. El alabeo de la unidad de albañilería será tomado como el valor promedio y se expresa en milímetros. (San Bartolomé 1994)

➤ **Aparatos:**

- ✓ Reglas metálicas graduadas al 1mm.

➤ **Procedimiento:**

- El procedimiento para registrar los valores de alabeo dependió del tipo de alabeo observado cuando se colocó en forma diagonal la regla tal como se muestra en la imagen.
- Cuando el alabeo se presentó cóncavo, se ubicó una segunda regla en la zona correspondiente a la mayor flecha, y en alabeo convexo, fue necesario acomodar

la regla metálica hasta que los valores de alabeo registrados con las reglas metálicas en los dos extremos fueran iguales. Este procedimiento se efectuó en las dos caras de asiento.

Los resultados se promediaron y se expresaron en milímetros enteros, tal como se muestra en el Anexo II.

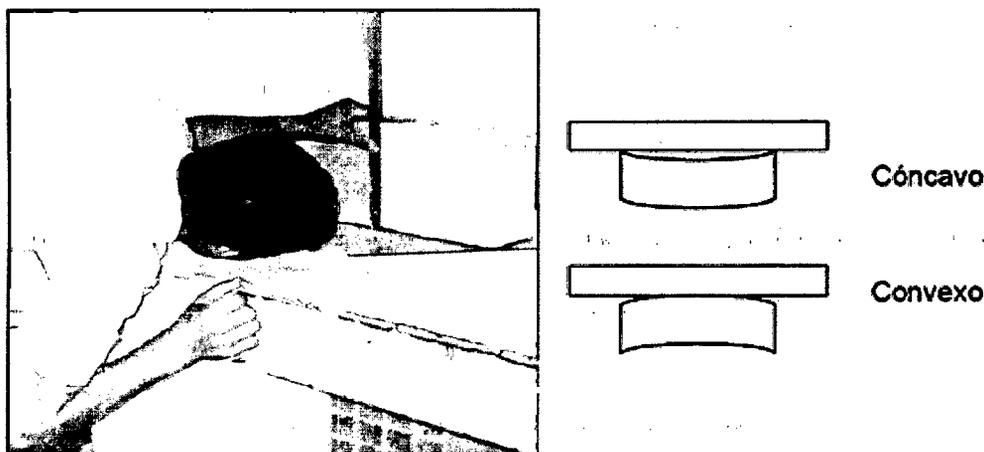


Imagen N° 11: Determinación del alabeo en bloque de concreto.

Fuente: Tesista

3.2.2.4. ABSORCIÓN EN LOS BLOQUES DE CONCRETO

El ensayo de absorción del bloque de concreto, se desarrolló en base a las especificaciones de la norma NTP 399.604, 2002, donde se recomienda ensayar 3 especímenes por cada lote de 10 000 unidades; en tal sentido, para la presente tesis de investigación se ensayaron un total de 30 especímenes (15 especímenes por cada tamaño de bloque seleccionada como muestra).

➤ Aparatos:

- ✓ **Balanza:** sensible con una aproximación de 0.01 gr.
- ✓ **Recipiente:** adecuado para la inmersión de la muestra y alambre adecuado para la suspensión del espécimen en agua.
- ✓ **Tanque de agua:** Un recipiente hermético, en el que se coloca el espécimen mientras está suspendido debajo de la balanza.

- ✓ **Estufa:** Una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

➤ **Procedimiento:**

- ✓ Se pesó el espécimen en estado natural.
- ✓ Se sumergió los especímenes de prueba en agua por 24 horas, luego de transcurridas las 24 horas se los retiro dela agua y se pesó los especímenes mientras están suspendidos por un alambre de metal y sumergidos totalmente en agua, se registró este dato como W_i (peso sumergido).
- ✓ Se procedió a sacar del agua y permitir el drenado por 1 minuto colocándolo en una malla de alambre más grueso de 9,5 mm, retirando el agua superficial visible con un paño húmedo; se pesar y se registró este dato como W_s (peso saturado).
- ✓ Posteriormente, se secó los especímenes en un horno ventilado a $110 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un tiempo no menor de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas mostraron un incremento de la pérdida no mayor que 0,2 % del peso último previamente determinado del espécimen. Se registró los pesos de los especímenes secados como W_d (peso secado al horno).

➤ **Cálculos:**

Absorción: Calcular la absorción como sigue:

$$\text{Absorción, kg/m}^3 = \frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \times 100 \dots \dots \dots (10)$$

$$\text{Absorción, \%} = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

W_s = peso saturado del espécimen, (kg)

W_i = peso sumergido del espécimen, (kg)

W_d = peso seco al horno del espécimen, (kg).

Peso específico: Calcular el peso específico seco al horno como sigue:

$$\text{Peso específico (Pe), kg/m}^3 = \frac{W_d}{W_S - W_i} \times 100 \dots \dots \dots (12)$$

➤ **Resultados:**

Los resultados se muestran en el anexo III.

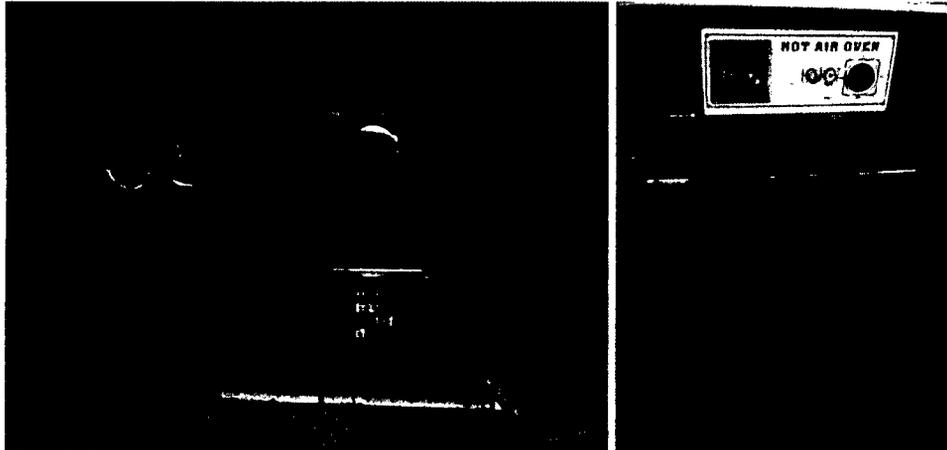


Imagen N° 12: Registro del peso saturado superficialmente seco y secado en el horno de los bloques huecos de concreto a 110 ±5 °C.

Fuente: Tesista

3.2.2.5. SUCCIÓN EN LOS BLOQUES DE CONCRETO

Para la presente tesis de investigación se decidió ensayar un total de 30 especímenes, 15 especímenes por cada tamaño de bloque seleccionada como muestra (5 especímenes por cada cara de asiento).

➤ **Aparatos:**

- ✓ **Balanza:** sensible con una aproximación de 0.01 gr.
- ✓ **Recipiente:** adecuado para poner agua (bandeja metálica).

- ✓ **Tanque de agua:** Un recipiente hermético, en el que se coloca el espécimen mientras está suspendido debajo de la balanza.

- ✓ **Estufa:** Una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.

- ✓ **Barras lisas:** dos barras lisas de acero de ½” que sirvieron de apoyo para el bloque.

➤ **Procedimiento:**

- ✓ Los bloques se secaron en el horno a una temperatura de 110° ±5 °C por 24 horas y luego se pesaron.
- ✓ Se registró el peso seco reiteradas veces hasta no obtener variaciones, cuando sucedió lo contrario el bloque debió permanecer en el horno.
- ✓ Se preparó una bandeja de metal con agua potable y se colocó sobre ésta, dos barras lisas de acero de ½” que sirvieron de apoyo para el bloque.
- ✓ La prueba consistió en pesar los bloques secos, colocarlos sobre las barras durante 1 minuto y llenar la bandeja con la finalidad de mantener el nivel de agua original (3mm sobre el nivel del bloque de la cara que se encuentra sobre las barras), Luego la unidad húmeda se pesó. La succión se expresó en gramos por minuto en un área normalizada de 200 cm², como indica la Norma E-070 y se calculó mediante la siguiente fórmula.

➤ **Cálculos:**

Succión (S): Calcular la succión como sigue:

$$Succión, (gr/200cm^2 - min) = \frac{200x(P_{suc} - P_{sec})}{Área\ bruta}$$

Donde:

S: Succión (gr/200cm² – min)

P_{suc}: Peso (gr) de la unidad luego de ser sumergido 3mm en agua durante 1 min.

P_{sec}: Peso seco (gr) de la unidad luego de permanecer en el horno.

Área Bruta: Ancho x Largo (cm²).

➤ **Resultados:**

Los resultados se muestran en el anexo IV.

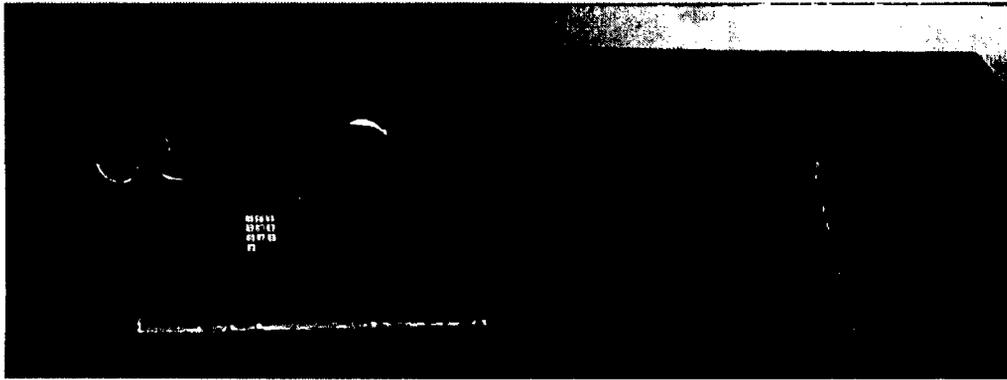


Imagen N° 13: Peso del bloque seco al horno, recipiente y varillas para ensayo de succión de bloques huecos de concreto.

Fuente: Tesista

3.2.2.6. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN LOS BLOQUES DE CONCRETO

El ensayo de compresión de la unidad, se desarrolló en base a las especificaciones de la norma NTP 399.604, 2002, donde se recomienda ensayar 3 especímenes por cada lote de 10 000 unidades; en tal sentido, para la presente trabajo se decidió ensayar un total de 30 especímenes, 15 especímenes por cada tamaño de bloque seleccionados, para la muestra.

Se refrentó las superficies de apoyo de las unidades con un mortero yeso-cemento. Los métodos están especificados en la NTP 399.604, 2002.

Se debe ensayar los especímenes con el centroide de sus superficies de apoyo alineada con el centro de empuje de la rótula de la máquina de ensayo de compresión. (NTP 399.604, 2002)

La NTP 399.604, 2002, dice que para la velocidad de ensayo se debe aplicar la carga hasta la mitad de la máxima prevista a cualquier velocidad conveniente, después ajustar los controles de la máquina para dar un recorrido uniforme del cabezal móvil tal que la carga restante sea aplicada en no menos de 1 minuto y no más de 2 minutos.

La resistencia unitaria se expresa como el valor de la carga de rotura dividida entre el área bruta (unidades sólidas) o entre el área neta (unidades huecas), de acuerdo a la Norma NTP 399.604.

➤ **Aparatos:**

- ✓ **Máquina universal a compresión:** Se usó una máquina de compresión hidráulica con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas. Así mismo se pudo operar con energía constante, siendo capaz de aplicar cargas continuas durante todo los procesos de ensayos.
- ✓ **Placas:** Se utilizó dos placas de acero colado de espesor de 25.4mm, para colocarlos en las caras de los bloques, para que estos se presenten nivelados y paralelos y la carga se distribuya uniformemente.
- ✓ **Deformímetro:** Aparato de medición de desplazamientos con precisión de 0.005mm.

➤ **Procedimiento:**

- ✓ Se registró su peso y se midió el largo, ancho y alto de las unidades a ensayar. Luego se ensayaron en la máquina universal para ensayos a la compresión.
- ✓ Para cada bloque ensayado se tomó datos de deformación cada 500.

➤ **Cálculos:**

La resistencia a la compresión del área bruta se determinó dividiendo la carga máxima entre el área bruta, según la NTP 399.604.

$$f'_b = \frac{P_m}{A_b} \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

f'_b : Resistencia a la compresión del área bruta

P_m : Carga máxima, kg.

A_b : Área bruta, cm².

➤ **Resultados:**

Los resultados se muestran en el capítulo IV.

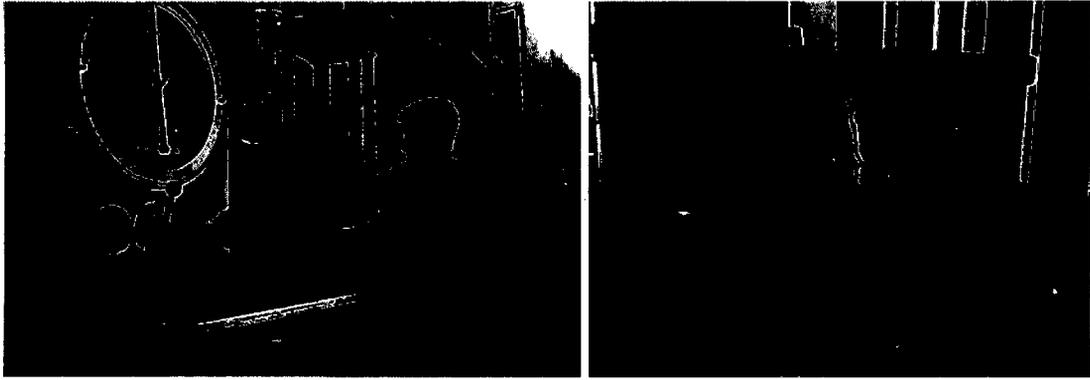


Imagen N° 14: Ensayo de resistencia a la compresión del bloques huecos de concreto.

Fuente: Tesista

3.2.3. ENSAYOS PRISMAS DE ALBAÑILERÍA DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO

Controlar la calidad de los bloques no es suficiente para predecir el comportamiento de un muro de albañilería y conocer el comportamiento que tienen los muros confinados ante las solicitaciones de carga reales, no es fácil conocer, ya que los ensayos son costosos, por lo que se elaboró especímenes pequeños (pilas y muretes) a las cuales se aplicó cargas que son similares a las solicitaciones reales.

3.2.3.1. COMPRESION AXIAL EN PILAS DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO

Este ensayo ha sido realizado acorde a la NTP 399.605. El espécimen para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería está estandarizado, y consiste en un prisma de unidades asentadas una sobre otra.

La esbeltez y la altura mínima de los prismas dependen si la albañilería es de ladrillos o de bloques. En el caso de los prismas de ladrillos la relación alto - ancho del prisma estará entre 2 y 5, y el alto no será menor de 30 cm. En el caso de las pilas de bloques, la esbeltez estará entre 1.3 y 5, y el alto no será menor de 30 cm, (Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005).

En pilas pequeñas, los valores de resistencia a compresión son mayores que los que arrojan las pilas esbeltas, debido a la mayor restricción al desplazamiento lateral

inducida por los cabezales del equipo de ensayo en pilas de poca esbeltez. Por esta razón la NTP 399.605 proporciona factores de corrección por esbeltez, estos factores difieren de los indicados en la Norma E.070.

Tabla N° 14: Factor de corrección de altura a espesores para resistencia a compresión de prismas de mampostería

hb/tp ^A	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de corrección	0.75	0.86	1	1.04	1.07	1.15	1.22

Fuente: Norma NTP 399.605

^A: Relación de altura y la menor dimensión lateral del prisma

➤ PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

➤ Aparatos:

- ✓ **Máquina universal:** Se usó una máquina de compresión con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas. Así mismo se pudo operar con energía constante, siendo capaz de aplicar cargas continuas durante todo los procesos de ensayos.
- ✓ **Vernier:** Aparato de medición con lecturas que deberán tener una precisión de 0.01mm.
- ✓ **Regla:** De metal con aproximación de 1mm.
- ✓ **Deformímetro:** Aparato de medición de desplazamientos con precisión de 0.005mm.

➤ Procedimiento:

- ✓ Se construyeron 12 pilas de 3 hiladas (06 con bloques de 12 cm de ancho y 06 pilas con bloques de 14 cm de ancho), con un espesor de junta de 12mm.
- El diseño del mortero se realizó analíticamente (ver Anexo X), con las proporciones indicadas en la Norma E-070, para muros portantes. mortero tipo P2 = 1:4 (cemento: arena).

- ✓ Al momento de la construcción se controló la altura con el escantillón, y la verticalidad con un nivel y plomada.
- ✓ Se realizó el curado según lo indicado en la NTP 399.605.
- ✓ Luego se aplicó un Refrentado (Capping) con mortero yeso-cemento de unos 3mm de espesor, con la finalidad de corregir las irregularidades que presente la albañilería, en la parte inferior y superior para uniformizar la superficie de contacto en el dispositivo del ensayo de compresión axial. El ensayo de compresión se efectuó cuando las pilas cumplieron los 28 días de edad.
- ✓ Se registró el peso de las pilas, se midió la altura (H) y el espesor efectivo (t).
- ✓ Se colocó manualmente en la maquina universal, aplicándose la carga, leyéndose en el dial de carga cada 400 Kg, y con la ayuda de un deformimetro se registró las deformaciones, para obtener las gráficas Esfuerzo vs. Deformación unitaria.

➤ **Cálculos:**

Se calculó la resistencia a compresión axial y el módulo de elasticidad en pilas de la siguiente manera:

Resistencia a compresión axial

$$f_m = \frac{P_{m\acute{a}x.}}{\acute{A}rea} \dots\dots\dots (14)$$

$$f'_m = f_m \times FC \dots\dots\dots (15)$$

Donde:

f'_m : Resistencia a compresión axial (Kg/cm²)

$P_{m\acute{a}x.}$: Fuerza máxima que resiste la pila (Kg)

$\acute{A}rea$: Área bruta transversal a la fuerza (cm²)

FC: Factor de corrección (por esbeltez Norma NTP 399.605)

➤ **Expresión de resultados:**

Los cálculos y resultados se muestran en el Anexo VI.

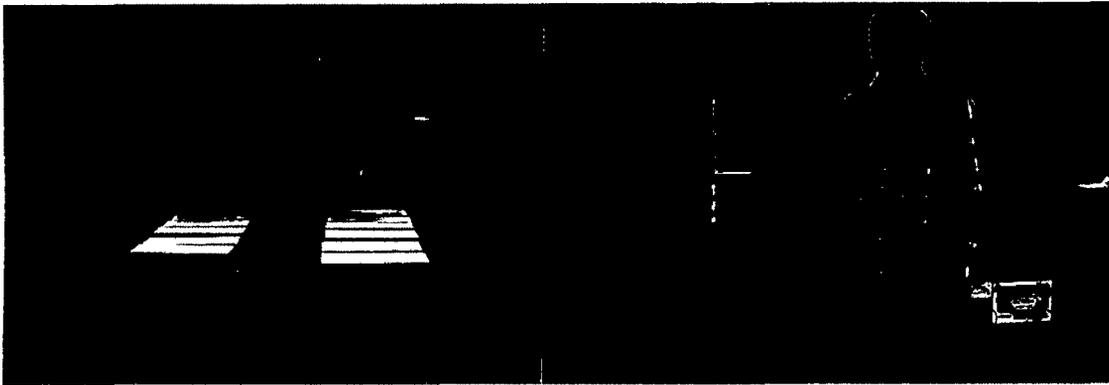


Imagen N° 15: Refrentado y ensayo de resistencia a compresión axial en pilas
Fuente: Tesista

➤ CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN PILAS (EM)

Se colocó un deformímetro en la máquina universal, para medir las deformaciones totales cada 400 kg de carga aplicada para cada una de las unidades de albañilería, con las dimensiones de ancho, largo y altura encontradas anteriormente, con las 6 pilas ensayadas de cada tipo de bloque y con los datos obtenidos se procedió a dibujar la gráfica Esfuerzo vs deformación unitaria, haciendo un diagrama de dispersión para cada tipo de bloque.

Para calcular el módulo de elasticidad se asume de la gráfica esfuerzo – deformación unitaria, tomando el 50% del esfuerzo y restado al 10 % del mismo, dividido al 50 % de la deformación unitaria menos el 10 %, esto se debe a que por razones de seguridad y precisión en los ensayos se obvia la parte inicial del ensayo (10%) porque las deformaciones obtenidas son del Refrentado, y se toma el 50 %, debido a que las pilas contienen cemento y en este elemento se considera que el primer 50 % es elástico lineal.

Por lo descrito anteriormente la formula a utilizar para el cálculo del módulo de elasticidad es el siguiente:

$$E_m = \frac{(P_{50\%} - P_{10\%})/A}{(\epsilon_{50\%} - \epsilon_{10\%})/L_i} \dots\dots\dots (16)$$

Donde:

$P_{50\%}$ y $P_{10\%}$: Carga axial al 50% y al 10%.

$\epsilon_{50\%}$ y $\epsilon_{10\%}$: Deformación al 50% y al 10%.

A: Área de la sección transversal.

L_i : longitud inicial.

Em: Módulo de elasticidad.

En resumen:

$$E_m = \frac{\delta}{\epsilon} \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

Em: Modulo de elasticidad.

δ : σ' (50%) – σ' (10%): 50% menos el 10 % del esfuerzo.

ϵ : ϵ' (50%) – ϵ' (10%): 50% menos el 10 % de la deformación Unitaria.

➤ **Expresión de resultados:**

Los cálculos y resultados se muestran en el Anexo VI.

3.2.3.2. COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO

➤ **PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN**

El ensayo de compresión diagonal en los muretes de albañilería sirve para determinar la resistencia característica a corte puro ($V'm$), y eventualmente si se instrumenta y registra las deformaciones diagonales para determinar el modulo corte de la albañilería (G_m).

Este ensayo ha sido realizado acorde a la NTP 399.621-2004 que es similar a la ASTM E 519-00.

➤ **Aparatos:**

- ✓ **Máquina universal:** Se usó una máquina de compresión con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas. Así mismo se pudo operar con energía constante, siendo capaz de aplicar cargas continuas durante todo los procesos de ensayos.

- ✓ **Vernier:** Aparato de medición con lecturas que deberán tener una precisión de 0.01mm.

- ✓ **Guincha:** metálica con aproximación de 0.5mm.

- ✓ **Deformímetro:** Aparato de medición de desplazamientos con precisión de 0.005mm.

➤ **Procedimiento:**

- ✓ Se construyeron 20 muretes de 0.60 x 0.60 m, (10 muretes con bloques de 12 cm de espesor y 10 muretes con bloques de 14 cm de espesor), con un espesor de junta de 12mm.
- ✓ El diseño del mortero se realizó analíticamente (ver Anexo X), con las proporciones indicadas en la Norma E-070, Mortero tipo P2 = 1:4 (cemento: arena).
- ✓ Al momento de la construcción se controló la altura con el escantillón, y la verticalidad con un nivel y plomada.
- ✓ Se realizó el curado según lo indicado en la Norma NTP 399.61-2004.
- ✓ Luego se aplicó un Refrentado (Capping) con mortero yeso-cemento de unos 3mm de espesor, con la finalidad de corregir las irregularidades que presente la albañilería, en la parte inferior y superior para uniformizar la superficie de contacto en el dispositivo del ensayo de compresión axial. El ensayo de compresión se efectuó cuando los muretes cumplieron los 28 días de edad.
- ✓ Los muretes se transportaron manualmente y con cuidado hasta la máquina universal.
- ✓ Se colocó un deformímetro en la máquina universal, para medir las deformaciones verticales y dos deformímetros para controlar las deformaciones horizontales, las lecturas se realizaron cada 200 kg de carga aplicada para cada murete, con las dimensiones de ancho, largo y altura encontradas anteriormente, con los 10 muretes ensayados de cada tipo de bloque y con los datos obtenidos se procedió a dibujar la gráfica Esfuerzo vs deformación unitaria, haciendo un diagrama de dispersión para cada tipo de bloque.

- ✓ **Cálculos:**

Esfuerzo cortante: Calcular el esfuerzo cortante en los muretes sobre la base del área bruta de la diagonal cargada, como sigue:

$$V_m = \frac{0.707P}{A_b} \dots\dots\dots (18)$$

Donde:

V_m : Esfuerzo cortante sobre el área bruta, en MPa

P : Carga aplicada, en Kg

A_b : Área bruta del espécimen, en cm², calculado como sigue:

$$A_b = \frac{l+h}{2} xt \dots\dots\dots (19)$$

Donde:

l : Largo del murete, en cm;

h : Altura del murete, en cm y

t : Espesor total del murete, en cm

- **Calculo de la resistencia al corte en muretes.**

La resistencia al corte puro resultó de dividir la carga máxima entre el área diagonal comprimida.

$$G_m = \frac{(P_{50\%} - P_{10\%}) / A_{diagonal}}{(\epsilon_{H50\%} - \epsilon_{H10\%}) / L_{Hi} + (\epsilon_{V50\%} - \epsilon_{V10\%}) / L_{Vi}} \dots\dots\dots (20)$$

Donde:

$P_{50\%}$ y $P_{10\%}$: Carga axial al 50% y al 10%.

$\epsilon_{H50\%}$ y $\epsilon_{H10\%}$: Deformación Horizontal al 50% y al 10%.

$\epsilon_{V50\%}$ y $\epsilon_{V10\%}$: Deformación Vertical al 50% y al 10%.

$A_{diagonal}$: Área diagonal.

L_{Hi} y L_{Vi} : longitud inicial Horizontal y vertical respectivamente

➤ **Expresión de resultados:**

Los cálculos y resultados se muestran en el Anexo VII.



Imagen N° 16: Medición y colocación de los muretes a la maquina universal, después de 28 días de ser construidos.

Fuente: Tesista

3.2.4. AGREGADO FINO PARA MORTERO

Los agregados finos son la fracción proveniente de la desintegración de natural o artificial de las rocas que pasa el tamiz 3/8" (9,52 mm), y queda retenido en el tamiz N° 200 (0,075 mm).

3.2.4.1. UBICACIÓN DE LA CANTERA DE ESTUDIO

El agregado para mortero se obtuvo de la cantera "La Victoria", estos agregados son extraídos de las márgenes del río Chonta, y se ubica en el km 2.7 de la carretera Cajamarca-Jesús, provincia y departamento de Cajamarca. Geográficamente en las coordenadas UTM según Datum WGS-84, ubican a la cantera en la Franja 17M con coordenadas 0779892.52 Este y 9205015.25 Norte, a una altitud de 2638 m.s.n.m.

Tabla N° 15: Ubicación geográfica de la Cantera "La Victoria"

Coordenadas geográficas (Grados, minutos, segundos)		Coordenadas geográficas (Grados decimales)		Coordenadas UTM	
Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Este	Norte
7° 11' 6.31" S	78° 27' 56.59" W	7.1850992 S	78.4657076 W	779892.52	9205015.25

Fuente: Tesista.

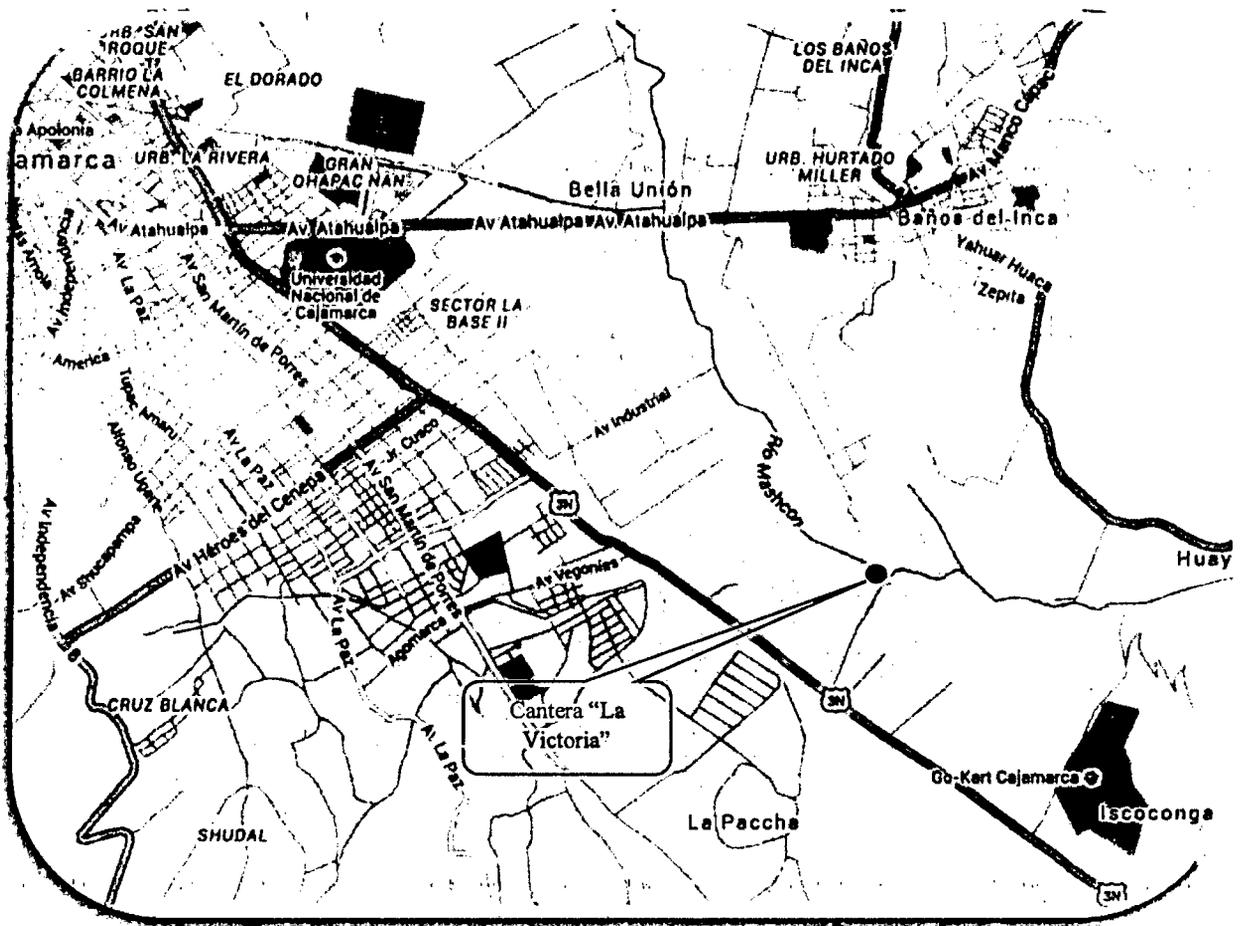


Imagen N° 17: Fotografía satelital de la ubicación de la cantera del agregado fino para mortero
 Fuente: <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>

En esta cantera se explotan a cielo abierto aproximadamente 9 ha. de material pétreo de libre aprovechamiento, existente en el lecho del Río Chonta a razón de 250 m³ por día y 75.000 m³/año, durante un período de 36 meses (3 años), para transportarlo hasta las diversas obras públicas de los sectores de la ciudad de Cajamarca y los sectores rurales de la provincia de Cajamarca.

A. Extracción y preparación del agregado para mortero

Debido a que en la presente investigación solo se utilizaría agregado fino convencional, arena natural sin triturar, proveniente de la cantera "La Victoria", se procedió solamente a realzar la extracción de las muestras de agregado fino en bolsas, para prevenir pérdidas o contaminación de la muestra, así como daños durante su transporte hacia las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca, según lo establecido en la NTP 400.010-2011.

Tabla N° 16: Medidas de las muestras de campo requeridas para los ensayos

Tamaño del agregado	Masa de la muestra de campo, min. Kg (lbs)	Muestra de campo Volumen min. L (Gal)
Agregado Fino		
2.36 mm (N° 8)	10 (22)	8 (2)
4.75 mm (N° 4)	10 (22)	8 (2)

Fuente: NTP 400.010-2011

Luego de la extracción de las muestras y una vez que se encontraban en el Laboratorio de Mecánica de Materiales, se procedió a la reducción de las mismas a tamaños de ensayo, esto según la NTP 400.043 o su equivalente la norma ASTM C 702. El material producto del ensayo fue colocado sobre una superficie libre de impurezas que puedan contaminar el mismo, luego se batió por tres veces el material con ayuda de una palana formando un pequeño montículo, enseguida se esparció el agregado de forma circular y se lo dividió en cuatro partes de apariencia simétrica, se tomó dos mitades opuestas y se procedió a repetir el ensayo hasta obtener las muestras según los pesos necesarios aproximados para cada ensayo.



Imagen N° 18: Selección de agregado fino para ensayo y Cuarteo de la muestra de agregado fino.

Fuente: Tesista

B. Materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200

El principio del ensayo consiste en evaluar el recubrimiento superficial que puede tener el agregado como consecuencia del material más fino y su poder perjudicial en el comportamiento del concreto o morteros en los que pueda ser empleado.

El ensayo para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N° 200) por lavado en agregados, se aplica para determinar la aceptabilidad de agregados finos en relación con los requisitos de la NTP 400.037 o su equivalente al ASTM C 33, este ensayo es realizado según lo estipulado en la NTP 400.018.

➤ **Cantidad de muestra.**

El tamaño de la muestra de ensayo, después del secado será de conformidad a lo siguiente:

Tabla N° 17: Cantidad mínima de muestra para partículas menores al tamiz N° 200

Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad mínima, gr
4.75 mm (N° 4) o más pequeño	300
Mayor que 4.75 mm (N° 4) a 9.5 mm (3/8 pulg)	1000
Mayor a 9.5 mm (3/8 pulg) a 19 mm (3/4 pulg)	2500
Mayor a 19 mm (3/4 pulg)	5000

Fuente: NTP 400.018-2013.

➤ **Equipos.**

- ✓ **Balanza:** Sensible a 0.1 % del peso medido.
- ✓ **Estufa:** Una estufa de tamaño suficiente capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- ✓ **Recipientes:** Un recipiente de suficiente tamaño para contener la muestra cubierta con agua y permitir una agitación vigorosa sin pérdidas de la muestra ni el agua.
- ✓ **Tamices:** Se utiliza el tamiz normalizado de 1,18 mm (N° 16) y el de 75 μm (N° 200), que cumplan con los requisitos de la Norma NTP 350.001.

➤ **Procedimiento.**

- ✓ Se secó la muestra de ensayo a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, se determinó la cantidad con una aproximación al 0.1% de la masa de la muestra de ensayo.

- ✓ Después de secar y determinar la masa, se colocó la muestra de ensayo en el recipiente y adicionó agua suficiente para cubrirla. Se agitó la muestra vigorosamente con el fin de separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz normalizado de 75 µm (Nº 200) de las partículas gruesas, y llevar el material fino a la suspensión. Se vertió inmediatamente el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices, colocando el tamiz más grueso en la parte superior.
- ✓ Se adiciono una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente con una manguera, se agitó y decantó como antes. Se repetir esta operación hasta que el agua de lavado estuvo clara.
- ✓ Se devolvió todo el material retenido sobre los tamices mediante un chorro de agua. Se secó el agregado lavado a peso constante a una temperatura de 110 °C y se determinó la masa con aproximación al 0.1 % de la masa original de la muestra.

➤ **Cálculos.**

Se calculó la cantidad de material que pasa el tamiz normalizado de 75 µm (Nº 200) por vía húmeda tal como sigue:

$$A = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100 \dots \dots \dots (21)$$

Donde:

A = Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de µm (Nº 200) por vía húmeda.

P1 = Masa seca de la muestra original, g

P2 = Masa seca de la muestra luego del lavado, g

➤ **Resultados.**

Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo X.

C. Granulometría del agregado fino

La norma E.070 indica que no debe quedar retenido más del 50% de la arena entre mallas ASTM E-11 consecutivas; y que el módulo de fineza (suma de los porcentajes retenidos por las mallas 100, 50, 30, 16, 8 y 4, dividido entre 100) debe estar comprendido entre 1.6 y 2.5. Finalmente, no debe utilizarse arena de playas marinas, en vista que las sales que ellas contienen producirían la eflorescencia del mortero y la corrosión del refuerzo.

Tabla N° 18: Granulometría de la arena gruesa

Malla ASTM	% Que Pasa
N° 4 (4.75 mm)	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100
N° 16 (1.18 mm)	70 a 100
N° 30 (0.60 mm)	40 a 75
N° 50 (0.30 mm)	10 a 35
N° 100 (0.15 mm)	2 a 15
N° 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: NTP E - 070

a) Análisis granulométrico del agregado fino

Para determinar la granulometría del agregado fino se usó el método del cribado, este método se utilizó para determinar la distribución aproximada de las partículas de los agregados y por medio de una serie de procedimientos hallaremos el módulo de finura del agregado fino, según la norma ASTM C 136 o la NTP 400.012, que resulta de dividir por 100 la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, cuyo valor no debe ser mayor que 3,1 ni menor que 2,3 (para concretos convencionales) para así evitar, la segregación del agregado grueso cuando el agregado es muy fino.

➤ Cantidad de muestra.

La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g como mínimo.

➤ Equipos.

- ✓ **Balanza:** La balanza utilizada en el ensayo de agregado fino será con aproximación y exacta a 0.1 g ó 0.1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

- ✓ **Horno:** Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C.
- ✓ **Tamices:** Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.

➤ **Procedimiento.**

- ✓ Se secó la muestra total a peso constante a una temperatura de 110 °C., luego se pesó una muestra de 1500 g.
- ✓ Se seleccionó tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado.
- ✓ Se ordenó y encajo los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y se colocó la muestra en partes sobre el tamiz superior.
- ✓ Se agito los tamices manualmente por un periodo suficiente.

➤ **Cálculos.**

En base a la Norma ASTM C 136 o su equivalente la NTP 400.012, se calcula el porcentaje de la muestra retenida en cada tamiz.

$$R = \frac{P_P}{P_T} \times 100 \dots \dots \dots (22)$$

Donde:

R= Porcentaje parcial de la muestra retenida en el tamiz n, (%)

PP= Peso parcial de la muestra retenida en el tamiz n, (gr)

PT= Peso total de la muestra, (gr)

$$MF = \frac{\sum R}{100} \dots \dots \dots (23)$$

Donde:

MF= Modulo de finura.

$\sum R$ = Suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100.

➤ Resultados.

Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo X.

b) Densidad relativa y absorción del agregado fino para mortero

Este método de ensayo es realizado según la NTP 400.022 o la ASTM C 128, la densidad relativa (peso específico) es la relación entre el peso y el peso de un volumen de agregados completamente saturados de agua.

La absorción se vincula con la porosidad del material y está directamente relacionada con la adherencia, resistencia y una buena cohesión entre los componentes del concreto, así como a su comportamiento frente a problemas de congelamiento, deshielo e intemperismo.

➤ Equipos.

- ✓ **Estufa:** Una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.
- ✓ **Picnómetro:** (para usarse con el procedimiento gravimétrico): Un frasco u otro contenedor apropiado en el cual la muestra de agregado fino puede ser rápidamente introducida y en el cual el contenido del volumen puede ser calibrado hasta $\pm 0.1\text{ cm}^3$. El volumen del recipiente lleno hasta la marca será de al menos 50 % mayor que el espacio necesario para acomodar la muestra de ensayo.
- ✓ **Balanza:** Una balanza o báscula que tiene una capacidad de 1 kg o más, sensibles a 0.1 g o menos, y una precisión de 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo.
- ✓ **El molde y barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad:** El molde metálico deberá tener la forma de un tronco de cono con las dimensiones de la siguiente manera: $40\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ de diámetro interior en la parte superior, $90\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ de diámetro interior en la parte inferior y $75\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. La barra compactadora de metal tendrá una masa de $340\text{ g} \pm 15\text{ g}$ y una cara plana circular de apisonamiento de $25\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ de diámetro.

➤ **Procedimiento.**

- ✓ Se colocó la muestra de ensayo de agregado fino, obtenido a través del método de cuarteo, en un envase adecuado y se secó a peso constante a una temperatura 110°C , se dejó enfriar el agregado hasta una temperatura de manipulación, se lo cubrió con agua y se lo dejó reposar por 24h.
- ✓ Se extendió sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire y se removió frecuentemente para garantizar un secado uniforme, se continuó esta operación hasta que los granos del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí.
- ✓ Se procedió a colocar el agregado fino en forma suelta en el molde cónico y se golpeó la superficie 25 veces con la varilla de metal, luego se retiró la arena suelta de la base y se levantó el molde verticalmente, se verificó que aún existía humedad libre, ya que el agregado fino mantenía la forma del cono. Se realizó esta operación dos veces más y luego de esto se observó que el agregado fino se derrumbó al quitar el cono, esto nos indicó que el agregado fino se encontraba en estado de superficie seca.
- ✓ Se introdujo en el picnómetro la muestra de agregado fino, luego se llenó de agua hasta casi los 500 cm^3 , enseguida se hizo rodar el picnómetro sobre una superficie plana, hasta eliminar todas las burbujas de aire, luego de aproximadamente de una hora se llenó con agua el picnómetro hasta la marca de 500 cm^3 .
- ✓ Se determinó el peso total del picnómetro con el agua y la muestra.
- ✓ Con mucho cuidado se retiró el material del picnómetro y se lo seco a peso constante a una temperatura de $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$, por un lapso de 24 horas, luego de ello se enfrió a temperatura ambiente y se pesó la muestra.
- ✓ Se pesó el picnómetro lleno de agua hasta la marca de 500 cm^3 .

➤ **Cálculos.**

- ✓ **Densidad relativa (Gravedad específica) (OD):** en base al agregado secado al horno.

$$\text{Densidad relativa (Gravedad específica) (OD)} = \frac{A}{(B+S-C)} \dots\dots\dots (24)$$

Donde:

A= masa de la muestra secada al horno, (g)

B= masa del picnómetro lleno agua hasta la marca de calibración, (g)

C= masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, (g)

S= masa de la muestra saturada superficialmente seca, (g)

- ✓ **Densidad relativa (Gravedad específica) (SSD):** en base al agregado con superficie seca saturada.

$$\text{Densidad relativa (Gravedad específica) (SSD)} = \frac{S}{(B+S-C)} \dots\dots\dots (25)$$

- ✓ **Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente):** Calcular como sigue:

$$\text{Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente)} = \frac{A}{(B+A-C)} \dots\dots\dots (26)$$

- ✓ **Absorción:** Calcular el porcentaje de absorción de la siguiente manera:

$$\text{Absorción (\%)} = 100 * \left(\frac{S-A}{A}\right) \dots\dots\dots (27)$$

➤ **Resultados.**

Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo X.

c) Masa por unidad de volumen del agregado fino

El procedimiento de este ensayo es descrito por la NTP 400.017 o la ASTM C 29, y establece que en base al tamaño máximo nominal del agregado se selecciona el volumen mínimo apropiado del molde a utilizar para determinar la densidad de masa.

Los resultados obtenidos en este ensayo son necesarios para el proporcionamiento de mezclas de concreto y para conversiones masa/volumen en la aceptación de materiales en la obra.

Los equipos y/o aparatos utilizados para realizar este ensayo son los siguientes:

➤ **Equipos.**

- ✓ **Recipiente:** Un recipiente cilíndrico de metal. Será hermético a prueba de agua, con bordes superior e inferior firmes y parejos con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígidas para mantener su forma en condiciones severas de uso. El recipiente tendrá una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso tendrá una altura de menos del 80% ni más del 150% del diámetro.
- ✓ **Pala o cucharón:** Una pala o cucharón de un tamaño conveniente para llenar el recipiente con el agregado.
- ✓ **Fiola:** Un frasco u otro contenedor apropiado en el cual el contenido del volumen puede ser calibrado hasta $\pm 0.1 \text{ cm}^3$.
- ✓ **Placa de Vidrio:** Una placa de vidrio, de al menos 6 mm de espesor y al menos 25 mm mayor que el diámetro del recipiente a ser calibrado.
- ✓ **Balanza:** Una balanza con exactitud dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0.05 kg.
- ✓ **Varilla de apisonado:** Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.
- ✓ **Grasa:** Una placa de vidrio, de al menos 6 mm de espesor y al menos 25 mm mayor que el diámetro del recipiente a ser calibrado.

➤ **Procedimiento.**

- ✓ Inicialmente se determinó la densidad del agua, para ello se llenó la fiola hasta la línea de calibración, se halló la masa de la fiola llena de agua hasta la marca de calibración y luego se pesó la fiola vacía.
- ✓ Se calibró el recipiente o molde: se determinó la masa de la placa de vidrio y del recipiente con exactitud de 0.5 kg, se colocó una capa de grasa en el borde del recipiente para evitar fugas de agua, luego se llenó el recipiente con agua a

temperatura ambiente y se cubrió el mismo con la placa de vidrio tratando de eliminar todas las burbujas y el exceso de agua, finalmente se determinó la masa de la placa de vidrio más el recipiente lleno de agua, con exactitud de 0.5 kg, luego de realizar todo el procedimiento se calcula el volumen del recipiente y/o el factor F del molde mediante las fórmulas que se verán líneas adelante.

➤ **Procedimiento para peso suelto**

- ✓ Se introdujo el agregado en el molde seleccionado en su estado suelto, llenándolo por medio de una cuchara o pala a una altura no mayor a 2" por encima del borde superior del molde hasta que el material rebose el molde; teniendo el cuidado de evitar en la medida de lo posible la segregación. A continuación se niveló la superficie con una regla enrasadora teniendo el cuidado de no presionar mucho para no compactar ligeramente su estado suelto o nivelando. A continuación se determinó los pesos del molde con el agregado y del peso del molde solo (con una precisión de 0.05 kg) y se procedió a realizar la serie de cálculos (con las unidades consistentes).

➤ **Procedimiento de apisonado**

- ✓ Se introdujo el agregado en el molde seleccionado y llenándolo en tres capas de igual altura; cada capa fue compactada por medio de la aplicación de 25 golpes (igualmente espaciados sobre su superficie) con una varilla lisa de acero de 5/8" de diámetro y 24" de largo cuyos extremos están redondeados con punta semiesférica. La primera capa se niveló con los dedos su superficie, a continuación se varilló la capa de agregados con 25 golpes uniformemente distribuidos sobre su superficie; al varillar la primera capa no se debe permitir que la varilla toque el fondo del recipiente. A continuación se llenó el recipiente a dos tercios de su altura, se volvió a nivelar y varillar (para la segunda y tercera capa se procura aplicar golpes vigorosos pero de forma tal que la varilla no penetre la capa anterior), finalmente se llenó el recipiente hasta rebosarlo y se varilló de la forma descrita anteriormente, Se nivela la superficie del agregado con los dedos o regla enrasadora. A continuación se determinó los pesos del molde con el agregado y del peso del molde solo (con una precisión de 0.05 kg) y se procede a realizar la serie de cálculos (con las unidades consistentes).

✓ **Cálculos.**

La densidad de masa se calcula de acuerdo a la norma NTP 400.017 o ASTM C 29, mediante las siguientes ecuaciones:

✓ **Densidad del Agua:** Calcular la densidad del agua como sigue:

$$D = \frac{P_1 - P_2}{V} \dots\dots\dots (28)$$

Donde:

D = Densidad del agua para la temperatura medida, kg/m³

P1 = Masa de la fiola y agua, kg

P2 = Masa de la fiola, kg

V = Volumen de la fiola hasta la línea de calibración, m³

✓ **Volumen y Factor de recipiente:** Calcular el volumen y factor F del recipiente como sigue:

$$W = \frac{W - M}{D} \dots\dots\dots (29)$$

$$F = \frac{D}{W - M} \dots\dots\dots (30)$$

Donde:

V = Volumen del recipiente, m³

F = Factor para el recipiente, l/m³

W = Masa del agua, placa de vidrio y recipiente, kg

M = Masa de placa de vidrio y recipiente, kg

D = Densidad del agua para la temperatura medida, kg/m³

✓ **Densidad de masa:** Calcular la densidad de masa como sigue:

$$DM = \frac{(G - T)}{V} \dots\dots\dots (31)$$

$$DM = (G - T) \times F \dots\dots\dots (32)$$

Donde:

DM= Densidad de masa del agregado, kg/m³

G = Masa del recipiente y agregado, kg

T = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m³

F = Factor para el recipiente, l/m³

- ✓ **Contenido de Vacíos:** Para determinar el contenido de vacíos se requiere el valor de gravedad específica de masa obtenida de acuerdo a los procedimientos descritos en la NTP 400.021 o NTP 400.022 (ASTM C-127 o C 128) según corresponda y se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Vacios} = \frac{\{(S \times W) - M\}}{(S \times V)} \times 100 \dots \dots \dots (33)$$

Donde:

M = Densidad de masa del agregado, kg/m³

S = Gravedad específica de masa (NTP 400.021 o NTP 400.022)

W = Densidad del agua, kg/m³

- ✓ **Resultados.**

Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo X.

3.2.5. AGUA

El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas. En caso de tener que usar en la dosificación del concreto, agua no potable o de calidad no comprobada, debe hacerse con ella cubos de mortero, que deben tener a los 7 y 28 días un 90% de la resistencia de los morteros que se preparen con agua potable. Los límites permisibles para el agua para concreto se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla N° 19: Límites permisibles para el agua de mezcla

Descripción	Limite permisible		
Sólidos en suspensión	5000	ppm	Máximo
Materia orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaCHCO ₃)	1000	ppm	Máximo
Sulfatos (ion SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ion Cl)	1000	ppm	Máximo
pH	5 a 8	ppm	Máximo

Fuente: NTP 399.088

El agua empleada en la preparación del mortero y curado de las juntas, fue el agua del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, agua extraída de pozos subterráneos, que cumple con los límites máximos y mínimos permisibles según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano según el DS N9 031-2010-SA; cumpliendo así los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la Norma NTP 339.088.

3.2.6. CEMENTO

En la presente investigación se utilizó cemento TIPO I, que cumple con la norma NTP 334.009 y la ASTM C 150, fabricado por la empresa PACASMAYO S.A.A, es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales.

3.2.7. MORTERO

La Norma E-070, indica que el mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado.

3.2.8. DISEÑO ANALITICO DEL MORTERO

El diseño del mortero se realizó analíticamente, con los datos obtenidos de la granulometría de la arena gruesa de la cantera “La Victoria”, propiedades físicas del agregado grueso (Ver Anexo X), cemento portland tipo I (bolsa verde y agua).

De acuerdo a la Norma E-070, se diseñó para muros portantes por lo que, el mortero es el tipo P2, en proporciones de 1:4 (cemento: arena). Ver diseño de mortero en Anexo X.

3.2.9. ENSAYOS EN CUBOS DE MORTERO

3.2.10. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

El ensayo de compresión del mortero (ASTM C-579) consiste en preparar probetas cúbicas de 5cm de lado, vaciadas en moldes metálicos, y curadas durante 28 días en agua, el ensayo se realiza sólo con fines de controlar la calidad del mortero, debido a que las probetas no reflejan las condiciones reales que se producen en las juntas, tales como:

- La interacción unidad-mortero, o pérdida de agua en la mezcla por succión de la unidad.
- El espesor de la junta, a menor altura de la probeta se obtiene mayor resistencia.
- La restricción al desplazamiento lateral impuesto por los cabezales de la máquina de ensayo.

La resistencia a compresión f_c se determinó dividiendo la carga de rotura entre el área bruta en las probetas cúbicas de 5 cm de lado; y la resistencia a compresión característica del mortero f'_c se obtuvo restando una desviación estándar al promedio de los resultados.

$$f_c = \frac{P \text{ m\`a}x.}{A_t} \dots\dots\dots (34)$$

Donde:

f_c = Resistencia a compresión del mortero, kg/m²

P max. = carga máxima, kg

A_t = Área en la que se aplica la carga (Largo x Ancho)

La resistencia a compresión característica del mortero se obtiene de la siguiente manera:

$$f'_c = f_c - \sigma \dots\dots\dots (35)$$

Donde:

f_c = Resistencia a compresión del mortero, kg/m²

σ = Desviación estándar, kg/m²

✓ **Resultados.**

Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo X.

CAPÍTULO IV: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ENSAYADAS

Para la presente investigación se utilizó bloques huecos de concreto, producidos artesanalmente en la fábrica del señor Félix Dilas Díaz, del sector San Martín, de la ciudad de Cajamarca.

4.1.1. ANALISIS DE ENSAYOS CLASIFICATORIOS EN BLOQUES HUECOS DE CONCRETO

4.1.1.1. ANALISIS DE LOS ENSAYOS DE LA VARIABILIDAD DIMENSIONAL

- De la Tabla 20 se aprecia que los bloques huecos de concreto (BC-12) producido artesanalmente en la fábrica del señor Félix Dilas Díaz, del sector San Martín, de la ciudad de Cajamarca, tiene una variación dimensional de -2.57 % respecto a las medidas indicadas por el fabricante (39x12x19 cm) al momento de la compra.

El proceso de cálculo se encuentra el Anexo I.

Tabla N° 20: Resultados de variación dimensional en bloques huecos de concreto (BC-12)

Característica	Largo	Ancho	Alto
Medida promedio de ensayo (mm)	388.15	121.27	194.88
Desviación estándar (mm)	0.60	0.27	0.87
Longitud de fábrica (mm)	390	120	190
variación Dimensional	0.47%	-1.06%	-2.57%

Fuente: Tesista

- De la Tabla 21 se aprecia que los bloques huecos de concreto (BC-14) producido artesanalmente en la fábrica del señor Félix Dilas Díaz, del sector San Martín, de la ciudad de Cajamarca, tiene una variación dimensional de -1.94 % respecto a las medidas indicadas por el fabricante (39x14x19 cm) al momento de la compra.

El proceso de cálculo se encuentra el Anexo I.

Tabla N° 21: Resultados de variación dimensional en bloques huecos de concreto (BC-14)

Característica	Largo	Ancho	Alto
Medida promedio de ensayo (mm)	388.87	141.24	193.68
Desviación estándar (mm)	0.67	0.27	0.94
Longitud de fábrica (mm)	390	140	190
variación Dimensional	0.29%	-0.88%	-1.94%

Fuente: Tesista

- Las dimensiones (ancho y largo) de los ensayos realizados (tabla 19 y 20), no difieren por más de ± 3 mm de las dimensiones estándar especificados por el fabricante, cumpliendo de esta manera con la Norma NTP 339.602 (bloques de concreto para uso estructural) y NTP 339.600 (bloques de concreto para uso no estructural). pero la dimensión de la altura no cumple con la normativa indicada siendo mayor a 3mm su variación.

4.1.1.2. ANALISIS DE LOS ENSAYOS DE ALABEO

- Podemos apreciar en la Tabla 22 que el alabeo cóncavo es 1.42 mm y el alabeo convexo en 1.97 mm en bloques huecos de concreto (BC-12), el alabeo cóncavo es 2.00 mm y el alabeo convexo en 2.33 mm en bloques huecos de concreto (BC-14), los muros tendrán mayor espesor de mortero, afectando esto a la resistencia ya que por cada milímetro de junta adicional de mortero, el resistencia baja un 15 %.

El proceso de cálculo se encuentra en el Anexo I.

Tabla N° 22: Resultados del ensayo de alabeo en bloques huecos de concreto.

Característica	Alabeo en BC-12	Alabeo en BC-14
Cóncavo (mm)	1.42	2.00
Convexo (mm)	1.97	2.33

Fuente: Tesista

4.1.1.3. ANALISIS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

Se determinó la resistencia a la compresión simple en 30 bloques de huecos de concreto (15 por cada tipo de bloque), a través del método establecido por la NTP 399.604, los resultados obtenidos fueron contrastados con los requisitos de resistencia a la compresión en bloques de concreto de acuerdo a la NTP 399.600 y la NTP 399.602.

Los resultados promedio se muestran en las siguientes tablas:

Tabla N° 23: Promedio de resultados del ensayo de resistencia a la compresión en bloques huecos de concreto respecto al área bruta promedio (BC-12)

Característica	MPa	Kg/cm ²
Resistencia a la compresión Promedio (fb)	3.86	39.35
Desviación estándar (σ)	0.21	2.14
Resistencia característica a la compresión (f'b)	3.65	37.22
Coefficiente de variación (%)	5.43%	5.43%

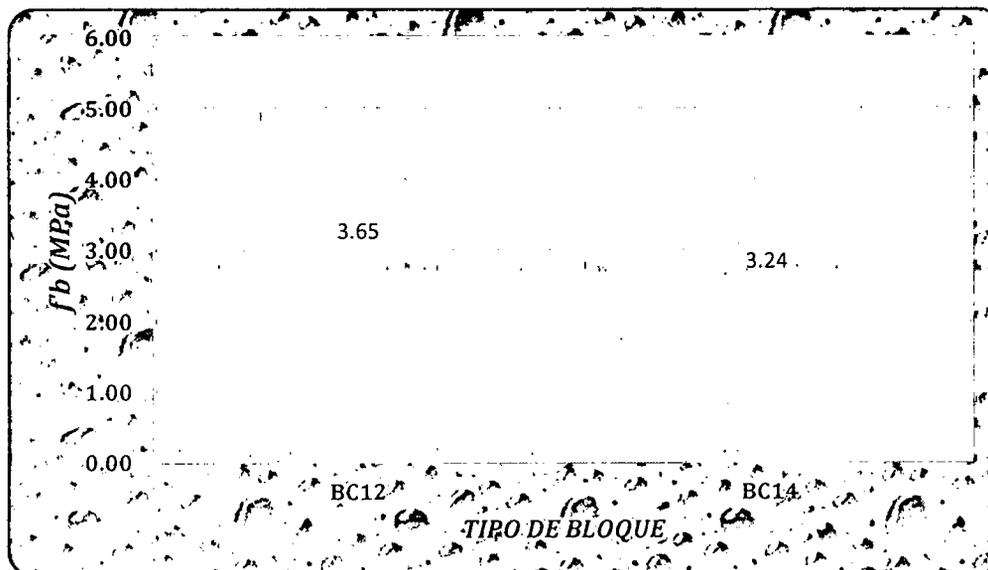
Fuente: Tesista

Tabla N° 24: Promedio de resultados del ensayo de resistencia a la compresión en bloques huecos de concreto respecto al área bruta promedio (BC-14)

Característica	MPa	Kg/cm ²
Resistencia a la compresión Promedio (fb)	3.52	35.87
Desviación estándar (σ)	0.28	2.86
Resistencia característica a la compresión (f'b)	3.24	33.01
Coefficiente de variación (%)	7.97%	7.97%

Fuente: Tesista

Grafico N° 1: resistencia característica a compresión axial en bloques vs tipo de bloque



Fuente: Tesista

- Según la NTP 399.602 los bloques de concreto para uso estructural deben tener una resistencia a la compresión mínima a los 28 días de 6 MPa y según la NTP 399.600 los bloques de concreto para uso no estructural deben tener una resistencia a la compresión mínima a los 28 días de 3.5 MPa, la Norma E.070, establece que la resistencia mínima para muros portantes es de 4.9 MPa y para muros no portantes

2MPa, analizando las tablas 22 y 23 y además el gráfico N° 1, observamos que los bloques huecos de concreto elaborados artesanalmente en la fábrica del señor Félix Dilas Díaz, del sector San Martín, de la ciudad de Cajamarca, alcanzan una resistencia a la compresión promedio a los 28 días de 3.65 MPa (37.22kg/cm²) en bloques BC-12 (tabla 23) y una resistencia a la compresión promedio a los 28 días de 3.24 MPa (33.01 kg/cm²) en bloques BC-14 (tabla 24), por lo que no cumplen con los requisitos mínimos de resistencia a la compresión para unidades de albañilería de uso estructural pero si cumplen con los requisitos mínimos de resistencia a la compresión para unidades de albañilería de uso no estructural (Norma E.070).

4.1.2. ANALISIS DE ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS EN BLOQUES HUECOS DE CONCRETO

4.1.2.1. ANALISIS DEL LOS ENSAYOS DE ABSORCIÓN

El ensayo de absorción en bloques huecos de concreto, se desarrolló en base a las especificaciones de la norma NTP 399.604, 2002, para la presente investigación se ensayaron un total de 30 especímenes (15 especímenes de BC-12 y 15 especímenes de BC-14).

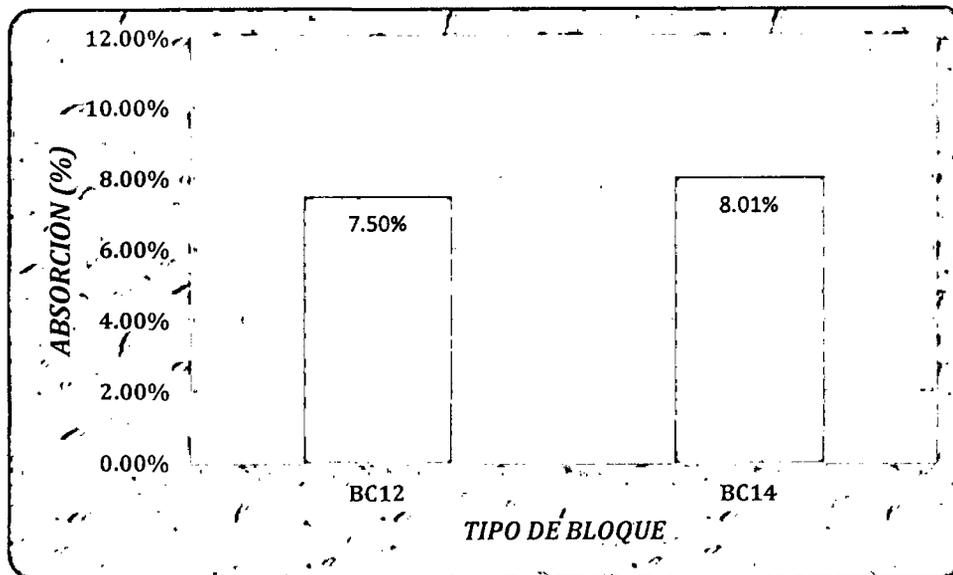
El ensayo de absorción promedio en BC-12 es de 7.50% y en BC-14 es de 8.01%, como se aprecia en la tabla 25 y en el gráfico N°2, cumpliendo en ambos casos con la Norma NTP 399.604, la cual indica una absorción máxima de 12%.

Tabla N° 25: Promedio de resultados del ensayo de absorción en bloques huecos de concreto.

Característica	BC-12				BC-14			
	Abs. (Kg/m ³)	Abs. (%)	Cont. de Hum. (%)	Dens. (Kg/m ³)	Abs. (Kg/m ³)	Abs. (%)	Cont. de Hum. (%)	Dens. (Kg/m ³)
Promedio	163.51	7.50	25.78	2181.43	185.20	8.01	25.44	2312.13
Desviación estándar	5.45	0.28	8.13	47.84	14.06	0.56	6.71	55.59
Coefficiente de Variación (Cv)	3.33%	3.68%	31.55%	2.19%	7.59%	6.99%	26.38%	2.40%

Fuente: Tesista

Grafico N° 2: absorción vs tipo de bloque



Fuente: Tesista

4.1.2.2. ANALISIS DE LOS ENSAYOS DE SUCCIÓN

La Norma E.070 especifica que la succión de los ladrillos debe estar comprendida entre los 10 y 20 g/200 cm² –min.

Cuando excede este valor es necesario regar a los ladrillos de arcilla durante 30 min, un día antes del asentado.

Esta operación no puede hacerse con los bloques de concreto porque se expandiría para luego contraerse al secar, lo que podría causar fisuras en los muros, los bloques huecos de concreto presentan una succión que va desde 16.21 g/200 cm² –min en la cara inferior de asiento hasta 26.78 g/200 cm² –min en la cara superior de asiento en bloques de 12cm de espesor y en bloques de 14cm de espesor la succión es 18.89 g/200 cm² –min en la cara inferior de asiento hasta 28.07 g/200 cm² –min en la cara superior de asiento.

Existen valores de succión en los bloques huecos de concreto ensayados, que sobrepasan los 20 g/200 cm² –min, esto se debe al empleo de arena de cerro (cantera el gavilán) durante su fabricación, y de la visita hecha a la fábrica de los bloques se pudo observar que el agregado tenía bastantes finos.

El proceso de cálculo se encuentra en el Anexo I.

Tabla N° 26: Promedio de resultados del ensayo de succión en bloques huecos de concreto respecto a la cara superior de asiento

Característica	BC-12	BC-14
Promedio (S) g/200 cm ² –min.	26.78	28.07
Desviación estándar (σ) g/200 cm ² –min.	1.21	1.65
Coefficiente de variación (Cv)	4.52%	5.87%

Fuente: Tesista

Tabla N° 27: Promedio de resultados del ensayo de succión en bloques huecos de concreto respecto a la cara inferior de asiento

Característica	BC-12	BC-14
Promedio (S) g/200 cm ² –min.	16.21	18.89
Desviación estándar (σ) g/200 cm ² –min.	1.80	1.64
Coefficiente de variación (Cv)	11.12%	8.69%

Fuente: Tesista

Tabla N° 28: Promedio de resultados del ensayo de succión en bloques huecos de concreto respecto a la cara lateral de asiento

Característica	BC-12	BC-14
Promedio (S) g/200 cm ² –min.	26.28	29.98
Desviación estándar (σ) g/200 cm ² –min.	1.87	1.63
Coefficiente de variación (Cv)	7.13%	5.43%

Fuente: Tesista

Para reducir la succión de los bloques huecos de concreto en la construcción de muretes y pilas se humedecieron sus caras de asentado con una brocha antes de ser asentados, además para hidratar el cemento del mortero se humedecieron las juntas de mortero 3 horas después de haberse construido la albañilería.

4.2. ANALISIS DE LOS PRISMAS DE ALBAÑILERIA

En esta investigación se determinó la resistencia a compresión axial y módulo de elasticidad en pilas, resistencia a la compresión diagonal, módulo de elasticidad y el modulo cortante en murete.

4.2.1. ANALISIS DE LOS ENSAYOS EN PILAS

Bajo el efecto de la carga vertical, la pieza y el mortero sufren deformaciones verticales acompañadas de un alargamiento transversal, si los dos materiales podrían deformarse

libremente, tendrían deformación axial y alargamiento transversal diferentes, dependiendo de las características elásticas de ambos. La adherencia y fricción en las caras de contacto entre los materiales impiden el desplazamiento relativo así que el mortero y el bloque deberán tener la misma deformación, para adoptar esa posición el material más desfavorable (el mortero) sufrirá compresiones transversales en ambas direcciones y el material más rígido sufrirá tensiones transversales.

4.2.1.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Se determinó la resistencia a compresión axial de 12 pilas con bloques huecos de concreto producido artesanalmente en la fábrica del señor Félix Dilas Díaz, del sector San Martín, de la ciudad de Cajamarca, las pilas fueron construidas y ensayadas de acuerdo a la NTP 399.605. Las pilas fueron elaboradas con 03 bloques y un espesor de junta de 12mm, con lo que se obtuvo una esbeltez promedio de 4.96 para PBC-12 y una esbeltez promedio de 4.29 para PBC-14 (la esbeltez se obtuvo con medidas en las pilas refrentadas).

Las pilas fueron ensayadas a la compresión de acuerdo a los requerimientos, 28 días de elaboradas, para lo cual se colocará una plancha metálica en cada uno de los extremos, para luego aplicar una carga axial a una velocidad no mayor de 1.27mm/minuto.

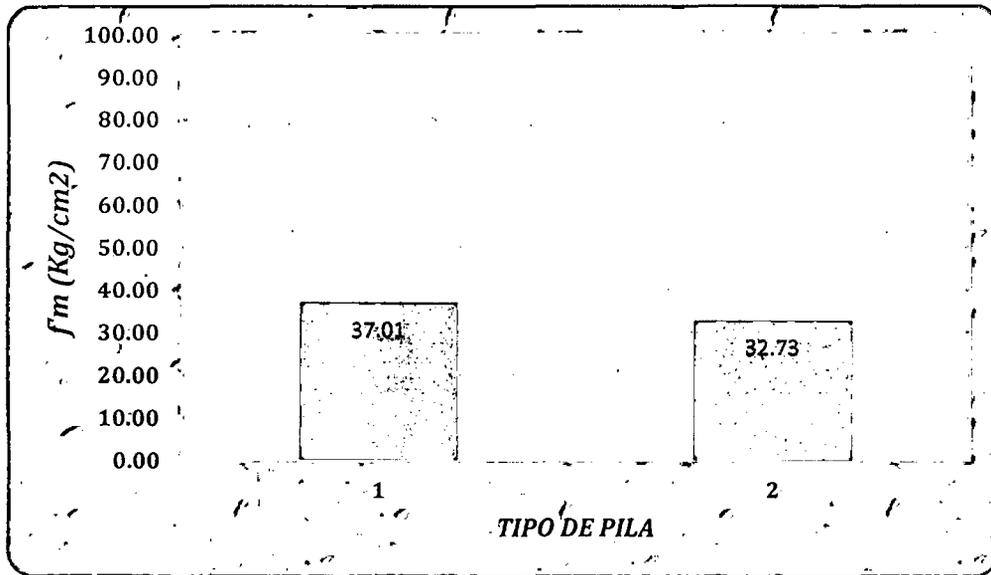
Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 29: Promedio de resultados del ensayo de la resistencia a compresión en pilas, elaboradas con bloques huecos de concreto respecto al área bruta.

Característica	PBC-12	PBC-14
Resistencia promedio f_m (kg/cm ²)	38.93	34.84
Desviación estándar (kg/cm ²)	1.93	2.11
Resistencia característica f'_m (kg/cm ²)	37.01	32.73
Coefficiente de variación (%)	4.95	6.06

Fuente: Tesista

Grafico N° 3: resistencia característica a compresión axial en pilas vs tipo de pilas

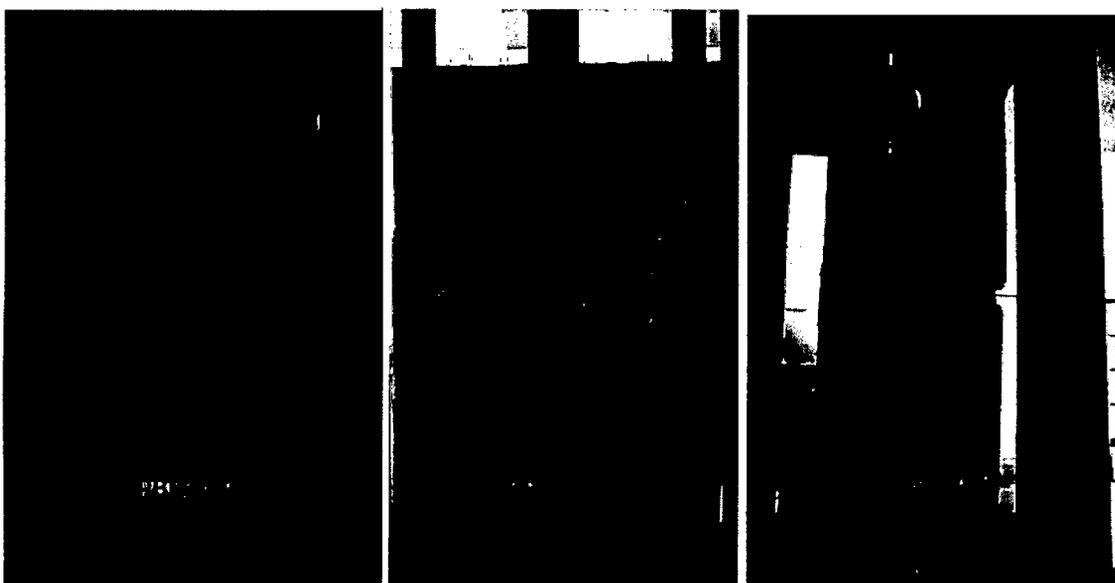


Fuente: Tesista

Para la determinación de la resistencia, se utilizó como carga de rotura la máxima registrada, la resistencia unitaria se calculó dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la pila. En la Tabla 29 y gráfico N°3, se observa que se ha logrado una resistencia característica a la compresión de 37.01 kg/cm² para PBC-12 y 32.73 kg/cm² para PBC-14, obviamente este resultado se ve influenciado por la esbeltez de las pilas, es decir que a menor altura mayor resistencia de las pilas, la resistencia también se ve afectada por la geometría de los bloques usados.



Imagen N° 19: Tipos de fallas en pilas (PBC-12) elaborados con bloques huecos de concreto.
Fuente: Tesista



*Imagen N° 20: Tipos de fallas en pilas (PBC-14) elaborados con bloques huecos de concreto.
Fuente: Tesista*

Confirmando la teoría clásica de falla en pilas de mampostería a la compresión (por ejemplo, Mc Nary y Abrams 1985, Tena 1994), en ambos casos del tipo de pilas (PBC-12 y PBC-14), la falla más común que se presentó fue con la aparición de grietas verticales generada por tracción lateral (efecto de Poisson) en los costados causada por la compresión aplicada, comenzando en el bloque, extendiéndose al mortero, como se ilustra en las figuras anteriores. Cabe señalar que también se presentaron fallas por aplastamiento en la que había concentración de esfuerzos en los extremos de las pilas (PBC14-6).

4.2.1.2. MODULO DE ELASTICIDAD

El módulo de elasticidad (E_m) de las pilas se calculó del gráfico esfuerzo unitario vs deformación unitaria, como la pendiente de la recta que unía a dos puntos correspondientes al 10% y 50% de esfuerzos de rotura. Los resultados están contenidos en la siguiente tabla:

Tabla N° 30: Promedio de resultados del ensayo del módulo de elasticidad en pilas, elaboradas con bloques huecos de concreto respecto a la cara lateral de asiento

Característica	PBC-12	Característica	PBC-14
	Em (kg/cm ²)		Em (kg/cm ²)
PBC12-01	13233.61	PBC14-01	11585.42
PBC12-02	20753.04	PBC14-02	18875.28
PBC12-03	12238.05	PBC14-03	11733.65
PBC12-04	11894.52	PBC14-04	11170.96
PBC12-05	16844.34	PBC14-05	14898.40
PBC12-06	11578.73	PBC14-06	11720.94
Promedio	14423.71	Promedio	13330.77

Fuente: Tesista

La Tabla 30, se presenta los resultados de Módulo de Elasticidad obtenidos en las pilas de bloques huecos de concreto, se obtuvo en promedio un módulo de elasticidad de 14423.71 kg/cm² en pilas (PBC-12) y 13330.77 kg/cm² en pilas (PBC-14).

4.2.2. ANALISIS DE LOS ENSAYOS EN MURETES

4.2.2.1. ANALISIS DE LOS ENSAYOS DECOMPRESION DIAGONAL EN MURETES

Se determinó la resistencia a compresión diagonal en 20 muretes de acuerdo a la NTP 399.621, de los cuales 10 muretes fueron elaborados con bloques huecos de concreto de 12cm de espesor y 10 muretes fueron elaborados con bloques huecos de concreto de 14cm de espesor y fueron de aproximadamente de 60 cm x 60 cm de lado.

Los muretes fueron ensayados a los 28 días de edad, previa colocación de un capping de yeso-cemento en las esquinas cargadas. La máquina de ensayos se preparó con perfiles de acero, donde se instalaron los dispositivos necesarios. La velocidad de carga fue de 1 tonelada por minuto, y la carga de rotura fue adoptada como la máxima soportada por el murete.

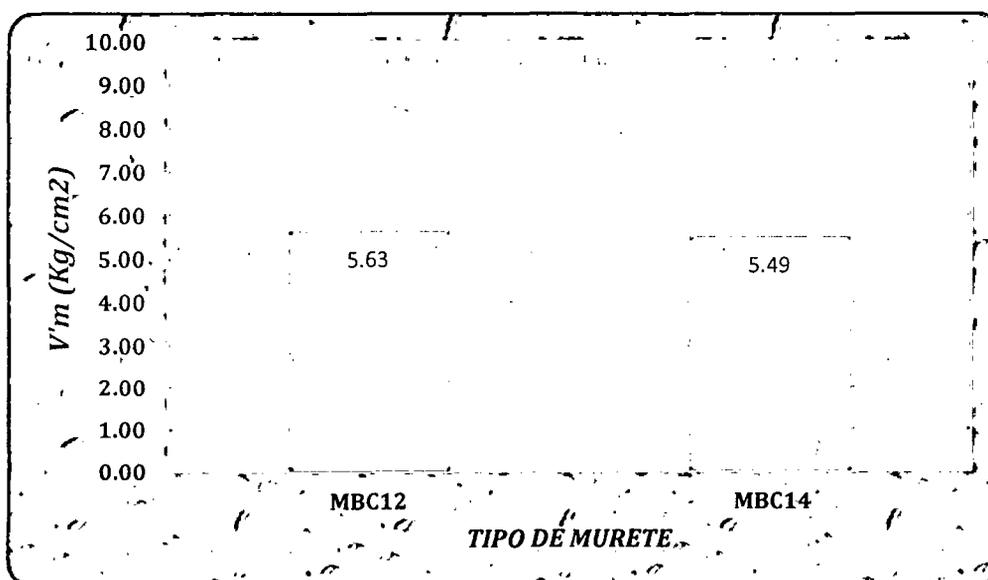
La resistencia a corte de cada murete (v_m) se calculó como el cociente de la carga de rotura y el área bruta de la diagonal cargada. La resistencia característica (v'_m) fue evaluada restando una desviación estándar al valor promedio. Estas resistencias aparecen en la Tabla 30.

Tabla N° 31: Promedio de resultados del ensayo en muretes en la maquina universal.

Característica	PBC-12	Característica	PBC-14
	V _m (kg/cm ²)		V _m (kg/cm ²)
MBC12-01	5.59	MBC14-01	6.42
MBC12-02	5.98	MBC14-02	6.15
MBC12-03	6.51	MBC14-03	6.70
MBC12-04	6.83	MBC14-04	6.62
MBC12-05	5.17	MBC14-05	6.90
MBC12-06	7.21	MBC14-06	6.39
MBC12-07	6.81	MBC14-07	5.27
MBC12-08	5.99	MBC14-08	6.21
MBC12-09	6.43	MBC14-09	6.80
MBC12-10	5.99	MBC14-10	4.64
Resistencia Promedio al corte V _m (kg/cm ²)	6.25	Resistencia Promedio al corte V _m (kg/cm ²)	6.21
Desviación estándar (kg/cm ²)	0.62	Desviación estándar (kg/cm ²)	0.72
Resistencia característica al corte V' _m (kg/cm ²)	5.63	Resistencia característica al corte V' _m (kg/cm ²)	5.49
Coefficiente de variación (%)	9.96	Coefficiente de variación (%)	11.58

Fuente: Tesista

Grafico N° 4: resistencia característica a compresión diagonal en muretes vs tipo de murete



Fuente: Tesista

Respecto al comportamiento de la albañilería en el ensayo de compresión diagonal, la situación más desfavorable correspondió al caso de muretes construidos con bloques huecos de concreto de espesor de 14cm, ya que la resistencia característica v'_m es menor en 2.43% (0.14Kg/cm²) respecto a la resistencia de compresión diagonal en muretes hechos con bloques huecos de

concreto de espesor de 12cm. Posiblemente esto se debió a que la resistencia se obtiene en función del área diagonal bruta del murete.

De acuerdo a la Tabla 31 y gráfico N°4 la resistencia característica a compresión diagonal en los muretes ensayados es 5.63kg/cm² para MBC-12 y 5.49 kg/cm² para MBC-14. Para efectos de diseño según la E.070 el valor de V'm no será mayor que $0.319\sqrt{f'_m} \text{ MPa}$ ($\sqrt{f'_m} \text{ kg/cm}^2$), por lo que para el diseño se debe tomar la resistencia característica V'm obtenida de los ensayos.

Tabla N° 32: comparación de la resistencia diagonal calculada en los ensayos, con la fórmula propuesta por la norma E.070.

Característica	V'm	f'm	V'm max*	V'm
		(promedio)	(E.070)	
	ensayo	ensayo	$0.319\sqrt{f'm}$	Diseño
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
MBC12	5.63	37.01	1.99	1.99
MBC14	5.49	32.73	1.88	1.88

Fuente: Tesista

Podemos observar en la Tabla anterior que el V'm calculado de los ensayos es que el que propone la Norma E.070 para su cálculo, por lo que el valor de diseño V'm (MBC-12) = 1.99 Kg/cm² y el V'm (MBC-14) = 1.88 Kg/cm².

4.2.2.2. FORMAS DE FALLA

Los muretes ensayados presentaron en algunos casos una falla mixta (escalonadas o por deslizamiento y tracción diagonal) en los muretes MBC12-1, MBC12-2, MBC12-5, MBC14-7 y MBC14-10, estos muretes alcanzaron las menores resistencias por la reducida adherencia bloque-mortero; mientras que los muretes que presentaron fallas por tracción diagonal MBC12-3, MBC12-4, MBC12-6, MBC12-6, MBC12-7, MBC12-8, MBC12-9, MBC12-10, MBC14-1, MBC14-2, MBC14-3, MBC14-4, MBC14-5, MBC14-6, MBC14-8 y MBC14-9, cortando por igual al mortero como a los bloques, producto de la mejor adherencia bloque-mortero, alcanzaron resistencias relativamente altas. En las figuras siguientes se puede apreciar las formas de falla que presentaron los muretes ensayados.



Imagen N° 21: En las imágenes se muestran los muretes (MBC-12) ensayados y sus tipos de fallas que se produce.

Fuente: Tesista



Imagen N° 22: En las imágenes se muestran los muretes (MBC-14) ensayados y sus tipos de fallas que se produce.

Fuente: Tesista

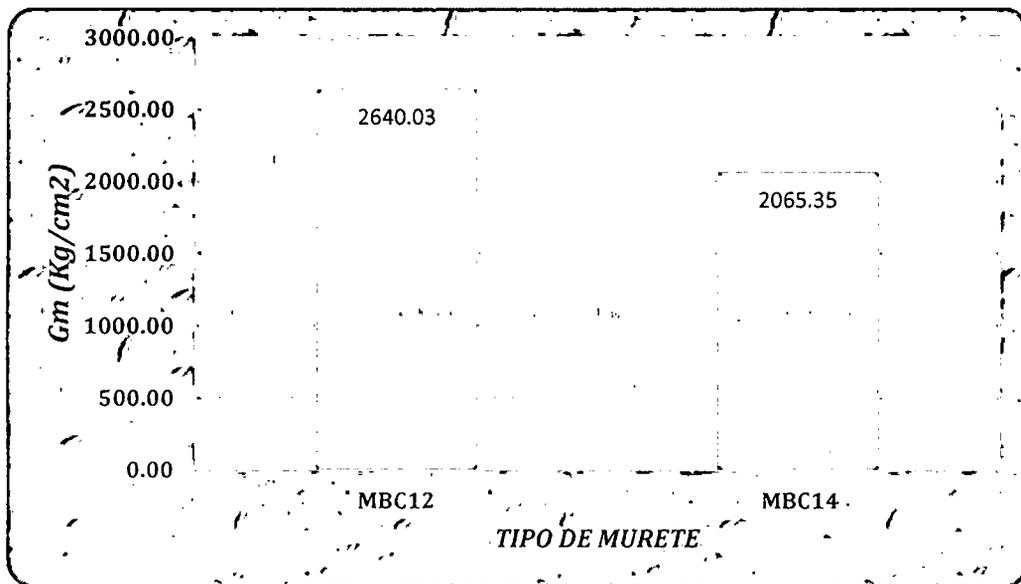
4.2.2.3. COEFICIENTE DEL MÓDULO CORTANTE

Tabla N° 33: Determinación de módulo de corte en muretes de bloques huecos de concreto.

Especimen	Módulo de Corte	Promedio	Especimen	Módulo de Corte	Promedio
	(Gm)	(Gm)		(Gm)	(Gm)
	kg/cm2	kg/cm2		kg/cm2	kg/cm2
MBC12-01	2376.02	2640.03	MBC14-01	1855.92	2065.35
MBC12-02	1837.35		MBC14-02	1867.42	
MBC12-03	2284.03		MBC14-03	2098.21	
MBC12-04	2633.36		MBC14-04	2419.15	
MBC12-05	2693.22		MBC14-05	2596.30	
MBC12-06	3935.11		MBC14-06	1725.86	
MBC12-07	3171.33		MBC14-07	2062.88	
MBC12-08	2439.81		MBC14-08	2502.75	
MBC12-09	2050.51		MBC14-09	1587.87	
MBC12-10	2979.57		MBC14-10	1937.12	

Fuente: Tesista

Grafico N° 5: Modulo de cortante promedio vs tipo de murete



Fuente: Tesista

La Tabla N° 33 y el gráfico N° 5, se observa los resultados del Módulo de cortante (Gm) en los muretes ensayados, el módulo de cortante promedio que se obtuvo fue de 2640.03kg/cm² para MBC12 y de 2065.35 kg/cm² para MBC14.

4.3. ANALISIS DEL MORTERO

4.3.1.1. ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE LAS PROBETAS DE MORTERO.

De la Tabla siguiente nos muestra que la resistencia del mortero es 122.19 Kg/cm² (11.98 PMa) con un coeficiente de variación de 7.6% en 20 probetas cubicas de 5cm de lado ensayadas a compresión simple.

Tabla N° 34: Determinación de la resistencia a compresión simple en probetas de mortero.

Espécimen.	Resistencia del mortero Mpa (28 días)	Resistencia del mortero kg/cm ² (28 días)
Mortero 1	13.50	137.64
Mortero 2	14.83	151.21
Mortero 3	14.52	148.02
Mortero 4	13.25	135.16
Mortero 5	13.31	135.72
Mortero 6	13.15	134.06
Mortero 7	13.02	132.73
Mortero 8	14.75	150.39
Mortero 9	12.30	125.47
Mortero 10	11.42	116.49
Mortero 11	10.84	110.53
Mortero 12	12.57	128.18
Mortero 13	13.44	137.04
Mortero 14	12.64	128.93
Mortero 15	12.59	128.43
Mortero 16	12.37	126.11
Mortero 17	12.63	128.75
Mortero 18	12.36	126.02
Mortero 19	12.88	131.35
Mortero 20	12.96	132.11
Resistencia Promedio f_c	12.97	132.22
Desviación estándar σ	0.98	10.03
Resistencia característica a compresión f_c	11.98	122.19
Coefficiente de variación (%)	7.6%	7.6%

Fuente: Tesista

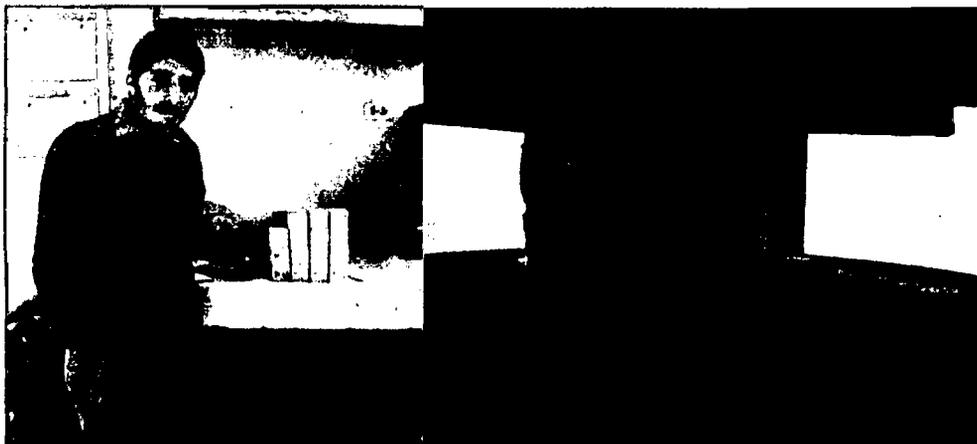


Imagen N° 23: En las imágenes se muestran las 20 probetas cubicas de mortero a ensayar.

Fuente: Tesista

4.4. ANÁLISIS DE COSTOS

Para analizar el costo por metro cuadrado en la construcción de muros se comparó tanto el precio del bloque de 12cm de espesor y el bloque de 14cm de espesor, así como la cantidad de mortero requerido.

La presente investigación no ha considerado la cantidad de horas hombre empleadas por m², pero si ha evaluado que material es más práctico de usar.

Tabla N° 35: Mortero en muretes de bloques de concreto

Espécimen	Peso (Kg)	Peso prom. (Kg)	Peso del bloque prom. Kg)	Cantidad de bloques por murete	Peso de mortero (Kg)
MBC12-01	61.99	61.96	10.90	4.50	12.88
MBC12-02	62.24				
MBC12-03	61.84				
MBC12-04	62.64				
MBC12-05	62.14				
MBC12-06	61.64				
MBC12-07	61.74				
MBC12-08	61.54				
MBC12-09	61.94				
MBC12-10	61.84				
MBC14-01	67.55	67.30	11.66	4.50	14.82
MBC14-02	67.85				
MBC14-03	67.95				
MBC14-04	67.70				
MBC14-05	67.45				
MBC14-06	67.15				
MBC14-07	66.65				
MBC14-08	66.05				
MBC14-09	66.95				
MBC14-10	67.65				

Fuente: Tesista

Donde:

Peso de Mortero (Kg) = Peso Prom. – Cantidad de bloque x Peso de bloque Prom.

Como podemos observar los muretes con bloques de concreto de 14 cm de espesor consumen 15% más mortero de lo que se requiere en los muretes con bloques de concreto de 12 cm de espesor.

En la Tabla 36. Se aprecian los precios de los bloques de concreto por millar.

Tabla N° 36: Precio de bloques

Descripción	Bloque BC12(12X19X39cm)	Bloque BC14(12X19X39cm)
precio por millar	1100 soles (en planta)	1200 soles (en planta)

Fuente: fabricante

En las Tablas 37 y 38 se analizó el costo de los materiales que necesarios para asentar los bloques por m².

Tabla N° 37: Costo por m² para asentado de bloques de concreto BC12 (12X19X39cm), mortero 1:4 x 1.2cm

Descripción	Unid	Cant.	Precio (s/.)	Parcial (s/.)
Arena para mortero	m ³	0.009	40	0.35
Bloque BC12	Und	12.5	1.1	13.75
Cemento Pórtland tipo I (42.5 Kg)	Bol.	0.140	22.5	3.14
Agua	m ³	0.006	5	0.03
TOTAL (S/.)				17.27

Fuente: Tesista

Tabla N° 38: Costo por m² para asentado de bloques de concreto BC14 (14X19X39cm), mortero 1:4 x 1.2cm

Descripción	Unid	Cant.	Precio (s/.)	Parcial (s/.)
Arena para mortero	m ³	0.010	40	0.40
Bloque BC14	Und	12.5	1.2	15
Cemento Pórtland tipo I (42.5 Kg)	Bol.	0.161	22.5	3.61
Agua	m ³	0.007	5	0.03
TOTAL (S/.)				19.05

Fuente: Tesista

Podemos concluir que asentar bloques de concreto de 12cm de espesor es más económico que asentar bloques con 14cm de espesor. Esto se debe a la diferencia de precios por millar y a la cantidad de mortero que se utiliza respecto a los bloques de concreto de 14cm de espesor.

4.5. CONTRASTE DE LA HIPOETESIS

De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio, se verifica que la hipótesis planteada no se cumple, debido a que la resistencia a compresión diagonal de los bloques huecos de concreto elaborados artesanalmente en la ciudad de Cajamarca es $V'm = 5.63 \text{ Kg/cm}^2$ para muretes de 12cm de espesor y $V'm = 5.49 \text{ Kg/cm}^2$ para muretes de 14cm de espesor, siendo menor a 8.6 Kg/cm^2 , el módulo de cortante es $Gm = 2640.03 \text{ Kg/cm}^2$ para muretes de 12cm de espesor y $V'm = Gm = 2065.35 \text{ Kg/cm}^2$ para muretes de 14cm de espesor, siendo menor a 20720 Kg/cm^2 .

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Al término de la ejecución del presente estudio se determinó el valor de la resistencia característica a compresión diagonal es de 5.63 Kg/cm² en muretes (MBC-12), y 5.49 Kg/cm² en muretes (MBC-14), con un módulo de cortante promedio de 2640.03 Kg/cm² en muretes (MBC-12) y 2065.35 Kg/cm² en muretes (MBC-14), elaborados con bloques huecos de concreto artesanal y un espesor de junta de 12mm.
- El valor de las propiedades físico – mecánicas de los bloques huecos usados en el presente estudio son:
- Máxima variación dimensional respecto al peralte en bloques huecos de concreto BC-12, es de -2.57% (c.v = 0.44 %).
 - La máxima variación dimensional en bloques huecos de concreto BC-14 es de -1.94% con un (c.v. = 0.49 %).
 - El alabeo de los especímenes BC-12 es de: cóncavo 1.42 mm y convexo 1.97mm.
 - El alabeo de los especímenes BC-14 es: cóncavo 2.00 mm y convexo 2.33mm.
 - La resistencia característica a la compresión simple en los especímenes BC-12 es 37.22Kg/cm².
 - La resistencia característica a la compresión simple en especímenes BC-14 es de 33.01Kg/cm².
 - Los especímenes BC-12 tienen un valor promedio de succión de 16.21 g/200 cm² –min en la cara inferior de asiento y 26.78 g/200 cm² –min en la cara superior de asiento, mientras que en los especímenes BC-14 es de 18.89 g/200 cm² –min en la cara inferior de asiento hasta 28.07 g/200 cm² –min en la cara superior de asiento.
 - La absorción en los especímenes BC-12 es de 7.50% y en BC-14 es de 8.01%, cumpliendo en ambos casos con la absorción máxima (12%) indicada por la Norma NTP 339.604.

- La resistencia característica a la compresión axial en pilas ($f'm$), de los especímenes PBC-12 es de 37.01 Kg/cm² y para los PBC-14 es de 32.73 Kg/cm² respecto al área bruta.
- Los bloques huecos de concreto vibrado (BC-12 y BC-14) se clasifican como unidades de albañilería no estructural según la Norma E.070, con lo cual, puede ser utilizado en la construcción de muros no portantes de albañilería.
- De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio, se concluye que la hipótesis planteada no se cumple, debido a que la resistencia a compresión diagonal de los bloques huecos de concreto elaborados artesanalmente en la ciudad de Cajamarca es menor a 8.6 Kg/cm² y el módulo de cortante es menor a 20720 Kg/cm².

5.2. RECOMENDACIONES.

- Realizar investigaciones comparativas de las propiedades físicas y mecánicas de la elaboración de bloques huecos de concreto con agregado de río y agregado de cerro.
- Ejecutar investigaciones referentes a la dosificación para la elaboración de estos bloques, para así poder complementar esta investigación.
- Hacer investigaciones sobre el comportamiento de los bloques huecos de concreto en la albañilería armada.
- Llevar a cabo investigaciones sobre la adición de cal en el mortero para evaluar su resistencia en muretes frente a la carga a compresión diagonal y el tipo de falla que presente.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fernández Baqueiro, L., Marín Gómez, F., Varela Rivera, J. y Vargas Marín, G. (2009). Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto. Académica de la FI-UADY, 50.
2. Gallegos, H. & Casabonne, C. (2005). Albañilería Estructural. Tercera Ed. Lima, Perú: Fondo Edit. PUCP. 444 p.
3. Arrieta, J & Peñaherrera, E. (2001). Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora. Lima.
4. Neville, A. M. (2012). "Propiedades del Concreto" 5th Edición. Longman, Essex, Inglaterra: Prentice Hall.
5. San Bartolomé, A., Quiun D. y Silva W. (2011). Diseño y construcción de estructuras sismo resistentes de albañilería. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.
6. Sánchez de Guzmán, D. (2010). Tecnología del Concreto y del Mortero. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Bhandar Editores LTDA.
7. San Bartolomé, A y Morante, A. (2008), Mejora de la Adherencia Mortero-Ladrillo de Concreto. Tesis Ing. Civil, PUCP.
8. Ángeles, P. (2008). Comparación del Comportamiento a Carga Lateral Cíclica de un Muro Confinado con Ladrillos de Concreto y otro con Ladrillos de Arcilla. Tesis Ing. Civil, PUCP.
9. NORMA TÉCNICA E.070 – ALBAÑILERÍA. 2006.
10. NTP 334.009.2013. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. 5ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
11. NTP 334.051.2006. CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lad. 4ª. Ed. R.2006/CRT-INDECOPI.
12. NTP 399.600.2010. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Bloques de concreto para uso no estructural. Requisitos. 2ª. Ed. R.05-2010/CNB-INDECOPI.
13. NTP 399.602.2002. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos. 1ª. Ed. R.2002/CRT-INDECOPI.

14. NTP 399.604.2002. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Metodo de muestro y ensayo de unidades de albañileria de concreto. 1ª. Ed. R.2002/CRT-INDECOPI.
15. NTP 399.605.2013. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Metodo de ensayo para la determinacion de la resistencia en compresion de prismas de albañileria. 2ª. Ed. R.2013/CRT-INDECOPI.
16. NTP 399.610.2013. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Especificaciones normalizadas para morteros. 2ª. Ed. R.2013/CRT-INDECOPI.
17. NTP 399.621.2004. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Metodo de ensayo de compresion diagonal en muretes de albañileria. 1ª. Ed. R.2004/CRT-INDECOPI.
18. NTP 400.010.2011 AGREGADOS. Extracción y preparación de muestras. 3ª. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.
19. NTP 400.011.2008 (revisada e! 2013) AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
20. NTP 400.012.2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
21. NTP 400.017.2011 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso unitario") y los vacíos en los agregados. 3ª. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.
22. NTP 400.018.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ (Nº 200). 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
23. NTP 400.022.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.

CAPÍTULO VII: ANEXOS

7.1. ANEXO I: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BLOQUES HUECOS DE CONCRETO

Tabla N° 39: Variación dimensional de los bloques huecos de concreto (BC-12)

Espécimen	Longitud (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)						
	L1	L2	L3	L4	L σ	A1	A2	A3	A4	Ao	H1	H2	H3	H4	Ho		
BC-01	386.0	388.0	389.0	389.0	388.00	122.0	121.0	122.0	121.5	121.63	194.0	195.0	194.0	194.0	194.25		
BC-02	389.0	389.0	389.0	389.0	389.00	122.0	121.0	121.0	121.0	121.25	195.0	197.0	192.0	191.0	193.75		
BC-03	385.0	388.0	387.0	389.0	387.25	120.0	121.5	121.0	121.0	120.88	196.0	197.0	193.0	196.0	195.50		
BC-04	387.0	389.0	388.0	389.0	388.25	120.0	122.0	121.5	121.0	121.13	194.0	195.0	192.0	196.0	194.25		
BC-05	385.0	389.0	389.0	389.0	388.00	120.5	122.0	122.0	121.0	121.38	196.0	196.0	192.0	197.0	195.25		
BC-06	385.0	389.0	390.0	388.0	388.00	121.0	121.2	122.0	122.0	121.55	197.0	195.0	197.0	197.0	196.50		
BC-07	388.0	389.0	388.0	389.0	388.50	121.0	121.0	121.5	123.0	121.63	197.0	196.0	195.0	197.0	196.25		
BC-08	385.0	389.0	389.0	388.0	387.75	122.0	121.2	121.5	121.2	121.48	194.0	195.0	193.0	195.0	194.25		
BC-09	385.0	388.0	389.0	389.0	387.75	120.9	120.5	121.0	122.5	121.23	197.0	197.0	192.0	195.0	195.25		
BC-10	386.0	387.0	389.0	388.0	387.50	121.0	120.0	121.0	122.0	121.00	197.0	192.0	195.0	193.0	194.25		
BC-11	387.0	388.0	390.0	388.0	388.25	121.0	122.0	121.0	122.0	121.50	197.0	194.0	193.0	193.0	194.25		
BC-12	387.0	390.0	390.0	388.0	388.75	120.5	122.2	121.0	121.8	121.38	195.0	196.0	196.0	197.0	196.00		
BC-13	386.0	387.0	388.0	388.0	387.25	121.0	121.5	120.8	121.0	121.08	195.0	194.0	194.0	197.0	195.00		
BC-14	388.0	389.0	390.0	389.0	389.00	120.8	121.0	121.0	122.0	121.20	195.0	195.0	194.0	193.0	194.25		
BC-15	389.0	391.0	389.0	387.0	389.00	120.4	120.9	120.7	121.0	120.75	193.0	195.0	194.0	195.0	194.25		
	Longitud promedio				Lp =	388.15	Ancho promedio				Ap =	121.27	Altura promedio			Hp =	194.88
	Desviación estándar				σ =	0.60	Desviación estándar				σ =	0.27	Desviación estándar			σ =	0.87
	Longitud de fabrica				L =	390	Ancho de fabrica				A =	120	Altura de fabrica			H =	190
	Por. de variación				% =	0.47	Por. de variación				% =	-1.06	Por. de variación			% =	-2.57

Fuente: Tesista.

Tabla N° 40: Variación dimensional de los bloques huecos de concreto (BC-14)

Especimen	Longitud (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)							
	L1	L2	L3	L4	Lo	A1	A2	A3	A4	Ao	H1	H2	H3	H4	Ho			
BC-01	387.0	390.0	390.0	389.0	389.00	140.40	140.80	141.50	141.50	141.05	195.0	193.0	194.0	192.0	193.50			
BC-02	387.0	390.0	389.0	390.0	389.00	140.40	141.10	141.50	141.60	141.15	194.0	196.0	195.0	195.0	195.00			
BC-03	388.0	390.0	390.0	388.0	389.00	140.40	141.40	140.90	141.50	141.05	195.0	193.0	194.0	193.0	193.75			
BC-04	386.0	390.0	388.0	390.0	388.50	140.40	140.60	141.80	141.80	141.15	194.0	198.0	195.0	193.0	195.00			
BC-05	385.0	389.0	388.0	390.0	388.00	141.40	141.00	141.00	141.60	141.25	196.0	193.0	193.0	194.0	194.00			
BC-06	388.0	390.0	391.0	389.0	389.50	140.80	140.80	141.40	142.90	141.48	193.0	193.0	191.0	196.0	193.25			
BC-07	387.0	390.0	389.0	390.0	389.00	141.80	141.90	141.90	142.40	142.00	194.0	193.0	192.0	196.0	193.75			
BC-08	388.0	389.0	390.0	389.0	389.00	140.40	142.00	141.20	142.00	141.40	190.0	194.0	193.0	194.0	192.75			
BC-09	387.0	389.0	390.0	390.0	389.00	140.80	140.90	141.40	141.80	141.23	190.0	195.0	195.0	194.0	193.50			
BC-10	390.0	391.0	390.0	388.0	389.75	140.40	141.80	141.20	141.60	141.25	195.0	195.0	196.0	196.0	195.50			
BC-11	390.0	390.0	390.0	387.0	389.25	140.60	141.60	141.00	142.00	141.30	193.0	189.0	194.0	194.0	192.50			
BC-12	389.0	389.0	390.0	390.0	389.50	140.40	141.60	141.40	142.00	141.35	194.0	194.0	194.0	193.0	193.75			
BC-13	388.0	390.0	389.0	390.0	389.25	140.40	141.00	141.00	142.00	141.10	194.0	194.0	193.0	195.0	194.00			
BC-14	386.0	389.0	389.0	388.0	388.00	140.60	140.40	141.00	141.80	140.95	189.0	195.0	194.0	193.0	192.75			
BC-15	387.0	388.0	386.0	388.0	387.25	141.00	141.00	140.50	141.00	140.88	193.0	192.0	193.0	191.0	192.25			
Longitud promedio					Lp =	388.87	Ancho promedio				Ap =	141.24	Altura promedio				Hp =	193.68
Desviación estándar					σ =	0.67	Desviación estándar				σ =	0.27	Desviación estándar				σ =	0.94
Longitud de fabrica					L=	390	Ancho de fabrica				A=	140	Altura de fabrica				H=	190
Por. de variación					%=	0.29	Por. de variación				%=	-0.88	Por. de variación				%=	-1.94

Fuente: Tesista.

Tabla N° 41: Datos de alabeo de bloques huecos de concreto (BC-12)

Especimen	CARA A		CARA B	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
BC-01		2	5	
BC-02		2	3	
BC-03		1	3	
BC-04		3	3	
BC-05		2	3	
BC-06		2	4	
BC-07	1			1
BC-08		2	3	
BC-09		2	2	
BC-10		1	3	
BC-11		1	4	
BC-12		2	3	
BC-13		2	2	
BC-14		3	3	
BC-15		1		1
BC-16	1		2	
BC-17		1	2	
BC-18		2	3	
BC-19		2		1
BC-20		2	2	
PROMEDIO	CÓNCAVO		1.42	mm
	CONVEXO		1.97	mm

Fuente: Tesista.

Tabla N° 42: Datos de alabeo de bloques huecos de concreto (BC-14)

Especimen	CARA A		CARA B	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
BC-01	2		3	
BC-02	1		3	
BC-03	1			3
BC-04		1	2	
BC-05		2	5	
BC-06		2	3	
BC-07	2		3	
BC-08	1			3
BC-09	1		4	
BC-10		2	3	
BC-11		1	5	
BC-12	1			3
BC-13	2		2	
BC-14	2		5	
BC-15		1	3	
BC-16		1	2	
BC-17		1	3	
BC-18	1			2
BC-19		1		2
BC-20		2	3	
PROMEDIO	CÓNCAVO	2.00		mm
	CONVEXO	2.33		mm

Fuente: Tesista.

Tabla N° 43: Resultados obtenidos del ensayo de absorción y densidad en los bloques huecos de concreto (BC-12)

Espécimen	Wr (Kg)	Wi (Kg)	Ws (Kg)	Wd (Kg)	Absorción (Kg/m ³)	Absorción (%)	Contenido de humedad (%)	Densidad (D), Kg/m ³
BC12-01	11.140	6.865	11.780	10.965	165.82	7.43	21.47	2230.93
BC12-02	11.080	6.790	11.750	10.910	169.35	7.70	20.24	2199.60
BC12-03	10.710	6.475	11.325	10.580	153.61	7.04	17.45	2181.44
BC12-04	11.045	6.685	11.640	10.860	157.42	7.18	23.72	2191.73
BC12-05	11.265	6.910	11.795	10.985	165.81	7.37	34.57	2248.72
BC12-06	10.745	6.375	11.220	10.415	166.15	7.73	40.99	2149.64
BC12-07	11.040	6.695	11.655	10.820	168.35	7.72	26.35	2181.45
BC12-08	10.850	6.580	11.490	10.680	164.97	7.58	20.99	2175.15
BC12-09	11.040	6.760	11.690	10.860	168.36	7.64	21.69	2202.84
BC12-10	11.015	6.765	11.645	10.845	163.93	7.38	21.25	2222.34
BC12-11	10.480	6.192	11.150	10.310	169.42	8.15	20.24	2079.47
BC12-12	10.310	6.071	10.925	10.180	153.48	7.32	17.45	2097.24
BC12-13	10.840	6.483	11.434	10.655	157.34	7.31	23.75	2152.09
BC12-14	11.160	6.807	11.672	10.880	162.80	7.28	35.35	2236.38
BC12-15	10.848	6.479	11.320	10.517	165.87	7.64	41.22	2172.49
Promedio					163.51	7.50	25.78	2181.43
Desviación estándar (σ)					5.45	0.28	8.13	47.84
Coefficiente de Variación (Cv)					3.33%	3.68%	31.55%	2.19%

Fuente: Tesista

Tabla N° 44: Resultados obtenidos del ensayo de absorción y densidad en los bloques huecos de concreto (BC-12)

Espécimen	Wr (Kg)	Wi (Kg)	Ws (Kg)	Wd (Kg)	Absorción (Kg/m3)	Absorción (%)	Contenido de humedad (%)	Densidad (D), Kg/m3
BC14-01	11.575	7.315	12.285	11.410	176.06	7.67	18.86	2295.77
BC14-02	11.465	7.145	12.140	11.315	165.17	7.29	18.18	2265.27
BC14-03	11.965	7.455	12.605	11.585	198.06	8.80	37.25	2249.51
BC14-04	11.585	7.375	12.315	11.350	195.34	8.50	24.35	2297.57
BC14-05	11.730	7.410	12.415	11.465	189.81	8.29	27.89	2290.71
BC14-06	11.660	7.335	12.345	11.490	170.66	7.44	19.88	2293.41
BC14-07	11.640	7.340	12.320	11.440	176.71	7.69	22.73	2297.19
BC14-08	11.610	7.340	12.280	11.400	178.14	7.72	23.86	2307.69
BC14-09	11.620	7.340	12.280	11.390	180.16	7.81	25.84	2305.67
BC14-10	11.720	7.410	12.410	11.460	190.00	8.29	27.37	2292.00
BC14-11	11.850	7.700	12.480	11.605	183.05	7.54	28.00	2427.82
BC14-12	11.475	7.225	12.200	11.375	165.83	7.25	12.12	2286.43
BC14-13	11.630	7.530	12.280	11.260	214.74	9.06	36.27	2370.53
BC14-14	11.840	7.790	12.540	11.575	203.16	8.34	27.46	2436.84
BC14-15	11.560	7.240	12.210	11.260	191.15	8.44	31.58	2265.59
Promedio					185.20	8.01	25.44	2312.13
desviación estándar (σ)					14.06	0.56	6.71	55.59
Coefficiente de Variación (Cv)					7.59%	6.99%	26.38%	2.40%

Fuente: Tesista

Tabla N° 45: Resultados del ensayo de succión en bloques huecos de concreto (BC-12)

CARA - SUPERIOR DE ASIENTO (BC-12)						
Espécimen	Psec (g)	Pusc(g)	A (mm)	L (mm)	Área (cm ²)	S
BC-01	10.965	11.025	121.625	388.000	471.91	25.43
BC-02	10.910	10.975	121.250	389.000	471.66	27.56
BC-03	10.580	10.645	120.875	387.250	468.09	27.77
BC-04	10.860	10.925	121.125	388.250	470.27	27.64
BC-05	10.985	11.045	121.375	388.000	470.94	25.48
Promedio (g/200cm ² -min)					S	26.78
Desviación estándar (g/200cm ² -min)					$\sigma =$	1.21
Coeficiente de variación (%)					Cv=	4.52%
CARA - INFERIOR DE ASIENTO (BC-12)						
Espécimen	Psec (g)	Pusc(g)	A (mm)	L (mm)	Área (cm ²)	S
BC-01	10.415	10.450	121.550	388.000	471.61	14.84
BC-02	10.820	10.865	121.625	388.500	472.51	19.05
BC-03	10.585	10.625	121.375	388.750	471.85	16.95
BC-04	10.855	10.890	121.075	387.250	468.86	14.93
BC-05	10.980	11.016	121.200	389.000	471.47	15.27
Promedio (g/200cm ² -min)					S	16.21
Desviación estándar (g/200cm ² -min)					$\sigma =$	1.80
Coeficiente de variación (%)					Cv	11.12%
CARA LATERAL (BC-12)						
Espécimen	Psec (g)	Pusc(g)	A (mm)	H (mm)	Área (cm ²)	S
BC-01	10.415	10.445	121.625	194.250	236.26	25.40
BC-02	10.820	10.850	121.250	193.750	234.92	25.54
BC-03	10.580	10.615	120.875	195.500	236.31	29.62
BC-04	10.860	10.890	121.125	194.250	235.29	25.50
BC-05	10.985	11.015	121.375	195.250	236.98	25.32
Promedio (g/200cm ² -min)					S	26.28
Desviación estándar (g/200cm ² -min)					$\sigma =$	1.87
Coeficiente de variación (%)					Cv	7.13%

Fuente: Tesista

Tabla N° 46: Resultados del ensayo de succión en bloques huecos de concreto (BC-14)

CARA - SUPERIOR DE ASIENTO (BC-14)						
Espécimen	Psec (g)	Pusc(g)	A (mm)	L (mm)	Área (cm ²)	S
BC-01	11.410	11.485	141.050	389.000	548.68	27.34
BC-02	11.315	11.390	141.150	389.000	549.07	27.32
BC-03	11.585	11.660	141.050	389.000	548.68	27.34
BC-04	11.350	11.425	141.150	388.500	548.37	27.35
BC-05	11.465	11.550	141.250	388.000	548.05	31.02
Promedio (g/200cm²-min)					S	28.07
Desviación estándar (g/200cm²-min)					σ =	1.65
Coefficiente de variación (%)					Cv	5.87%
CARA - INFERIOR DE ASIENTO (BC-12)						
Espécimen	Psec (g)	Pusc(g)	A (mm)	L (mm)	Área (cm ²)	S
BC-01	11.490	11.545	141.475	389.500	551.05	19.96
BC-02	11.585	11.630	142.000	389.000	552.38	16.29
BC-03	11.350	11.405	141.400	389.000	550.05	20.00
BC-04	11.410	11.460	141.225	389.000	549.37	18.20
BC-05	11.315	11.370	141.250	389.750	550.52	19.98
Promedio (g/200cm²-min)					S	18.89
Desviación estándar (g/200cm²-min)					σ =	1.64
Coefficiente de variación (%)					Cv	8.69%
CARA LATERAL (BC-14)						
Espécimen	Psec (g)	Pusc(g)	A (mm)	H (mm)	Área (cm ²)	S
BC-01	11.405	11.445	141.250	195.500	276.14	28.97
BC-02	11.390	11.430	141.300	192.500	272.00	29.41
BC-03	11.660	11.700	141.350	193.750	273.87	29.21
BC-04	11.550	11.595	141.100	194.000	273.73	32.88
BC-05	11.545	11.585	140.950	192.750	271.68	29.45
Promedio (g/200cm²-min)					S	29.98
Desviación estándar (g/200cm²-min)					σ =	1.63
Coefficiente de variación (%)					Cv	5.43%

Fuente: Tesista

Tabla N° 47: Resultados del ensayo de compresión en bloques huecos de concreto (B C-12)

Espécimen	peso (kg)	Lo (mm)	Ao (mm)	Ho (mm)	Carga Máx. (Tn)	Área (cm ²)	f'b (Mpa)	f'b (kg/cm ²)
BC-01	11.375	388.00	121.63	194.25	17.24	471.91	3.58	36.53
BC-02	10.970	389.00	121.25	193.75	17.71	471.66	3.68	37.55
BC-03	11.085	387.25	120.88	195.50	18.13	468.09	3.80	38.73
BC-04	11.595	388.25	121.13	194.25	19.60	470.27	4.09	41.68
BC-05	11.300	388.00	121.38	195.25	17.08	470.94	3.56	36.27
BC-06	11.290	388.00	121.55	196.50	19.97	471.61	4.15	42.34
BC-07	11.120	388.50	121.63	196.25	18.50	472.51	3.84	39.15
BC-08	10.925	387.75	121.48	194.25	18.23	471.02	3.80	38.71
BC-09	10.980	387.75	121.23	195.25	17.92	470.05	3.74	38.12
BC-10	11.260	387.50	121.00	194.25	20.55	468.88	4.30	43.82
BC-11	11.375	388.25	121.50	194.25	18.39	471.72	3.82	38.99
BC-12	10.970	388.75	121.38	196.00	19.44	471.85	4.04	41.21
BC-13	11.085	387.25	121.08	195.00	18.92	468.86	3.96	40.35
BC-14	11.595	389.00	121.20	194.25	18.18	471.47	3.78	38.57
BC-15	11.300	389.00	120.75	194.25	17.97	469.72	3.75	38.26
Resistencia a la compresión promedio						fb	3.86	39.35
Desviación estándar						σ	0.21	2.14
Resistencia característica a la compresión						f'b	3.65	37.22
Coefficiente de variación (%)						C.v.	5.43%	5.43%

Fuente: Tesista

Tabla N° 48: Resultados del ensayo de compresión en bloques huecos de concreto (BC-14)

Espécimen	peso (kg)	Lo (mm)	Ao (mm)	Ho (mm)	Carga Máx. (Tn)	Área (cm ²)	f _b (Mpa)	f _b (kg/cm ²)
BC-01	12.245	389.00	141.05	193.50	20.65	548.68	3.69	37.64
BC-02	12.090	389.00	141.15	195.00	17.33	549.07	3.10	31.57
BC-03	12.360	389.00	141.05	193.75	18.35	548.68	3.28	33.44
BC-04	12.125	388.50	141.15	195.00	17.39	548.37	3.11	31.71
BC-05	12.600	388.00	141.25	194.00	18.94	548.05	3.39	34.56
BC-06	12.255	389.50	141.48	193.25	18.14	551.05	3.23	32.91
BC-07	12.070	389.00	142.00	193.75	19.74	552.38	3.51	35.74
BC-08	12.135	389.00	141.40	192.75	21.35	550.05	3.81	38.81
BC-09	12.260	389.00	141.23	193.50	20.17	549.37	3.60	36.71
BC-10	12.105	389.75	141.25	195.50	18.03	550.52	3.21	32.75
BC-11	12.245	389.25	141.30	192.50	21.51	550.01	3.84	39.10
BC-12	12.090	389.50	141.35	193.75	20.12	550.56	3.58	36.54
BC-13	12.360	389.25	141.10	194.00	20.87	549.23	3.73	37.99
BC-14	12.125	388.00	140.95	192.75	21.94	546.89	3.93	40.11
BC-15	12.600	387.25	140.88	192.25	20.97	545.54	3.77	38.44
Resistencia a la compresión promedio						fb	3.52	35.87
Desviación estándar						σ	0.28	2.86
Resistencia característica a la compresión						f _b	3.24	33.01
Coefficiente de variación (%)						C.v.	7.97%	7.97%

Fuente: Tesista

7.2. ANEXO II: RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Y MODULO DE ELASTICIDAD EN PILAS DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO

Tabla N° 49: Resultados de resistencia a la compresión axial en pilas de bloques huecos de concreto (BC-12)

Espécimen	Dimensiones			Esbeltez	P. Max	Area	fm	FC	fm corregida	
	L (cm)	A (cm)	H (cm)							H/t
PBC12-01	39.00	12.25	60.80	4.96	15000	477.75	31.40	1.217	38.22	
PBC12-02	38.95	12.15	60.60	4.99	16000	473.24	33.81	1.219	41.22	
PBC12-03	38.95	12.35	61.10	4.95	15700	481.03	32.64	1.216	39.70	
PBC12-04	38.85	12.20	60.80	4.98	14000	473.97	29.54	1.219	36.00	
PBC12-05	38.90	12.20	60.60	4.97	15800	474.58	33.29	1.218	40.54	
PBC12-06	39.00	12.25	60.45	4.93	14900	477.75	31.19	1.215	37.91	
Resistencia promedio (fm)									38.93	kg/cm ²
Desviación estándar (σ)									1.93	kg/cm ²
Resistencia característica (f_m)									37.01	kg/cm ²
Coefficiente de variación (Cv)									4.95	%

Fuente: Tesista

Tabla N° 50: Modulo de Elasticidad en pilas de bloques huecos de concreto (BC-12)

Especimen	Dimensiones			P. Max Kg	Area cm ²	Carga Axial (P)		Deformación (ε)		Módulo de Elasticidad Em (kg/cm ²)
	L (cm)	A (cm)	H (cm)			P 10%	P 50%	ε 10%	ε 50%	
PBC12-01	39.00	12.25	60.80	15000	477.75	1500.00	7500.00	0.032	0.090	13233.61
PBC12-02	38.95	12.15	60.60	16000	473.24	1600.00	8000.00	0.040	0.079	20753.04
PBC12-03	38.95	12.35	61.10	15700	481.03	1570.00	7850.00	0.057	0.122	12238.05
PBC12-04	38.85	12.20	60.80	14000	473.97	1400.00	7000.00	0.059	0.119	11894.52
PBC12-05	38.90	12.20	60.60	15800	474.58	1580.00	7900.00	0.039	0.087	16844.34
PBC12-06	39.00	12.25	60.45	14900	477.75	1490.00	7450.00	0.032	0.097	11578.73
Promedio										14423.71

Fuente: Tesista

Tabla N° 51: Resultados de resistencia a la compresión axial en pilas de bloques huecos de concreto (BC-14)

Especimen	Dimensiones			Esbeltez H/t	P. Max Kg	Area cm ²	fm kg/cm ²	FC	fm corregida kg/cm ²
	L (cm)	A (cm)	H (cm)						
PBC14-01	39.10	14.05	60.40	4.30	15200	549.36	27.67	1.171	32.40
PBC14-02	39.00	14.20	60.35	4.25	17100	553.80	30.88	1.168	36.05
PBC14-03	38.95	14.10	61.05	4.33	17200	549.20	31.32	1.173	36.74
PBC14-04	39.00	14.20	61.05	4.30	15300	553.80	27.63	1.171	32.35
PBC14-05	39.05	14.10	60.65	4.30	16200	550.61	29.42	1.171	34.46
PBC14-06	39.15	14.10	60.20	4.27	17500	552.02	31.70	1.169	37.06
fm promedio									34.84 kg/cm ²
Desviacion estándar (σ)									2.11 kg/cm ²
Resistencia característica (f_m)									32.73 kg/cm ²
Coefficiente de variación (Cv)									6.06% %

Fuente: Tesista

Tabla N° 52: Modulo de Elasticidad en pilas de bloques huecos de concreto (BC-14)

Especimen	Dimensiones			P. Max Kg	Área cm ²	Carga Axial (P)		Deformación (ε)		Módulo de Elasticidad Em (kg/cm ²)
	L (cm)	A (cm)	H (cm)			P 10%	P 50%	ε 10%	ε 50%	
PBC14-01	39.10	14.05	60.40	15200	549.36	1520.00	7600.00	0.032	0.090	11585.42
PBC14-02	39.00	14.20	60.35	17100	553.80	1710.00	8550.00	0.040	0.079	18875.28
PBC14-03	38.95	14.10	61.05	17200	549.20	1720.00	8600.00	0.057	0.122	11733.65
PBC14-04	39.00	14.20	61.05	15300	553.80	1530.00	7650.00	0.059	0.119	11170.96
PBC14-05	39.05	14.10	60.65	16200	550.61	1620.00	8100.00	0.039	0.087	14898.40
PBC14-06	39.15	14.10	60.20	17500	552.02	1750.00	8750.00	0.032	0.097	11720.94
Promedio										13330.77

Fuente: Tesista

7.3. ANEXO III: RESULTADOS DE COMPRESION DIAGONAL Y MODULO DE CORTE EN MUERETES DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO

Tabla N° 53: Compresión diagonal en muretes de bloques huecos de concreto (BC-12)

Espécimen	Peso (Kg)	Dimensiones			P. Max Kg	Área cm ²	Vm kg/cm ²	
		L (cm)	A (cm)	H (cm)				
MBC12-01	61.99	60.55	12.05	61.25	5800	733.85	5.59	
MBC12-02	62.24	60.35	12.05	61.25	6200	732.64	5.98	
MBC12-03	61.84	60.75	12.15	60.90	6800	739.02	6.51	
MBC12-04	62.64	61.10	12.15	61.50	7200	744.80	6.83	
MBC12-05	62.14	60.55	12.15	61.05	5400	738.72	5.17	
MBC12-06	61.64	60.10	12.10	61.45	7500	735.38	7.21	
MBC12-07	61.74	60.60	12.10	61.25	7100	737.19	6.81	
MBC12-08	61.54	60.65	12.15	61.70	6300	743.28	5.99	
MBC12-09	61.94	61.00	12.10	60.75	6700	736.59	6.43	
MBC12-10	61.84	60.95	12.15	61.45	6300	743.58	5.99	
Resistencia promedio al corte Vm							6.25	kg/cm ²
Desviación estándar (σ)							0.62	kg/cm ²
Resistencia característica al corte V'm							5.63	kg/cm ²
Coeficiente de variación (Cv)							9.96	%

Fuente: Tesista

Tabla N° 54: Compresión diagonal en muretes de bloques huecos de concreto (BC-14)

Espécimen	Peso (Kg)	Dimensiones			P. Max Kg	Área cm ²	Vm kg/cm ²	
		L (cm)	A (cm)	H (cm)				
MBC14-01	67.55	61.10	14.10	60.65	7800	858.34	6.42	
MBC14-02	67.85	60.60	14.05	60.50	7400	850.73	6.15	
MBC14-03	67.95	60.75	14.10	60.40	8100	854.11	6.70	
MBC14-04	67.70	60.75	14.10	60.50	8000	854.81	6.62	
MBC14-05	67.45	60.60	14.05	60.45	8300	850.38	6.90	
MBC14-06	67.15	60.70	14.05	60.55	7700	851.78	6.39	
MBC14-07	66.65	60.95	14.10	60.80	6400	858.34	5.27	
MBC14-08	66.05	60.55	14.10	60.55	7500	853.76	6.21	
MBC14-09	66.95	60.75	14.05	60.65	8200	852.84	6.80	
MBC14-10	67.65	60.15	14.10	60.85	5600	853.05	4.64	
Resistencia promedio al corte Vm							6.21	kg/cm ²
Desviación estándar (σ)							0.72	kg/cm ²
Resistencia característica al corte V'm							5.49	kg/cm ²
Coeficiente de variación (Cv)							11.58	%

Fuente: Tesista

Tabla N° 55: Módulo de Corte en muretes de bloques huecos de concreto (BC-12)

Especimen	Dimensiones			P. Max Kg	Área cm ²	Carga (P), kg		ΔV_m kg/cm ²	Diagonal (g) (cm)	Deformación vertical		Deformación horizontal		Δy mm/mm	Modulo de Corte (Gm) kg/cm ²	Promedio (Gm) kg/cm ²
	L (cm)	A (cm)	H (cm)			P10%	P50%			$\epsilon v10\%$	$\epsilon v50\%$	$\epsilon h10\%$	$\epsilon 510\%$			
MBC12-01	60.55	12.05	61.25	5800	733.85	580.00	2900	2.24	86.13	0.055	0.100	0.013	0.049	0.0009	2376.02	2640.03
MBC12-02	60.35	12.05	61.25	6200	732.64	620.00	3100	2.39	85.99	0.061	0.136	0.020	0.057	0.0013	1837.35	
MBC12-03	60.75	12.15	60.90	6800	739.02	680.00	3400	2.60	86.02	0.075	0.141	0.012	0.044	0.0011	2284.03	
MBC12-04	61.10	12.15	61.50	7200	744.80	720.00	3600	2.73	86.69	0.075	0.125	0.008	0.048	0.0010	2633.36	
MBC12-05	60.55	12.15	61.05	5400	738.72	540.00	2700	2.07	85.98	0.064	0.103	0.009	0.036	0.0008	2693.22	
MBC12-06	60.10	12.10	61.45	7500	735.38	750.00	3750	2.88	85.95	0.031	0.063	0.015	0.046	0.0007	3935.11	
MBC12-07	60.60	12.10	61.25	7100	737.19	710.00	3550	2.72	86.16	0.035	0.067	0.016	0.058	0.0009	3171.33	
MBC12-08	60.65	12.15	61.70	6300	743.28	630.00	3150	2.40	86.52	0.057	0.112	0.025	0.055	0.0010	2439.81	
MBC12-09	61.00	12.10	60.75	6700	736.59	670.00	3350	2.57	86.09	0.034	0.114	0.017	0.045	0.0013	2050.51	
MBC12-10	60.95	12.15	61.45	6300	743.58	630.00	3150	2.40	86.55	0.028	0.060	0.015	0.053	0.0008	2979.57	

Fuente: Tesista

Tabla N° 56: Modulo de Corte en muretes de bloques huecos de concreto (BC-14)

Especimen	Dimensiones			P. Max Kg	Área cm ²	Carga (P), kg		ΔV_m kg/cm ²	Diagonal (g) (cm)	Deformación vertical		Deformación horizontal		Δy mm/mm	Modulo de Corte (Gm) kg/cm ²	Promedio (Gm) kg/cm ²
	60.6	14.05	60.5			P10%	P50%			$\epsilon v10\%$	$\epsilon v50\%$	$\epsilon h10\%$	$\epsilon 510\%$			
MBC14-01	61.10	14.10	60.65	7800	858.34	780.00	3900	2.57	86.09	0.018	0.084	0.015	0.068	0.0014	1855.92	2065.35
MBC14-02	60.60	14.05	60.50	7400	850.73	740.00	3700	2.46	85.63	0.075	0.135	0.027	0.080	0.0013	1867.42	
MBC14-03	60.75	14.10	60.40	8100	854.11	810.00	4050	2.68	85.67	0.041	0.104	0.017	0.063	0.0013	2098.21	
MBC14-04	60.75	14.10	60.50	8000	854.81	800.00	4000	2.65	85.74	0.023	0.075	0.018	0.060	0.0011	2419.15	
MBC14-05	60.60	14.05	60.45	8300	850.38	830.00	4150	2.76	85.60	0.019	0.075	0.008	0.043	0.0011	2596.30	
MBC14-06	60.70	14.05	60.55	7700	851.78	770.00	3850	2.56	85.74	0.068	0.148	0.035	0.082	0.0015	1725.86	
MBC14-07	60.95	14.10	60.80	6400	858.34	640.00	3200	2.11	86.09	0.036	0.084	0.034	0.074	0.0010	2062.88	
MBC14-08	60.55	14.10	60.55	7500	853.76	750.00	3750	2.48	85.63	0.017	0.057	0.033	0.078	0.0010	2502.75	
MBC14-09	60.75	14.05	60.65	8200	852.84	820.00	4100	2.72	85.84	0.027	0.128	0.021	0.067	0.0017	1587.87	
MBC14-10	60.15	14.10	60.85	5600	853.05	560.00	2800	1.86	85.56	0.028	0.076	0.013	0.047	0.0010	1937.12	

Fuente: Tesista

7.4. ANEXO IV: CURVA CARACTERISTICAS DE ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA DE PILAS DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO

Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)
PBC12-02	12.15	38.95	60.60	473.243

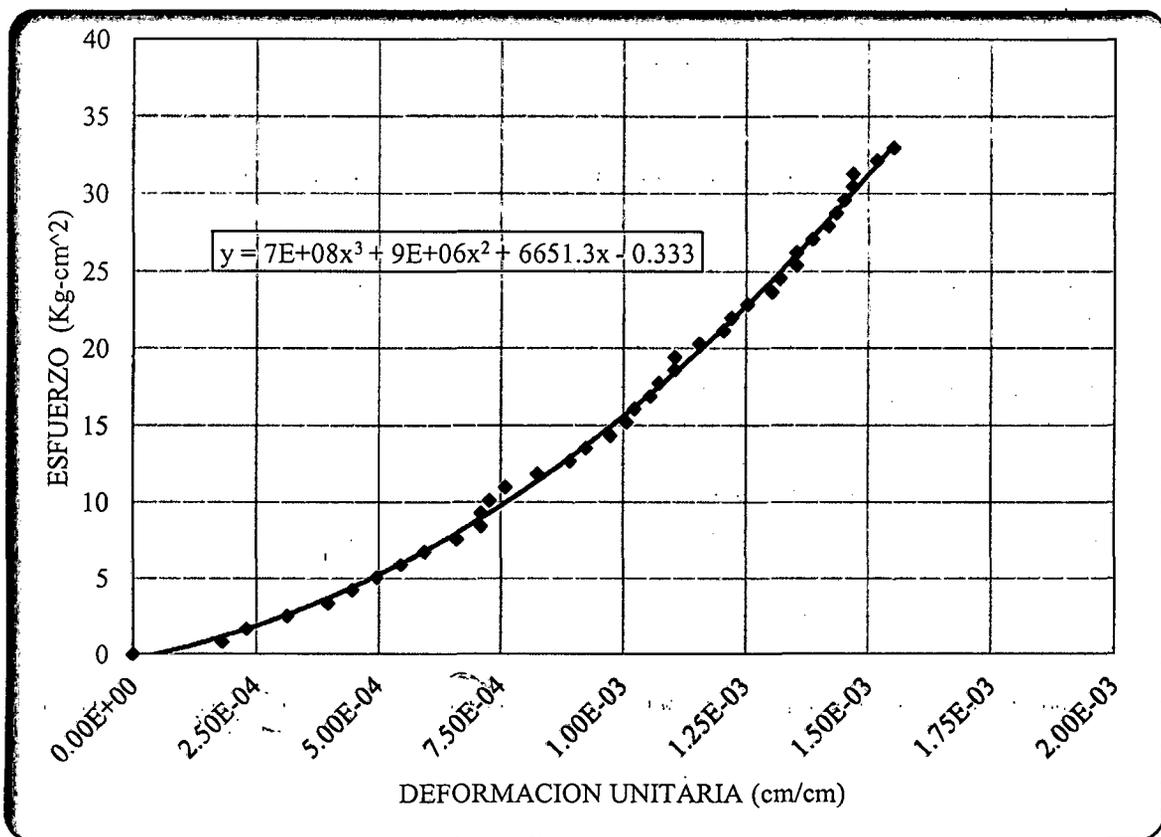
Tabla N° 57: Datos de esfuerzo y deformación unitaria pila PBC12-02

Carga (Kg)	Deformación (cm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Defor. Unit.(cm/cm)
0	0.000	0.00000	0.00000
400	0.011	0.84523	0.00018
800	0.014	1.69047	0.00023
1200	0.019	2.53570	0.00031
1600	0.024	3.38093	0.00040
2000	0.027	4.22616	0.00045
2400	0.030	5.07140	0.00050
2800	0.033	5.91663	0.00054
3200	0.036	6.76186	0.00059
3600	0.040	7.60709	0.00066
4000	0.043	8.45233	0.00071
4400	0.043	9.29756	0.00071
4800	0.044	10.14279	0.00073
5200	0.046	10.98802	0.00076
5600	0.050	11.83326	0.00083
6000	0.054	12.67849	0.00089
6400	0.056	13.52372	0.00092
6800	0.059	14.36895	0.00097
7200	0.061	15.21419	0.00101
7600	0.062	16.05942	0.00102
8000	0.064	16.90465	0.00106
8400	0.065	17.74989	0.00107
8800	0.067	18.59512	0.00111
9200	0.067	19.44035	0.00111
9600	0.070	20.28558	0.00116
10000	0.073	21.13082	0.00120
10400	0.074	21.97605	0.00122
10800	0.076	22.82128	0.00125
11200	0.079	23.66651	0.00130
11600	0.080	24.51175	0.00132
12000	0.082	25.35698	0.00135
12400	0.082	26.20221	0.00135

Carga (Kg)	Deformación (cm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Defor. Unit.(cm/cm)
12800	0.084	27.04744	0.00139
13200	0.086	27.89268	0.00142
13600	0.087	28.73791	0.00144
14000	0.088	29.58314	0.00145
14400	0.089	30.42837	0.00147
14800	0.089	31.27361	0.00147
15200	0.092	32.11884	0.00152
15600	0.094	32.96407	0.00155

Fuente: Tesista

Grafico N° 6: Curva de esfuerzo vs deformación unitaria Pila PBC12-02



Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)
PBC14-06	14.20	39.15	60.20	552.015

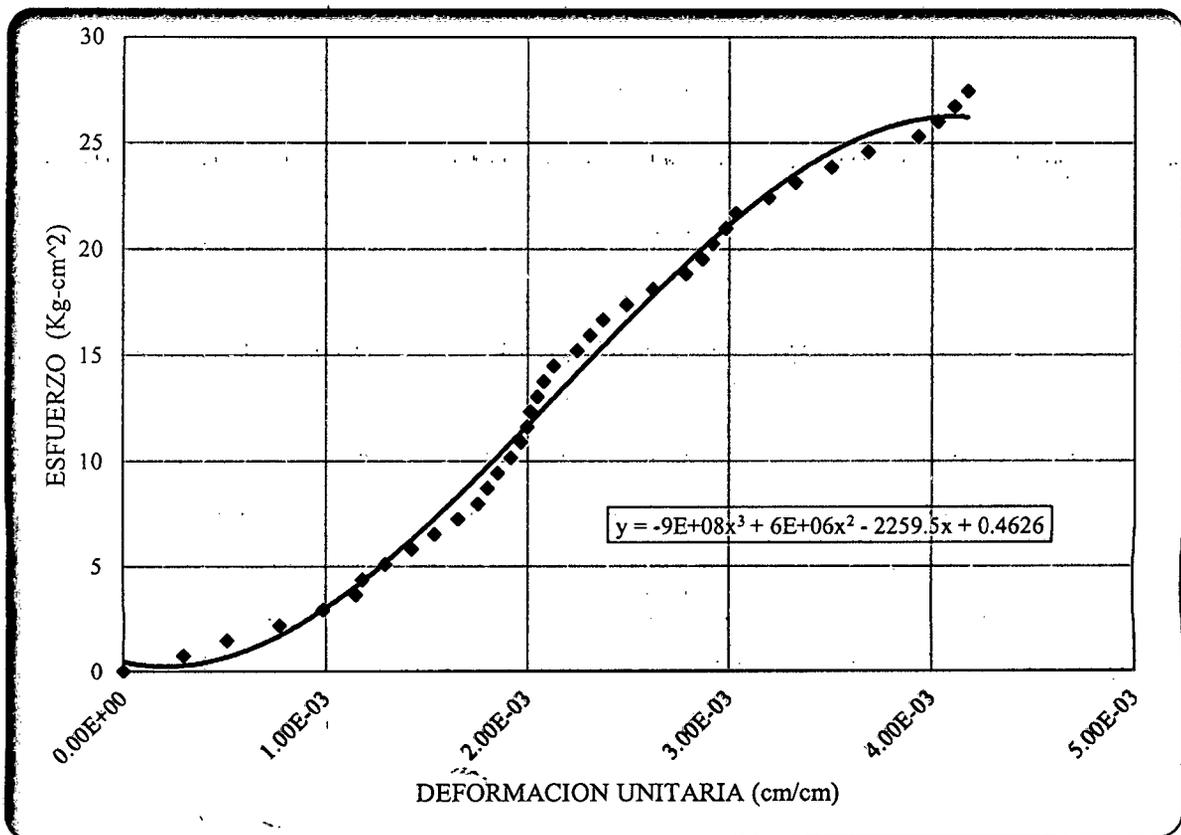
Tabla N° 58: Datos de esfuerzo y deformación unitaria pila PBC14-06

Carga (Kg)	Deformación (cm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Defor. Unit.(cm/cm)
0	0.000	0.00000	0.00000
400	0.015	0.72462	0.00025
800	0.028	1.44924	0.00047
1200	0.045	2.17385	0.00075
1600	0.055	2.89847	0.00091
2000	0.060	3.62309	0.00100
2400	0.064	4.34771	0.00106
2800	0.067	5.07233	0.00111
3200	0.070	5.79694	0.00116
3600	0.072	6.52156	0.00120
4000	0.075	7.24618	0.00125
4400	0.078	7.97080	0.00130
4800	0.080	8.69542	0.00133
5200	0.084	9.42003	0.00140
5600	0.085	10.14465	0.00141
6000	0.088	10.86927	0.00146
6400	0.091	11.59389	0.00151
6800	0.095	12.31851	0.00158
7200	0.097	13.04312	0.00161
7600	0.099	13.76774	0.00164
8000	0.103	14.49236	0.00171
8400	0.107	15.21698	0.00178
8800	0.110	15.94160	0.00183
9200	0.113	16.66621	0.00188
9600	0.117	17.39083	0.00194
10000	0.120	18.11545	0.00199
10400	0.124	18.84007	0.00206
10800	0.127	19.56469	0.00211
11200	0.131	20.28930	0.00218
11600	0.135	21.01392	0.00224
12000	0.139	21.73854	0.00231
12400	0.143	22.46316	0.00238
12800	0.147	23.18778	0.00244
13200	0.150	23.91239	0.00249
13600	0.154	24.63701	0.00256
14000	0.156	25.36163	0.00259
14400	0.160	26.08625	0.00266

Carga (Kg)	Deformación (cm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deform. Unit.(cm/cm)
14800	0.164	26.81087	0.00272
15200	0.168	27.53548	0.00279
15600	0.172	28.26010	0.00286
16000	0.177	28.98472	0.00294
16400	0.181	29.70934	0.00301
16800	0.185	30.43396	0.00307
17200	0.190	31.15857	0.00316

Fuente: Tesista

Grafico N° 7: Curva de esfuerzo vs deformación unitaria Pila PBC14-06



7.5. ANEXO V: CURVA CARACTERISTICAS DE ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA DE MURETES DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO

MURETE MBC12-06

Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Area (cm ²)	Diagonal (g)
MBC12-06	12.10	60.10	61.45	735.378	85.95

Tabla N° 59: Datos de esfuerzo y deformación unitaria vertical y horizontal murete MBC12-06

VERTICAL				HORIZONTAL			
Carga (Kg)	Def. (cm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Defor. Unit.(cm/cm)	Carga (Kg)	Def. (cm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Defor. Unit.(cm/cm)
0	0.000	0.00000	0.00000	0	0.000	0.00000	0.00000
200	0.015	0.19228	0.00017	200	0.010	0.19228	0.00012
400	0.022	0.38456	0.00026	400	0.012	0.38456	0.00014
600	0.026	0.57685	0.00030	600	0.014	0.57685	0.00016
800	0.031	0.76913	0.00036	800	0.015	0.76913	0.00017
1000	0.034	0.96141	0.00040	1000	0.017	0.96141	0.00020
1200	0.035	1.15369	0.00041	1200	0.019	1.15369	0.00022
1400	0.038	1.34598	0.00044	1400	0.021	1.34598	0.00024
1600	0.041	1.53826	0.00048	1600	0.023	1.53826	0.00027
1800	0.045	1.73054	0.00052	1800	0.025	1.73054	0.00029
2000	0.048	1.92282	0.00056	2000	0.028	1.92282	0.00033
2200	0.051	2.11510	0.00059	2200	0.031	2.11510	0.00036
2400	0.055	2.30739	0.00064	2400	0.033	2.30739	0.00038
2600	0.063	2.49967	0.00073	2600	0.035	2.49967	0.00041
2800	0.068	2.69195	0.00079	2800	0.037	2.69195	0.00043
3000	0.074	2.88423	0.00086	3000	0.038	2.88423	0.00044
3200	0.078	3.07652	0.00091	3200	0.041	3.07652	0.00048
3400	0.081	3.26880	0.00094	3400	0.043	3.26880	0.00050
3600	0.085	3.46108	0.00099	3600	0.046	3.46108	0.00054
3800	0.089	3.65336	0.00104	3800	0.049	3.65336	0.00057
4000	0.095	3.84564	0.00111	4000	0.053	3.84564	0.00062
4200	0.103	4.03793	0.00120	4200	0.055	4.03793	0.00064
4400	0.109	4.23021	0.00127	4400	0.058	4.23021	0.00067
4600	0.113	4.42249	0.00131	4600	0.059	4.42249	0.00069
4800	0.115	4.61477	0.00134	4800	0.062	4.61477	0.00072
5000	0.117	4.80705	0.00136	5000	0.065	4.80705	0.00076

Fuente: Tesista

Gráfico N° 8: Curva de esfuerzo vs deformación unitaria vertical murete MBC12-06

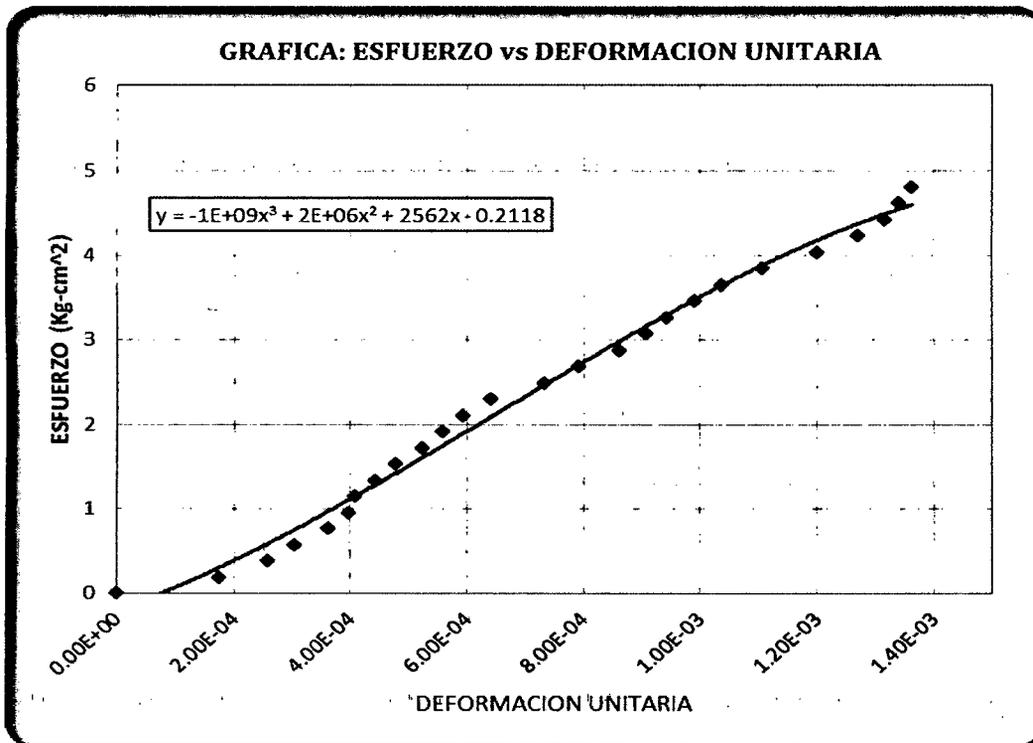
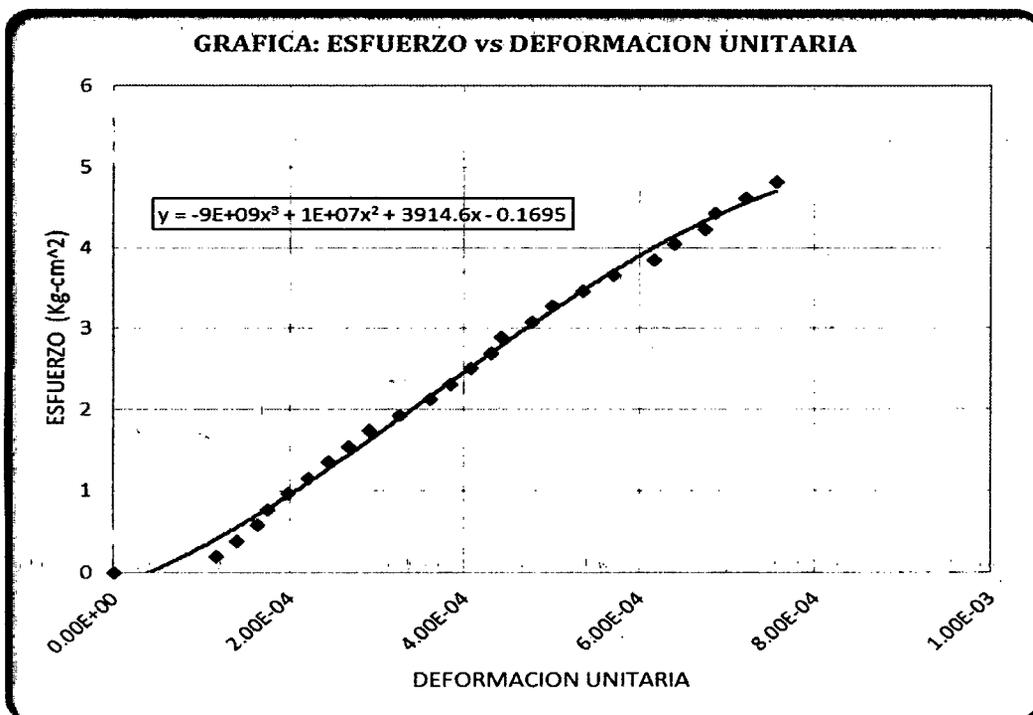


Gráfico N° 9: Curva de esfuerzo vs deformación unitaria horizontal murete MBC12-06



MURETE MBC14-05

Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Diagonal (g)
MBC14-05	14.05	60.60	60.45	850.376	85.5953

Tabla N° 60: Datos de esfuerzo y deformación unitaria vertical y horizontal murete MBC14-05

VERTICAL				HORIZONTAL			
Carga (Kg)	Def. (cm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Defor. Unit.(cm/cm)	Carga (Kg)	Def. (cm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Defor. Unit.(cm/cm)
0	0.000	0.00000	0.00000	0	0.000	0.00000	0.00000
200	0.010	0.16628	0.00012	200	0.000	0.16628	0.00000
400	0.013	0.33256	0.00015	400	0.000	0.33256	0.00000
600	0.016	0.49884	0.00019	600	0.005	0.49884	0.00006
800	0.019	0.66512	0.00022	800	0.008	0.66512	0.00009
1000	0.023	0.83140	0.00027	1000	0.011	0.83140	0.00013
1200	0.028	0.99768	0.00033	1200	0.014	0.99768	0.00016
1400	0.035	1.16396	0.00041	1400	0.015	1.16396	0.00018
1600	0.035	1.33023	0.00041	1600	0.019	1.33023	0.00022
1800	0.035	1.49651	0.00041	1800	0.022	1.49651	0.00026
2000	0.042	1.66279	0.00049	2000	0.024	1.66279	0.00028
2200	0.046	1.82907	0.00054	2200	0.026	1.82907	0.00030
2400	0.049	1.99535	0.00057	2400	0.028	1.99535	0.00033
2600	0.053	2.16163	0.00062	2600	0.031	2.16163	0.00036
2800	0.059	2.32791	0.00069	2800	0.033	2.32791	0.00039
3000	0.064	2.49419	0.00075	3000	0.035	2.49419	0.00041
3200	0.071	2.66047	0.00083	3200	0.038	2.66047	0.00044
3400	0.073	2.82675	0.00085	3400	0.041	2.82675	0.00048
3600	0.075	2.99303	0.00088	3600	0.043	2.99303	0.00050
3800	0.078	3.15931	0.00091	3800	0.045	3.15931	0.00053
4000	0.081	3.32559	0.00095	4000	0.047	3.32559	0.00055
4200	0.089	3.49187	0.00104	4200	0.051	3.49187	0.00060
4400	0.099	3.65815	0.00116	4400	0.057	3.65815	0.00067
4600	0.105	3.82442	0.00123	4600	0.065	3.82442	0.00076
4800	0.113	3.99070	0.00132	4800	0.072	3.99070	0.00084
5000	0.122	4.15698	0.00143	5000	0.084	4.15698	0.00098

Fuente: Tesista

Grafico N° 10: Curva de esfuerzo vs deformación unitaria vertical murete MBC14-05

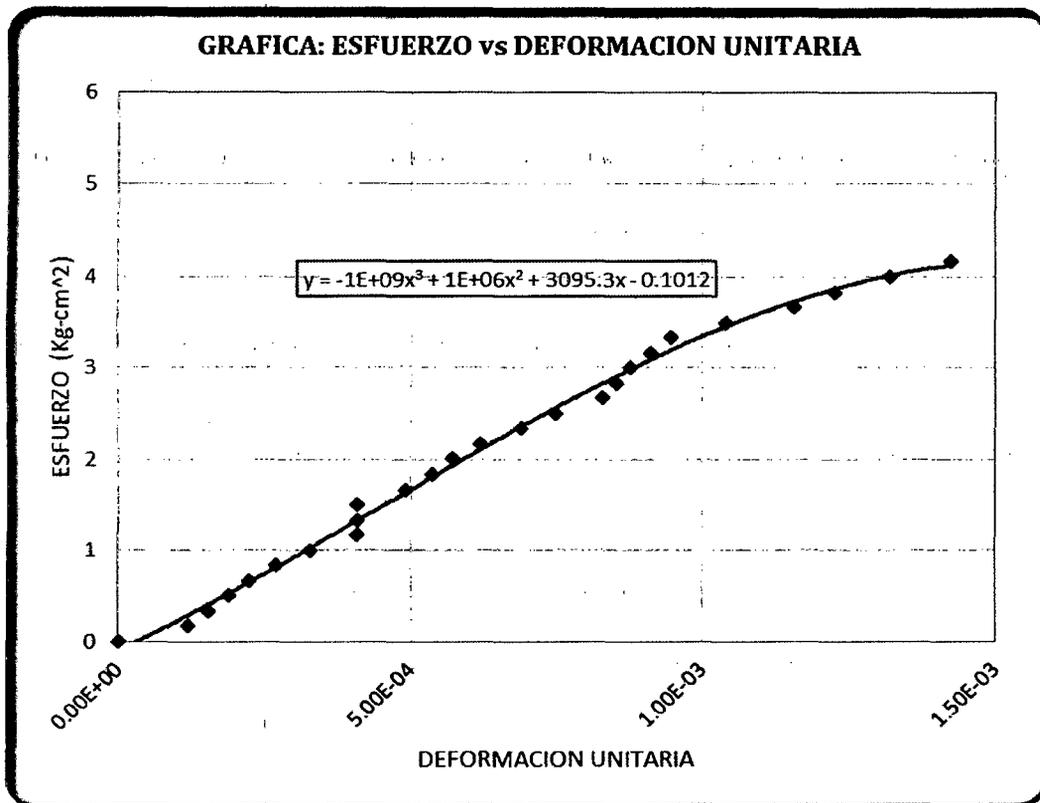
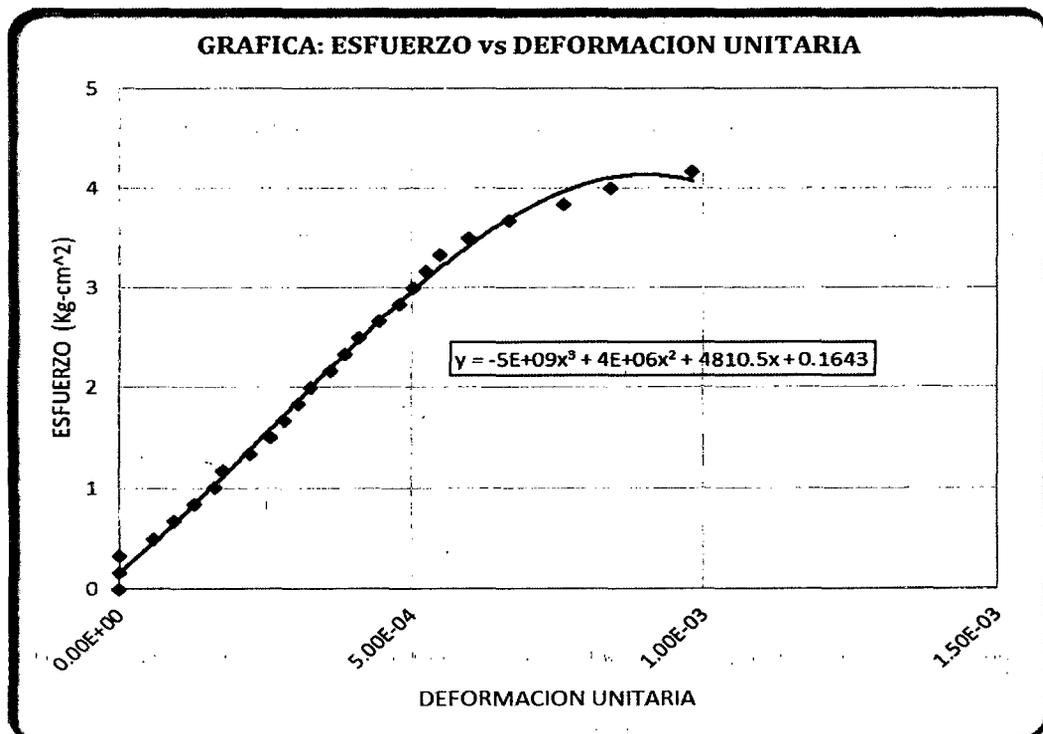


Grafico N° 11: Curva de esfuerzo vs deformación unitaria horizontal murete MBC14-05



7.6. ANEXO VI: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO PARA MOETERO

Tabla N° 61: Ensayos de partículas menores al tamiz N° 200 - agregado fino

ITEM	UNIDAD	1°	2°	3°	PROMEDIO
Peso seco de la muestra original	g	350.00	350.00	350.00	350.00
Peso seco de la muestra lavada	g	333.60	332.50	333.90	333.33
Peso del material que pasa el tamiz N° 200	g	16.40	17.50	16.10	16.67
% de material que pasa el tamiz N° 200	%	4.69	5.00	4.60	4.76

Fuente: Tesista.

Tabla N° 62: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado fino.

ENSAYO N° 01					
MALLA NOMENCLATURA	ABERTURA A (mm)	PESO RETENIDO O (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO O (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 08	2.380	77.40	3.78	3.78	96.22
N° 16	1.190	268.80	13.11	16.89	83.11
N° 30	0.600	595.00	29.02	45.91	54.09
N° 50	0.297	671.20	32.74	78.65	21.35
N° 100	0.149	327.10	15.96	94.61	5.39
N° 200	0.074	85.20	4.16	98.77	1.23
< N° 200	0.074	25.30	1.23	100.00	0.00
TOTAL		2050.00	100.00	MF	2.40

Fuente: Tesista

Tabla N° 63: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado fino.

ENSAYO N° 02					
MALLA NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 08	2.380	66.00	3.22	3.22	96.78
N° 16	1.190	256.70	12.52	15.74	84.26
N° 30	0.600	688.00	33.56	49.30	50.70
N° 50	0.297	662.40	32.31	81.61	18.39
N° 100	0.149	295.00	14.39	96.00	4.00
N°200	0.074	68.43	3.34	99.34	0.66
< N° 200	0.074	13.47	0.66	100.00	0.00
TOTAL		2050.00	100.00	MF	2.46

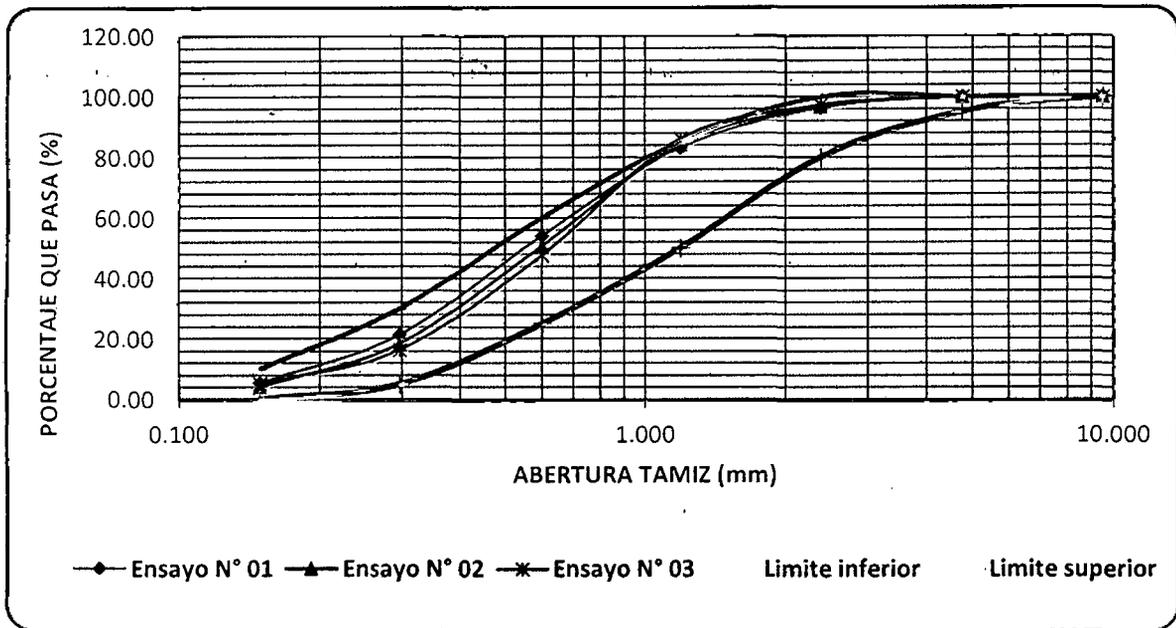
Fuente: Tesista

Tabla N° 64: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado fino.

ENSAYO N° 03					
MALLA NOMENCLATURA	ABERTURA A (mm)	PESO RETENIDO O (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 08	2.380	55.00	2.68	2.68	97.32
N° 16	1.190	229.90	11.21	13.90	86.10
N° 30	0.600	786.50	38.37	52.26	47.74
N° 50	0.297	642.50	31.34	83.60	16.40
N° 100	0.149	229.50	11.20	94.80	5.20
N°200	0.074	89.50	4.37	99.17	0.83
< N° 200	0.074	17.10	0.83	100.00	0.00
TOTAL		2050.00	100.00	MF	2.47

Fuente: Tesista

Grafico N° 12: Resultados de la curva de granulometría del agregado fino



Fuente: NTP 400.037, Elaboración Tesista

Tabla N° 65: Densidad relativa de la arena fina.

ITEM	UN	FORMULA	1°	2°	3°	PROMEDIO
Masa de la muestra de saturado con superficialmente seca (S)	g	-----	500.00	500.00	500.00	-----
Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua (C)	g	-----	1007.60	1007.90	1007.90	-----
Masa del picnómetro llenado de agua (B)	g	-----	697.40	697.90	697.70	-----
Masa de la Muestra seca al horno (A)	g	-----	494.00	493.90	493.80	-----
DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) (OD)	g/cm ³	$\frac{A}{(B + S - C)}$	2.603	2.599	2.602	2.601
DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) (SSD)	g/cm ³	$\frac{S}{(B + S - C)}$	2.634	2.632	2.634	2.633
DENSIDAD RELATIVA APARENTE (GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE)	g/cm ³	$\frac{A}{(B + A - C)}$	2.688	2.686	2.690	2.688
ABSORCION	%	$\frac{(S - A)}{A}$	1.215	1.235	1.256	1.24

Fuente: Elaboración Tesista.

Tabla N° 66: Peso específico del agua par ensayo de peso unitario del agregado fino

ITEM	UNIDAD	1°	2°	3°	PROMEDIO
Peso de Fiola + Agua	g	697.40	697.60	697.60	697.53
Peso de Fiola	g	201.00	201.00	201.00	201.00
Peso de Agua	g	496.40	496.60	496.60	496.53
Volumen de Agua	cm ³	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso específico del Agua	g/cm ³	0.993	0.993	0.993	0.993

Fuente: Elaboración Tesista.

Tabla N° 67: Factor agua para ensayo de peso unitario del agregado fino

ITEM	UNIDAD	1°	2°	3°	PROMEDIO
Peso de Molde + Vidrio	g	4760.000	4760.000	4760.000	4760.000
Peso de Molde + Vidrio + Agua	g	7770.000	7775.000	7775.000	7773.333
Peso de Agua	g	3010.000	3015.000	3015.000	3013.333
Peso específico del Agua	g/cm ³	0.994	0.994	0.993	0.994
Factor de agua f	cm ³	0.00033017	0.00032955	0.00032942	0.00032971

Fuente: Elaboración Tesista.

Tabla N° 68: Masa por unidad de volumen del agregado fino en estado seco suelto

ITEM	UNIDAD	1°	2°	3°	PROMEDIO
Peso del molde	g	3880.00	3880.00	3880.00	3880.00
Peso del molde + agregado	g	8335.00	8340.00	8340.00	8338.33
Peso del Agregado	g	4455.00	4460.00	4460.00	4458.33
Factor (f)	cm ³	0.00032956	0.00032956	0.00032956	0.000329558
PUSS	g/cm ³	1.468	1.470	1.470	1.469

Fuente: Elaboración Tesista.

Tabla N° 69: Masa por unidad de volumen del agregado fino, en estado seco compactado

ITEM	UNIDAD	1°	2°	3°	PROMEDIO
Peso del molde	g	3880.00	3880.00	3880.00	3880.00
Peso del molde + agregado	g	8614.00	8655.00	8670.00	8646.33
Peso del Agregado	g	4734.00	4775.00	4790.00	4766.33
Factor (f)	cm ³	0.0003297	0.0003297	0.0003297	0.000329713
PUSS	g/cm ³	1.561	1.574	1.579	1.572

Fuente: Elaboración Tesista.

7.7. ANEXO VII: DISEÑO ANALÍTICO DEL MORTERO.

CEMENTO TIPO: I ASTM C 150

PESO ESPECIFICO: 3.12 g/cm³

MATERIAL: ARENA

PESO UNITARIO SUELTO SECO: 1.469 g/cm³

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO: 1.572 g/cm³

PESO ESPECIFICO DE MASA: 2.601 g/cm³

PESO ESPECIFICO DE MASA DEL MATERIAL SATURADO CON SUPERFICIE SECA: 2.633 g/cm³

PESO ESPECIFICO APARENTE: 2.688 g/cm³

ABSORCIÓN: 1.24 %

CONTENIDO DE HUMEDAD: 2.00 %

MÓDULO DE FINEZA: 2.44

PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N200 4.76 %

ASENTAMIENTO: 4" - 8"

1.- PROPORCIONES

MORTERO TIPO S

DOSIFICACIÓN: 1:4 cemento:
arena

Agua/cemento: 1

Aire atrapado considerado: 3.5 %

2.- MORTERO EN BASE A UNA BOLSA DE CEMENTO

Cemento: 1 pie³

Arena: 4 pie³

3.- PESO SECO DE LOS MATERIALES

Cemento: 42.5 Kg

Arena: 167.92 Kg

Agua: 42.50 L

4.- VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES SIN AIRE ATRAPADO

Cemento:	0.0136	m3
Arena:	0.0625	m3
Agua:	0.0425	m3
TOTAL:	0.1186	m3

Como se considera 3.5% de aire atrapado, entonces: $1 - 0.035 = 0.965 \text{ m}^3$

5.- FACTOR CEMENTO: 8.14 bolsas

6.- CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CÚBICO DE MORTERO:

Cemento:	345.807	Kg
Arena:	1366.28	Kg
Agua:	345.807	L

7.- MATERIALES HUMEDOS POR m3:

Cemento:	345.807	Kg
Arena:	1393.61	Kg
Agua efectiva:	335.356	L

8.- PROPORCIONES EN PESO: 1 4.03 41.22 L/bolsa

9.- PROPORCIONES EN VOLUMEN: 1 4 41.22 L/bolsa

7.8. ANEXO VIII: ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE LAS PROBETAS DE MORTERO.

Tabla N° 70: ensayo a compresión axial de las probetas de mortero.

Espécimen	Peso (Kg)	Carga (Kg)	Cara Superior			Cara Inferior			Área Promedio (cm ²)	Resistencia del mortero MPa (28 días)	Resistencia del mortero kg/cm ² (28 días)
			Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Área (cm ²)	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Área (cm ²)			
Mortero 1	0.280	3580.00	5.10	5.10	26.01	5.10	5.10	26.01	26.01	13.50	137.64
Mortero 2	0.288	4010.00	5.10	5.20	26.52	5.20	5.10	26.52	26.52	14.83	151.21
Mortero 3	0.288	3850.00	5.10	5.10	26.01	5.10	5.10	26.01	26.01	14.52	148.02
Mortero 4	0.282	3550.00	5.10	5.10	26.01	5.20	5.10	26.52	26.27	13.25	135.16
Mortero 5	0.286	3530.00	5.10	5.10	26.01	5.10	5.10	26.01	26.01	13.31	135.72
Mortero 6	0.284	3590.00	5.20	5.20	27.04	5.10	5.20	26.52	26.78	13.15	134.06
Mortero 7	0.286	3520.00	5.20	5.10	26.52	5.20	5.10	26.52	26.52	13.02	132.73
Mortero 8	0.280	3950.00	5.10	5.10	26.01	5.20	5.10	26.52	26.27	14.75	150.39
Mortero 9	0.284	3360.00	5.20	5.20	27.04	5.20	5.10	26.52	26.78	12.30	125.47
Mortero 10	0.276	3150.00	5.20	5.20	27.04	5.20	5.20	27.04	27.04	11.42	116.49
Mortero 11	0.272	2960.00	5.20	5.10	26.52	5.20	5.20	27.04	26.78	10.84	110.53
Mortero 12	0.282	3400.00	5.10	5.10	26.01	5.20	5.20	27.04	26.53	12.57	128.18
Mortero 13	0.272	3670.00	5.20	5.20	27.04	5.10	5.20	26.52	26.78	13.44	137.04
Mortero 14	0.280	3370.00	5.10	5.10	26.01	5.10	5.15	26.27	26.14	12.64	128.93
Mortero 15	0.270	3390.00	5.15	5.20	26.78	5.10	5.10	26.01	26.40	12.59	128.43
Mortero 16	0.283	3280.00	5.10	5.10	26.01	5.10	5.10	26.01	26.01	12.37	126.11
Mortero 17	0.281	3415.00	5.20	5.20	27.04	5.10	5.10	26.01	26.53	12.63	128.75
Mortero 18	0.285	3310.00	5.10	5.20	26.52	5.10	5.10	26.01	26.27	12.36	126.02
Mortero 19	0.282	3450.00	5.10	5.10	26.01	5.10	5.20	26.52	26.27	12.88	131.35
Mortero 20	0.279	3470.00	5.10	5.10	26.01	5.20	5.10	26.52	26.27	12.96	132.11
Resistencia Promedio a compresión axial f_c										12.97	132.22
Desviación estándar σ										0.98	10.03
Resistencia característica a compresión axial f'_c										11.98	122.19
Coefficiente de variación (%)										7.6%	7.6%

Fuente: Elaboración Tesista.

7.9. ANEXO IX: FICHA TECNICA DEL CEMENTO UTILIZADO PARA MORTERO.



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Montecarlo Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
Pacasmayo, 13 de febrero 2015

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.5	Máximo 6.0
SO3	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	1.9	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.39	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	9	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.11	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3520	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm ²)	28.4 (290)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm ²)	35.0 (356)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm ²)	41.9 (427)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	166	Mínimo 45
Fraguado Final	min	318	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-01-2015 al 31-01-2015.
La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de diciembre 2014.

(*) Requisito opcional.


Ing. Ivanoff Rojas
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

7.10. ANEXO X: PANEL FOTOGRÁFICO



Imagen N° 24: En la imagen se observa la visita a la fábrica, así como la dosificación de materiales para la elaboración de los bloques huecos de concreto.

Imagen N° 25: En la imagen se observa la mesa vibradora, la cual permite vibrar el concreto para la elaboración de los bloques huecos de concreto.

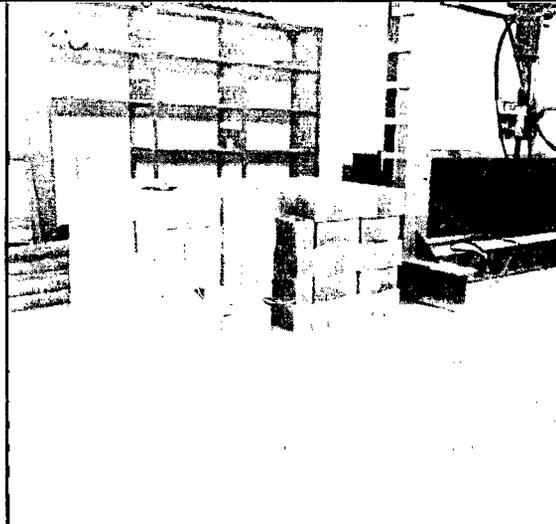


Imagen N° 26: En la imagen se observa las muestras de bloques de concreto, en el laboratorio de la universidad nacional de Cajamarca.

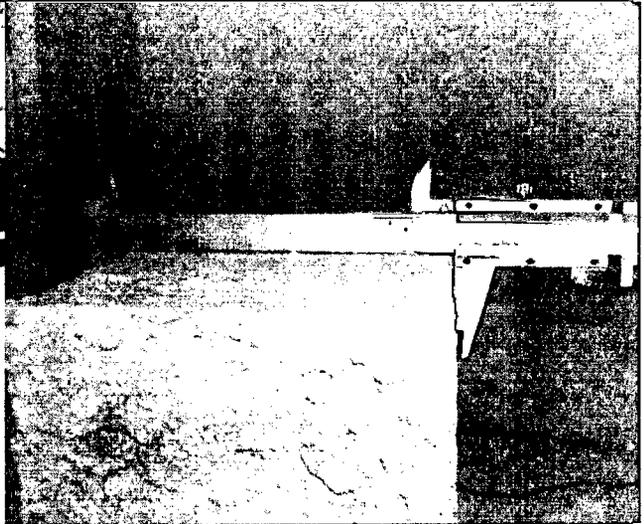


Imagen N° 27: En la imagen se observa la toma de las dimensiones para el cálculo de la variación dimensional en los bloques huecos de concreto.

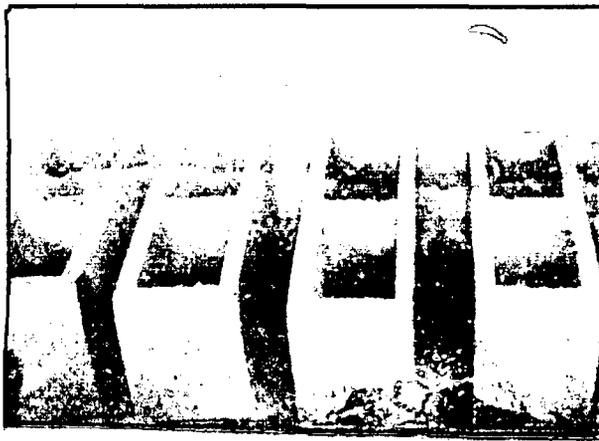


Imagen N° 28: En la imagen se observa a los bloques de concreto saturados por 24 horas para el cálculo de la absorción.



Imagen N° 29: En la imagen se observa el peso de los bloques huecos sumergidos en agua.



Imagen N° 30: En la imagen se observa a los bloques secados al horno a una temperatura constante durante 24 horas.



Imagen N° 31: Imagen que muestra el peso de los bloques después de ser secados durante 24 horas en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

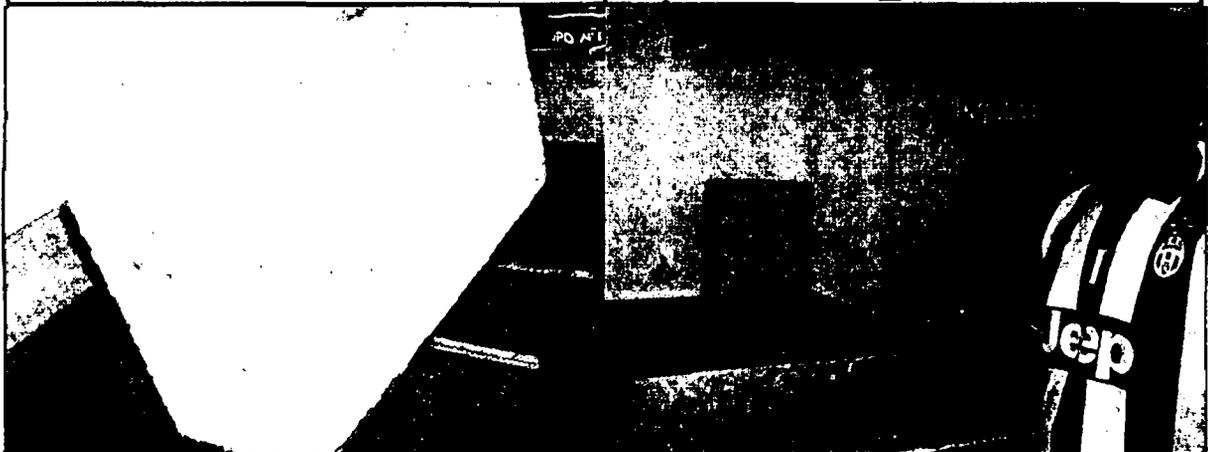


Imagen N° 32: En la imagen se observa el desarrollo del ensayo de succión en las caras que van a tener mortero.



Imagen N° 33: En las imágenes se observa el proceso de Refrentado de los bloques huecos de concreto, para la determinación de la resistencia a compresión simple.

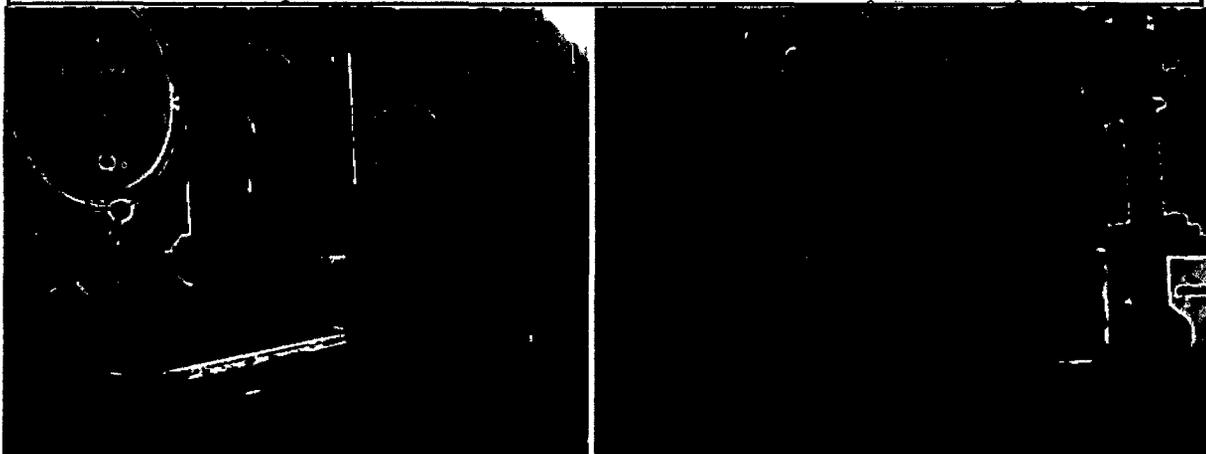


Imagen N° 34: En las imágenes se muestra el ensayo de compresión simple en bloques huecos de concreto.



Imagen N° 35: En las imágenes se muestra la limpieza de bloques de concreto antes de ser asentados, de tal manera que se elimine el polvo adherido a las caras de asiento.



Imagen N° 36: En las imágenes se observa la construcción de los muretes y pilas, así como la verificación de la verticalidad con la plomada.



Imagen N° 37: Se observa el curado de las juntas de mortero en pilas y muretes con una brocha húmeda. Durante 7 días.

Imagen N° 38: En las imágenes se observa el Refrentado de pilas y muretes.

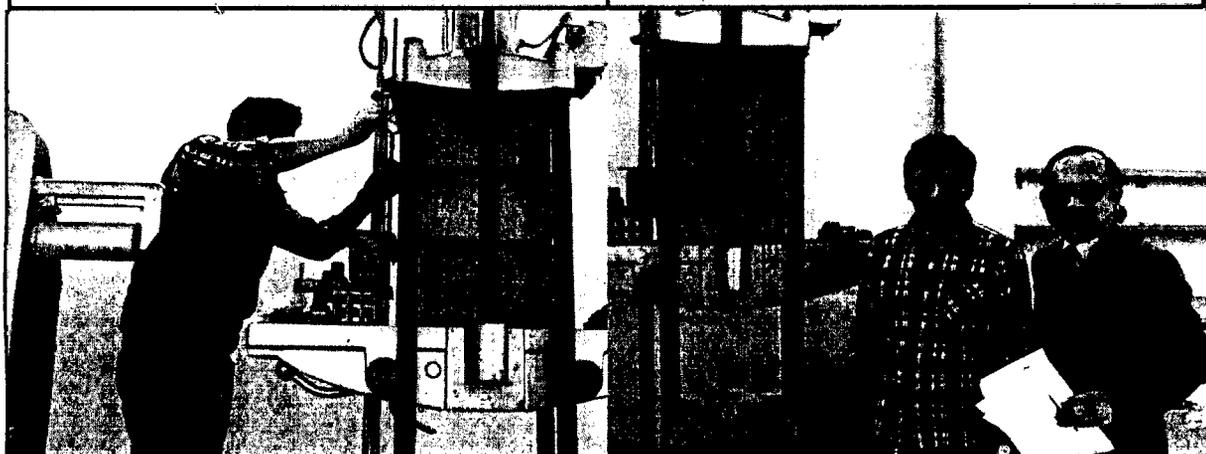


Imagen N° 39: En la imagen se observa el ensayo de las pilas después de 28 días de construidas.



Imagen N° 40: En la imagen se observa la nivelación de los muretes en la maquina universal.



Imagen N° 41: En la imagen se muestra la falla por tracción diagonal en muretes MBC12.

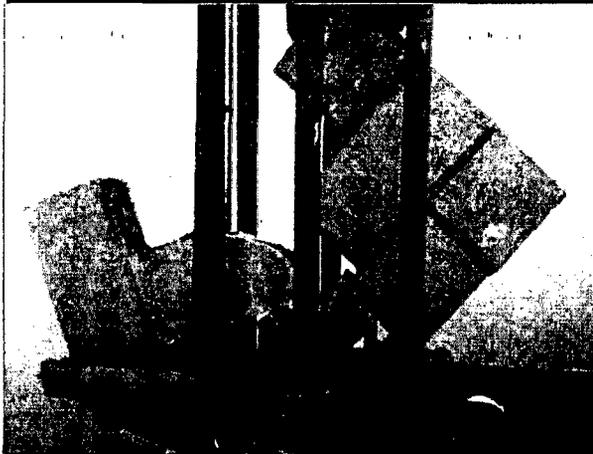


Imagen N° 42: En la imagen se muestra los muretes (MBC12) ensayados en la maquina universal, obteniéndose una falla mixta (tracción diagonal y escalonada) en algunos de los casos.



Imagen N° 43: En las imágenes se muestran los muretes (MBC-14) ensayados, obteniéndose una falla por tracción diagonal.



Imagen N° 44: En la imagen se observa la selección de la arena para el mortero que se va a emplear en la construcción de pilas y muretes.

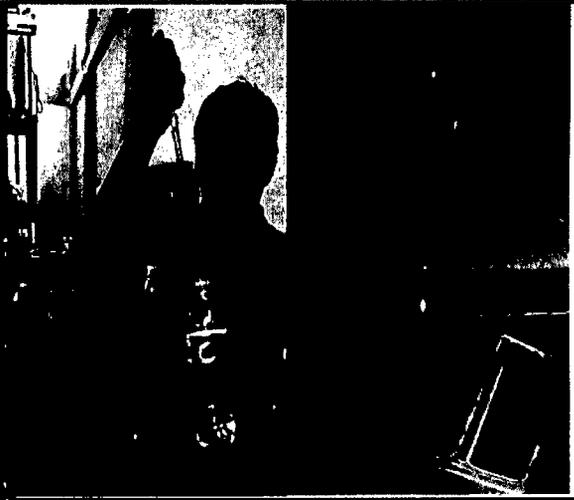


Imagen N° 45: En la imagen se observa el ensayo de densidad relativa y absorción del agregado fino para mortero.

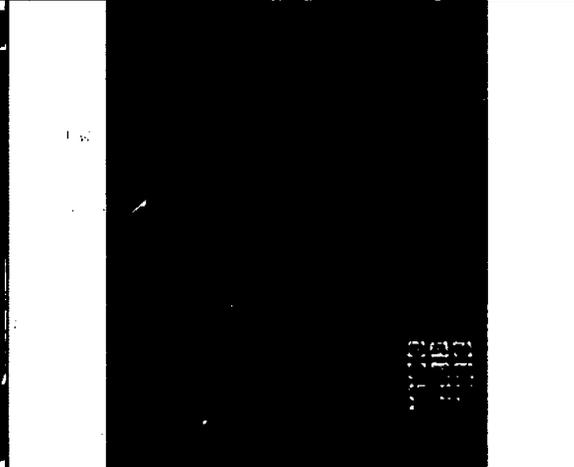


Imagen N° 46: Ensayo de densidad de masa de la agregado fino para mortero.



Imagen N° 47: Ensayo a compresión axial de las probetas de mortero.