

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



**ANÁLISIS DE ADHERENCIA EN MORTEROS DE PEGA Y
MORTEROS DE REPELLO UTILIZADOS EN MAMPOSTERÍA DE
LADRILLOS DE SUELO CEMENTO**

PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO CIVIL

POR:

EDWIN OMAR SARMIENTO SALAZAR

JESÚS ISAAC SEGURA BARRERA

KATHERINNE BLANCA GARCÍA CARDONA

DOCENTE DIRECTOR:

ING. JAIME OMAR AVALOS

SEPTIEMBRE 2012

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTROAMERICA



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR:

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

VICERRECTOR ACADÉMICO:

Maestra. Ana María Glower de Alvarado

SECRETARIO GENERAL:

Dra. Ana Leticia Zavaleta de Amaya

FISCAL GENERAL:

Lic. Francisco Cruz Letona



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DECANO:

Lic. Raúl Ernesto Azcúnaga López

VICEDECANO:

Ing. William Virgilio Zamora Girón

SECRETARIO:

Lic. Victor Hugo Merino Quezada

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA:

Ing. y Ms. Soraya Lissette Barrera de García

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION

Ing. Mauricio Ernesto García Eguizábal



ACTA DE AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por guiarnos y darnos la fortaleza a lo largo de nuestra vida y carrera y la sabiduría para alcanzar nuestra meta y finalizar nuestros estudios universitarios.

A nuestros padres por su comprensión, apoyo y amor en todo momento y en especial a lo largo del proyecto de graduación.

Agradecemos de manera especial a los catedráticos de la UES-FMOcc por apoyarnos y darnos sus conocimientos y guiarnos a lo largo de nuestras carreras.

Agradecemos al ISCYC por todo el apoyo técnico, económico y profesional que nos brindaron a lo largo del proyecto de graduación, especialmente a nuestro asesor Ing. Jaime Avalos, por darnos su guía, tiempo y dedicación y apoyarnos con sus conocimientos en este proyecto y a los técnicos de laboratorio del ISCYC por brindarnos su apoyo y ayuda.

Además al personal del laboratorio de mecánica estructural de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, Ing. Néstor España y Técnico Julio Cesar por brindarnos su apoyo técnico.

Y a todos nuestros amigos que en momentos difíciles nos apoyaron y animaron en todo este proceso de graduación.

Edwin Omar Sarmiento Salazar

Jesús Isaac Segura Barrera

Katherinne Blanca García Cardona



DEDICATORIA

Agradezco a DIOS por haberme permitido culminar esta fase de mi vida, brindándome fuerzas y sabiduría necesaria para poder concluir mis estudios universitarios.

A mis padres por su enorme sacrificio y por brindarme siempre su amor y apoyo incondicional, especialmente a mi madre, Eva de Jesús Barrera por su eterna dedicación, esmero y fortaleza, confianza y educación transmitida. En fin es un logro conjunto con mi madre y es en especial para ella mis logros.

Dedico este proyecto a mis sobrinos y hermana, Fernando, kelvin, Pahola, Katherine y mi hermana Maribel, los cuales siempre me dan aliento para seguir adelante y motivan a ser mejor cada día.

Agradezco infinitamente a una persona especial en mi vida que siempre me apoyado me a tenido confianza y a motivado a no decaer y siempre seguir adelante, Judith Esmeralda Solís.

Agradezco de gran manera a mis compañeros de tesis y mejores amigos por su amistad incondicional, confianza y paciencia a lo largo de este proyecto

A todos aquellos amigos que siempre estuvieron ahí para brindarme de una u otra forma su apoyo incondicional animándome a seguir adelante.

Jesús Isaac Segura Barrera



DEDICATORIA

Agradezco al creador de todo lo visible y lo invisible al Creador del Universo a ti Jesús de Nazaret encarnación de DIOS mismo, por haber Bendecido el sacrificio de mis padres y permitirles darme estudio, también te agradezco por darme la inteligencia necesaria, las ganas y la perseverancia de levantarme en cada tropiezo y seguir adelante.

Agradezco a mis hermanos por el apoyo y el respaldo que me brindaron siempre, por su ejemplo y por sus consejos.

Agradezco a Jessica Beatriz Blanco Padilla, por todo el apoyo incondicional que me brindo siempre y por haber estado con migo en los momentos mas difíciles de mi carrera.

Agradezco a los Catedráticos y profesionales que compartieron todos sus conocimientos para mi formación, a mis amigos y compañeros de carrera que me brindaron su apoyo.

Dedico este logro especialmente a DIOS, a mis Padres Pedro Cristóbal Sarmiento, Zoila Flor Salazar Mendoza y hermanos.

A todos los que fueron parte de mi vida en el proceso de mi formación y especialmente a mis compañeros de tesis muchísimas gracias y que Dios les Bendiga Hoy y Siempre.

Edwin Omar Sarmiento Salazar



DEDICATORIA

Principalmente dedico este trabajo a Dios por las infinitas bendiciones y haberme permitido llegar a esta etapa en mi vida, por brindarme sabiduría, amor y paciencia, me ayudo en los momentos más difíciles brindándome valores que me fortalecían como persona.

Dedico a mi madre Haydee, por su enorme esfuerzo y sacrificio para que pudiera concluir con mi carrera, por que me brindó su amor, apoyo incondicional, consejos y fortaleza en el desarrollo y transcurso de este, ayudándome a concluir satisfactoriamente mi proyecto.

A mi hermano Gustavo, por su apoyo, confianza y amor, por estar en todos los momentos de mi vida y ser mi mejor guía, por estar siempre presente cuidándome y brindándome aliento, gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

A mi familia, gracias a sus palabras de aliento crecí como persona, por su apoyo incondicional, por haber participado directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

A mis amigos/as, por su ayuda en mi estadía por la universidad, que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora seguimos siendo amigos.

Finalmente a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis

¡Gracias a ustedes!

Katherinne Blanca García Cardona



RESUMEN EJECUTIVO

CAPITULO 1. En este capitulo se muestra la importancia de la adherencia en la mampostería de ladrillo de suelo cemento, dicha propiedad no ha sido ampliamente estudiada tomando en cuenta las variables que puedan afectar el desempeño de la mampostería como sistema integral, siendo este sistema integral poco conocido en nuestro país y ya que nos encontramos en una zona altamente sísmica es de vital importancia conocer los factores que puedan afectar la resistencia y durabilidad de dicho sistema. Por esta razón se exponen los objetivos, limitantes y alcances globales del presente trabajo de graduación para analizar el desempeño del mortero en el pegado de los ladrillos de suelo cemento y repello en paredes, así como espesor de repello, además se presenta referencia de previas investigaciones relacionadas con el tema.

CAPITULO 2. Como su nombre lo designa se muestra un sustento teórico o bibliográfico en los cuales se definen términos que se consideran de importancia para su mayor comprensión tales como definición de mampostería los tipos que existen y los mas utilizados en construcciones de pequeña altura. A demás se define los morteros utilizados para pega y morteros para repello, sus principales características y propiedades en estado fresco y endurecido y aquellas variables que pueden afectar la adherencia del mismo sobre los elementos de la mampostería. También se analiza el ladrillo de suelo cemento, su fabricación y resistencia.

Se definen las características y propiedades de los agregados como parte esencial de morteros y de igual manera el cemento utilizado, agua y sus condiciones necesarias para la elaboración de mortero. Conceptos básicos de



adherencia y esfuerzos que originan fallas por adherencia y factores que influyen en la adherencia del mortero de pega y de repello.

CAPITULO 3. Este capitulo describe la metodología experimental empleada durante el transcurso de la investigación. Se describe el procedimiento utilizado para la selección de ladrillos y proporción de los mismos, la elaboración de paredes de ensayo a morteros de repello, también se describen todos los procedimientos a seguir en cada prueba u ensayo realizado a materiales y especímenes (prismas, cubos, pared), estos separados en diferentes condiciones de campo y de laboratorio. Donde se mencionan detalles tales como el lugar donde se realizan los diferentes ensayos sus cualidades de fabricación y almacenamiento de especímenes, normas que presiden a los ensayos y normas para su realización.

Tomando estos factores para comprobar como afectan en las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados, en la resistencia y adherencia en el mortero y prismas de mampostería como conjunto

CAPITULO 4. Capitulo designado para la caracterización de materiales empleados para la elaboración del mortero de pega y de repello, donde se analiza la arena y el cemento, caracterizando sus principales propiedades, gravedad específica, absorción y resistencia ultima a la compresión, donde se describen el procedimiento tamaños de muestras, equipos y maquinaria empleada , esto según normas que los presiden y que fueron empleadas, cálculos, resultados y un apartado de análisis de resultados de ensayos realizados que permita obtener la clasificación de los materiales, poder determinar si estos son los adecuados para la elaboración de mortero y que no afecten la adherencia en mortero de pega y morteros de repello.



CAPITULO 5. En este apartado podemos encontrar los ensayos realizados a los morteros de repello, presentando una descripción de la metodología empleada en estos y los resultados obtenidos para cada una de las pruebas hechas en estos morteros y un análisis de los mismos.

Estos ensayos están regidos bajo la norma ASTM, y con los resultados obtenidos se podrá concluir si los morteros cumplen con parámetros adecuados para que los resultados obtenidos de los prismas sean representativos y confiables.

CAPITULO 6. A diferencia del capítulo anterior en este solo se presentan los ensayos al mortero de Pega, una descripción de cada prueba sus resultados y análisis de los mismos, estas pruebas también se rigen por las normas ASTM.

Las propiedades físicas y mecánicas de este mortero son evaluadas para determinar si este cumple con los estándares requeridos; la importancia de estos resultados es alta debido a que la propiedad en estudio depende en gran parte de la calidad del mortero utilizado en la unión de las unidades de mampostería.

Capitulo 7: Se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación, tanto las conclusiones y recomendaciones fueron realizadas en base a los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de laboratorio y campo y los análisis de resultados presentados en los capítulos anteriores, con estas conclusiones y estas recomendaciones se pretende realizar una investigación mas a fondo sobre la adherencia, propiedad fundamental en el mortero.



CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS	xx
SIGLAS	xxiv
SIMBOLOGIA	xxv
ABREVIATURAS	xxv
UNIDADES DE MEDIDA	xxvi
INTRODUCCIÓN	xxviii
CAPITULO 1: GENERALIDADES.....	30
1.1 Planteamiento Del Problema	31
1.2 Limitantes	32
1.3 Alcances Globales	33
1.4 Justificaciones	35
1.5 Objetivos:.....	36
1.5.1 General:.....	36
1.5.2 Específicos:	36
1.6 Antecedentes.....	38
CAPITULO 2: SUSTENTO BIBLIOGRÁFICO.	41
2.1 Mampostería De Ladrillos De Suelo Cemento.....	42
2.1.1 Definición de mampostería	42
2.1.2 Componentes de la mampostería	44
2.2 Mortero de pega y mortero de repello Utilizado En Mampostería De Ladrillos De Suelo Cemento.	52
2.2.1 Componentes	52



2.2.2 Propiedades del mortero.	53
2.2.3 Mortero de repello.	54
2.2.4 Mortero de pega.	56
2.2.5 Esfuerzos que originan fallas por adherencia.....	58
2.3 Definición De Adherencia	59
CAPITULO 3: DESCRIPCION DE METODOLOGIA EXPERIMENTAL	61
3.1 Elaboración Y Selección De Ladrillos De Suelo Cemento.....	62
3.1.1 Materiales para elaborar ladrillos de suelo-cemento:	62
3.1.2 Metodología para la elaboración de las muestras de los ladrillos de suelo-cemento:.....	63
3.1.3 Ensayos a los ladrillos de muestra:	65
3.1.4 Análisis de datos, conclusiones y propuestas	67
3.1.5 Conclusión ladrillos de suelo-cemento	70
3.1.6 Recomendación ladrillos de suelo-cemento	71
3.1.7 Manufactura de ladrillos de suelo-cemento	72
3.2 Ensayos A Materiales	72
3.3 Ensayos A Mortero En Condiciones De Laboratorio.....	74
3.3.1 Método de ensayo estándar para resistencia a la compresión en morteros de cemento hidráulico.	74
3.3.2 Método de prueba estándar de fluidez de mortero de cemento hidráulico	75
3.3.2 Método de ensayo estándar para tiempo de fraguado en mezclas de concreto por resistencia a la penetración, mortero de pega 1:3, y del mortero de repello 1:5.	75
3.4 Ensayos De Mortero En Condiciones De Campo	77



3.4.1 Ensayos al mortero de repello	77
3.4.1.1 Elaboración de paredes de ensayo	77
3.4.1.2 Ensayo estándar para resistencia a la compresión en morteros de cemento hidráulico	80
3.4.1.3 Método de prueba estándar de fluidez de mortero de cemento hidráulico 1:3 Y 1:5	81
3.4.1.4 Ensayo estándar para tiempo de fraguado en mezclas de concreto por resistencia a la penetración, en campo en mortero de repello 1:3 Y 1:5	82
3.4.1.5 Ensayo De Adherencia De Repello (Pull Off)	83
3.4.2 Ensayos al mortero de pega en condiciones de campo.	84
3.4.2.1 Ensayo estándar para resistencia a la compresión en morteros de cemento hidráulico, mortero 1:3	85
3.4.2.2 Método de prueba estándar de fluidez de mortero de cemento hidráulico, mortero 1:3	86
3.4.2.3 Ensayo estándar para tiempo de fraguado en mezclas de concreto por resistencia a la penetración Mortero 1:3	86
3.4.2.4 Adherencia entre mortero de pega en prismas a flexo-compresión.	88
3.4.2.5 Resistencia A La Compresión Simple De La Mampostería	90
3.4.2.6 Coplas Cruzadas De Ladrillo	91
3.4.2.1 Adherencia por flexión de la mampostería	93
CAPITULO 4: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	95
4.1 Ensayos A La Arena	96
4.1.1 Análisis granulométrico de agregado fino y modulo de finura.	96
4.1.2 Ensayo de gravedad específica y absorción en agregado fino.	100



4.1.3 Análisis de resultados.....	104
4.2 Ensayos Al Cemento	106
4.2.1 Ensayo de gravedad específica para el cemento.....	106
4.2.2 Ensayo estándar para resistencia a la compresión en morteros cemento de mampostería bajo norma ASTM C 91 Tipo M.....	107
4.2.3 Análisis de pruebas del cemento.....	112
CAPITULO 5: DESCRIPCIÓN, RESULTADOS Y ANALISIS DE ENSAYOS A MORTERO DE REPELLO	114
5.1 Resistencia A La Compresión De Morteros De Cemento Hidráulico ASTM C 109.....	115
5.1.1 Análisis de resultados.....	121
5.2 Ensayos De Tiempo De Fraguado.....	123
5.2.1 Tiempo de fraguado del mortero de repello 1:5 en campo.....	123
5.2.2 Tiempo de fraguado del mortero de repello 1:5 en laboratorio.....	126
5.2.3 Ensayo de tiempo de fraguado del mortero de repello proporción 1:3 campo y laboratorio.....	128
5.2.3.1 Tiempo de fraguado del mortero 1:3 en campo.	128
5.2.3.2 Tiempo de fraguado del mortero 1:3 en laboratorio.	131
5.2. 4 Análisis De Resultados.....	134
5.2.4.1 Tiempo de fraguado del mortero proporción 1:3 y del mortero proporción 1:5 en campo.	134
5.4.2.2 Tiempo de fraguado del mortero proporción 1:3 y del mortero proporción 1:5 en laboratorio.	135
5.4.2.3 Comparaciones del fraguado en campo y en laboratorio para cada proporción.....	136



5.3 Método de prueba estándar de fluidez de mortero de cemento hidráulico	138
5.3.1 Análisis de resultados de prueba estándar para flujo de mortero de cemento hidráulico	141
5.4 Ensayo De Adherencia Del Mortero De Repello (Pull Off).....	142
5.4.1 Tipos de fallas	144
5.4.4 Análisis Prueba De Adherencia Pull Off	147
CAPITULO 6: DESCRIPCIÓN, RESULTADOS Y ANALISIS DE ENSAYOS A MORTERO DE PEGA.....	152
6.1 Resistencia A La Compresión De Morteros De Cemento Hidráulico.....	153
6.2 Tiempo De Fraguado Del Mortero De Pega.	153
6.3 Método de prueba estándar de fluidez de mortero de cemento hidráulico	154
6.4 Ensayo De Flexo-Compresión.....	154
6.4.1 Tipos de falla	159
6.4.2 Análisis de resultados.....	160
6.5 Resistencia A La Compresión Simple De La Mampostería.	162
6.5.1 Tipos de fallas	167
6.5.2 Análisis de resultados.....	168
6.6 metodo de ladrillos cruzados	169
6.6.1 Tipos de fallas	173
6.6.2 Tipos de fallas presentadas.....	174
6.6.3 Análisis de resultados.....	176
6.7 Ensayos Adherencia Por Flexión.....	177
6.7.1 Tipos de falla	178



6.7.2 Análisis de resultados.....	180
6.7.3 Análisis comparativo en ensayos de adherencia.....	181
CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	183
7.1 Conclusiones	184
7.2 recomendaciones	188
GLOSARIO	190
BIBLIOGRAFIA.....	192
ANEXOS.....	194



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Limites de graduación en arena natural y arena manufacturada adoptado de norma ASTM C-144 APARTADO 4.1.....	47
Tabla 2.2 Especificación por proporciones para tipos de mortero Adoptado de ASTM 270.....	49
Tabla 2.3: Especificación de propiedades de los tipos de morteros Adoptado de ASTM 270.....	50
Tabla 3.1 Comportamiento observado en las paredes de compresión en ladrillos. Fuente elaboración propia.	70
Tabla N ^o 4.1. Tabla de resultados de análisis granulométrico	98
Tabla N ^o 4.2 Clasificación de las arenas en función del modulo de finura, tomado de norma ASTM designación C136, “Método de ensayo estándar para análisis granulométrico de agregado grueso y fino”	100
Tabla 4.4 Rango de aceptabilidad de dos resultados, adoptado de ASTM C-128 apartado 9 (p 4)	105
Tabla 4.5 Densidad y gravedad especifica del cemento.....	107
Tabla 4.6: Resultados de fluidez de cubo de cemento.	110
Tabla: 4.8: Requerimiento de esfuerzo a la compresión, adoptado de ASTM C91 Apartado 5.1	113
Tabla 5.1 Especificaciones de las propiedades requeridas de la resistencia a la compresión. Según ASTM C-270.	116
Tabla 5.6 comparación de resultados de compresión.....	121
Tabla 5.7 comparación de resultados de compresión.....	122
Tabla 5.8: Datos del tiempo de fraguado mortero 1:5 campo	124
Tabla 5.9 Tiempos de fraguado mortero 1:5 campo.	125



Tabla 5.10: Datos del tiempo de fraguado mortero 1:5 laboratorio.....	126
Tabla 5.11. Tiempos De Fraguado Mortero 1:5 Laboratorio.....	127
Tabla 5.10: Datos del tiempo de fraguado mortero 1:3 campo.....	129
Tabla 5.11: Tiempo De Fraguado Del Mortero 1:3 Campo.....	130
Tabla 5.14 Datos del tiempo de fraguado mortero 1:3 laboratorio.....	132
Tabla 5.15: Tiempo de fraguado Mortero 1:3 laboratorio.....	133
Tabla 5.16: Tiempo De Fraguado Mortero 1:3 Campo.....	134
Tabla 5.17, Tiempo de fraguado mortero 1:5 campo.....	134
Tabla 5.18: Tiempo de fraguado mortero 1:3 laboratorio.....	135
Tabla 5.19 Tiempo de fraguado mortero 1:5 laboratorio.....	135
Tabla 5.20. Comparación de tiempos de fraguado.....	136
Tablas 5.21 Resultados De Fluidez De Morteros En Proporciones De 1:3 En Campo.....	140
Tablas 5.22 Resultados De Fluidez De Morteros En Proporciones De 1:5 En Campo.....	140
Tablas 5.23 Resultados De Fluidez De Morteros En Proporciones De 1:3 En Laboratorio.....	141
Tablas 5.24 Resultados De Fluidez De Morteros En Proporciones De 1:5 En Laboratorio.....	141
Tabla 5.25: Resultados obtenidos de adherencia en ladrillo de suelo cemento y repello de espesor de 5mm con mortero de proporción 1:3.....	145
Tabla 5.26: Resultados obtenidos de adherencia en ladrillo de suelo cemento y repello de espesor de 5mm con mortero de proporción 1:5.....	145
Tabla 5.27: Resultados obtenidos de adherencia en ladrillo de suelo cemento y repello de espesor de 1mm con mortero de proporción 10:1.....	146
Tabla 6.4 Resistencia promedio de prismas a compresión simple.....	161



Tabla 6.5 Factor de corrección para la resistencia a la compresión en prismas, ASTM C 1314 apartado 10.1.3.1.	164
Tabla 6.6 resultados de compresión a 15 días	165
Tabla 6.7 resultados de compresión a 28 días	166
Tabla 6.8. resultados de compresión a 56 días	166
Tabla 6.9: Promedio resultados a compresión de la mampostería.	168
Tabla 6.13: Resumen de resultados promedio	176
Tabla 6.13 Resultados promedios de ensayos de adherencia.....	181



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: preparación de material selecto, muestreo, tamizado y almacenamiento.....	62
Figura3.2: proceso de elaboración de ladrillos de suelo-cemento.	64
Figura: 3.3 ensayo de absorción de ladrillos de suelo-cemento; (a) introducción en piscina; (b) saturación de muestras; (c) pesado.	66
Figura3.4: compresión de espécimen de ladrillos de suelo-cemento.....	67
Figura3.5. (a) Elaboración mortero. (b) Llenado de moldes para fraguado.	76
Figura3.6: Proceso De Construcción De Pared De Ensayo.....	78
Figura 3.8 Hechura De Mortero	82
Figura 3.9: Prismas para flexo compresión, compresión simple y adherencia por flexión y Primas ladrillos cruzados.	84
Figura 3.10: Prueba de la cuchara realizada por el albañil	86
Figura 3.11: muestra de mortero para tiempo de fraguado.....	87
Figura 3.12. Almacenado y curado de prismas.....	88
Figura 3.13: Transporte de prismas.	89
Figura 3.14. Sujeción de prisma para prueba.	90
Figura 3.15. Transporte de prismas.	91
Figuras 3.16Elaboración de prismas de ladrillos cruzados.	92
Figura 3.17Fabricación Equipo Para Ensayar Los Prismas De Ladrillos Cruzados	92
Figura 3.18: Primas para ensayo de Adherencia por Flexión.	94
Figura 4.1: tamizado de agregado	97
Figura 4.2: determinación de la muestra a través de cuarteo	97



Figura 4.3: agregado tamizado	97
Figura 4.4: Curva granulométrica de arena, limites granulométricos.....	99
Figura 4.5 Prueba del cono para verificar la condición SSS.	101
Figura4.6: Peso de picnómetro con agua y picnómetro lleno hasta la marca de aforo.....	102
Figura 4.7: Mezcla mecánica de mortero de cemento.	107
Figura 4.8 Moldeado y enrasado de cubos de mortero.....	108
Figura. 4.9 Orden de compactación en el moldeo de especímenes, tomado de norma ASTM C-109 apartado 10.4.2	109
Figuras 4.10 compresión de especímenes cúbicos.	110
Figura 4.11 peso de especímenes cúbicos.....	110
Figura 4.13 Esfuerzo de compresión del cemento.....	113
Figura 5.1 Resistencia a compresión vrs tiempo en mortero 1:3 comparación de condiciones de campo y laboratorio.....	122
Figura 5.2 Resistencia vrs tiempo en mortero 1:5 comparación de condiciones de campo y laboratorio.	123
Figura 5.3:Grafico 2C, tiempo de fraguado mortero 1:5 campo.....	125
Figura 5.4:Grafico 4c. Tiempo de fraguado mortero 1:5 laboratorio.	127
Figura 5.5, Penetración al mortero.....	129
Figura 5.6 Grafico 1C, Tiempo de fraguado mortero de pega 1:3.....	130
Figura5.7: Ensayo de flujo de mortero	131
Figura 5.8: Ensayo de tiempo de fraguado	132
Figura 5.9: Grafico 3c tiempo de fraguado del mortero proporción 1:3 laboratorio.....	133



Figura 5.10 Grafico 4C, comparación del tiempo de fraguado del mortero proporción 1:3, campo y laboratorio.....	137
Figura 5.11 Grafico 5C, comparación del tiempo de fraguado del mortero proporción 1:5, campo y laboratorio.....	137
Figura 5.12 recipiente cónico y forma de llenado.....	139
Figura 5.13 mesa de fluidez con mortero esparcido	139
Figura 5.14 medición de diámetros en diversas direcciones.	140
Figura 5.15: Perforación de pared con broca hidráulica y pegado de pastilla sobre mortero.....	143
Figura 5.16: Equipo utilizado en la prueba de adherencia Pull Off, Desprendimiento de capa de mortero adherida al ladrillo de suelo-cemento.	143
Figura 5.18: Gráfico de esfuerzo a la adherencia para ladrillo de suelo cemento cara I pared 1.....	148
Figura 5.19: Gráfico de esfuerzo a la adherencia para ladrillo de suelo cemento cara I pared 2.....	149
Figura 5.20: Gráfico de esfuerzo a la adherencia para ladrillo de suelo cemento cara II pared 1.....	149
Figura 5.22: Gráfico de análisis de esfuerzo a la adherencia de la capa de repello espesor 5mm.	150
Figura 6.1: prisma centrado en maquina universal.	155
Figura 6.2. Falla por cohesión del ladrillo.	159
Figura 6.3: Falla ideal por adherencia.....	160
Figura 6.4: Comparación adherencia flexo-compresión área neta y área bruta.	161
Figura 6.5. Almacenaje de prismas.....	163
Figura 6.6: Refrentado de prisma.	163



Figura 6.7 Falla a compresión.....	164
Figura 6.8 detalle de las dimensiones según Norma ASTM C 1314.....	165
Figura 6.9. Comparación de Fallas por compresión.	168
Figura 6.10 Prisma de ladrillos cruzados	170
Figura 6.11: Maquinaria y falla de sisa	171
Figura6.12:tipos de fallas presentadas: a) falla por cohesión del ladrillo, b) falla mixta, c) falla por adherencia de mortero.....	174
Figura 6.13 Comparación de la resistencia en el tiempo de ladrillos-cruzados	177
Figura6.14: Ensayo de adherencia por flexión.....	178
Figura6.15: Fallas presentadas en prismas sometidos a adherencia por flexión.	178
Figura 6.16: Gráfico de resultados del ensayo de adherencia por flexión.	180
Figura 6.17 Comparación de ensayos de adherencia.....	182



SIGLAS

- **ASTM:** American Society of testing materials (Asociación Americana de Ensayo de Materiales).
- **ISCYC:** Instituto Salvadoreño Del Cemento Y del Concreto.
- **UCA:** Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- **TAISHIN:** Mejoramiento de la tecnología para la construcción y difusión de la vivienda popular sismo resistente.
- **S-C:** Suelo Cemento.
- **FC15D-1A:** Prisma 1A ensayado a Flexo-Compresión a 15 Días de Edad.
- **C28D-1B:** Prisma 1B ensayado a Compresión Simple a 28 Días de Edad.
- **GU:** General (usos general)



SIMBOLOGIA

MF: Modulo de Finura

PV: peso volumétrico

SSS: Superficie Superficialmente Seca

T: Resistencia de la unión ala tracción.

ABREVIATURAS

- Ec: Ecuación
- Fig: Figura
- Vol: Volumen
- Vrs: Versus
- PV: Peso volumétrico
- Seg: segundos
- Plg: pulgada/s
- plg²: Área el pulgadas cuadradas.
- a.m: hora matutina.
- Lbf o Lf : Libras Fuerza.
- Min: Tiempo en Minutos.
- Psi: Esfuerzo en libras fuerza sobre pulgadas cuadradas.
- Kgf: kilogramo fuerza.
- cm²: Área en Centímetros cuadrados.
- Fn: Esfuerzo de Adherencia a Flexo-Compresión en el Área neta del Prisma.



- Fg: Esfuerzo de Adherencia a Flexo-Compresión en el Área Bruta del Prisma.
- Vrs: Versus.

UNIDADES DE MEDIDA

Pulg: Pulgadas

mm: milímetros

kN: kilo newton

%: porcentaje

°: Grados

°C: Grados Celsius

cm: Centímetros

g: gramo

g/cm²: Gramo sobre centímetro cuadrado

kg: Kilogramo

Kgf: Kilogramo fuerza

Kgf/ cm²: Kilogramo fuerza sobre centímetro cuadrado

Kg/ cm³: Kilogramo sobre centímetro cubico

Lbf: Libras fuerza

m: Metro



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente

m³: Metro cubico

min: Minutos

Mpa: Mega pascales

Psi:PoundsSquareInch (Libras Sobre Pulgada Cuadrada)

Pulg²: Pulgadas cuadradas

S: Segundos



INTRODUCCIÓN

Debido a que nuestro país se encuentra en una zona altamente sísmica, es necesario que la mampostería funcione como un solo conjunto, lo cual se logra debido a una buena adherencia entre las unidades de mampostería y el mortero usado para pegar y repellar.

La adherencia es el grado de contacto entre el mortero y la unidad de mampostería, característica más importante que el mortero posee cuando se encuentra en estado endurecido, tomando en cuenta las características de las unidades de mampostería utilizadas, ya que también depende de la rugosidad de estas unidades.

Es importante realizar investigaciones nuevas, en este caso en el área de ingeniería civil, enfocado a la construcción de mampostería utilizada en la construcción de viviendas, esto con el objetivo de fortalecer los conocimientos sobre nuevos materiales de construcción, en este caso ladrillos de suelo cemento que es un material que se está estudiando en la actualidad como un nuevo material de construcción el cual en su elaboración no contamina el medio ambiente en el proceso de fabricación.

Es por ello que es de vital importancia conocer la adherencia que presenta el mortero utilizado para la construcción de mampostería de ladrillos de suelo cemento tanto para pegado de unidades como para el repello de paredes.



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente

Razón por la cual se presenta esta investigación en donde se da a conocer la adherencia que presenta la mampostería de ladrillo de suelo cemento con el mortero utilizado para pegar las unidades y la adherencia que presenta la mampostería de ladrillo de suelo cemento con el mortero de repello.



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente

CAPITULO 1: GENERALIDADES



1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ante las cargas inducidas por un sismo, el viento o el agua, la resistencia de la mampostería depende en gran manera de las propiedades Físicas y Mecánicas de las unidades y el Mortero usado en la pega de las mismas, así como también del Mortero de repello utilizado en la construcción de dicha mampostería como de la forma de colocación de estas unidades, pero siendo muy afectados al momento de los sismos o movimientos telúricos las sisas de pegado entre ladrillo y ladrillo y el mismo repello, esto debido a los esfuerzos flexionantes que se generan, de esto que *la problemática es que aun no se ha realizado un estudio específico que determine bajo sustento científico la calidad de la adherencia entre el Mortero de pega y el Mortero de repello en Mampostería de Ladrillos de suelo Cemento*, según las dosificaciones que se recomiendan en el Manual Popular “Construcción de una Vivienda con Mampostería de Ladrillos de Suelo Cemento Confinado”, y de aquí la importancia de este estudio.

Un efecto que puede acarrear el no darle solución a esta problemática es que al no investigar esta propiedad mecánica, no sabremos si es recomendable la implementación de la construcción de este tipo de Mampostería y pudiese suceder que no presente las características sismo resistentes adecuadas para la construcción de viviendas u otro tipo de mampostería que contemple aplicabilidad en esta tecnología. Por lo cual se pretende en esta investigación llevar a cabo una serie de pruebas sustentadas bajo normas estandarizadas (ASTM) que nos respalden los resultados de adherencia en esta técnica, y así determinar en base a comparaciones de estos resultados con otros estudios realizados en otros tipos de mampostería si es comparablemente adecuada la adherencia obtenida.



1.2 LIMITANTES

- Para ensayos ha realizar serán basados en norma estandarizada ASTM.
- No incluir en los ensayos la prueba de compresión diagonal de muretes de mampostería de ladrillo de suelo cemento y mortero.
- La investigación se encuentre limitada por las proporciones de mortero de pega de 1:3, y mortero repello de 1:3, 1:5 y 10:1.
- La implementación del Cemento Cuscatlán según Norma ASTM C-91 Tipo M, en específico para la elaboración de morteros en análisis y sujetos a resultados de este cemento.
- Los espesores de análisis de repello que estarán sujetos a estudios serán los de 5mm y 10mm cada lado respectivamente, aplicados a un espécimen de pared de 1mts x 1.2mts.
- Para el estudio de la adherencia entre pegado de ladrillo y mortero se realizaran las pruebas en prismas de mampostería regida por la prueba de flexo compresión y prueba de ladrillos cruzados en prismas de mampostería regida por la norma ASTM C 952.
- Para obtener la resistencia a la compresión simple de la mampostería se realizara la prueba u ensayo de laboratorio en prismas según la norma ASTM C1314.



- Para el estudio de adherencia de mortero de repello se realizara el ensayo de adherencia al mortero regida por la norma ASTM D4541 (Pull Off).
- Para evaluar la adherencia del mortero de pega en prismas a flexión simple se hará bajo la norma ASTM E 518.

1.3 ALCANCES GLOBALES

A través del siguiente estudio se pretende crear un documento, en el cual se muestre la adherencia que posee el mortero de pega y el mortero de repello utilizado en nuestro país, para mampostería de ladrillo de suelo cemento, de acuerdo a las mezclas cemento-arena (1:3 pega, 1:5 repello) que se indican en el “Manual Popular de Construcción de Vivienda con Mampostería de Ladrillos de Suelo Cemento Confinado” de TAISHIN. Cabe mencionar que los espesores de repello estarán contemplados en 1 mm proporción 10:1 y 5 mm con la diferencia que en este espesor se utilizaran dos tipos de proporciones 1:3 y 1:5.

Para poder lograr realizar dicho documento, se debe de realizar las siguientes acciones:

- Ensayo estándar para análisis granulométrico y del agregado fino y grueso, ASTM C136.
- Ensayo de Gravedad específica y absorción del agregado fino, ASTM C128.



- Ensayo estándar para densidad del cemento hidráulico, ASTM C188
- Ensayo estándar para elaboración y esfuerzo de compresión en especímenes (2pulg o 5mm) de mortero, ASTM C109
- Ensayo a resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, ASTM C109
- Ensayo de tiempo de fraguado de mortero, ASTM C-403.
- Método de prueba estándar de fluidez de morteros de cemento hidráulico ASTM C1437.
- Ensayo de compresión simple de prismas, ASTM C-1314.
- Ensayo flexo compresión de prismas método A, ASTM C-952.
- Ensayo de ladrillo cruzados método B, ASTM C952.
- Ensayo de adherencia por flexión simple bajo la norma ASTM E 518.
- Ensayo estándar para esfuerzos de adherencia de revestimientos usando equipos de adhesión portátiles, ASTM D-4541.

Todos con el fin de obtener los resultados sobre la adherencia de los morteros que se utilizan en esta investigación en la mampostería de ladrillos de suelo-cemento.



1.4 JUSTIFICACIONES

La poca capacidad económica y la falta de conocimiento de mejores técnicas de construcción de viviendas en nuestro país, son algunos de los factores que agrandan más la vulnerabilidad a las infraestructuras habitacionales sobre todo en las zonas de pobreza extrema en las que las viviendas se construyen en bahareque y adobe mayormente¹.

Sin embargo, la mampostería actual elaborada con ladrillos de “arcilla” confinados posee una buena capacidad sismo resistente pero presentan ciertas desventajas, entre las cuales, la más notoria es que para la hechura de los ladrillos se necesitan grandes cantidades de leña, lo que depreda el medio ambiente, y lo contamina, cuando esta es quemada para producir el proceso de cristalización de los ladrillos, no solo eso se consume, además de llantas usadas y otros materiales de desecho, provocando daños al medioambiente, además tienen un costo que muchas personas en condiciones de pobreza considerables no pueden pagar.

Otra de las razones importantes es la salud de la población, es por ello que las viviendas deben tener las paredes repelladas, debido a la alta proliferación de enfermedades producidas por los insectos y parásitos que se alojan en estas

¹Norma Especial para Diseño y Construcción de Vivienda, Ubicación:
Libros/343.078697284/ASIA MODULO II, Autor(s): Asociación salvadoreña de ingenieros y arquitectos, *Edición*: 1 Ed., Editorial: Asia, Ciudad: San Salvador, Año: 1997



sobre todo del tipo de viviendas populares de adobe y bahareque que son las más comunes en las zonas pobres de nuestro país².

Por estas razones con este trabajo se pretende explorar nuevas fórmulas constructivas que contribuyan y mejoren las características sismo-resistentes de la mampostería de ladrillos de suelo-cemento. Se trata, como ya se explicó, de desarrollar un análisis de la adherencia de morteros de pega y morteros de repello, que sean capaces de resistir esfuerzos cortantes, demostrando así, una buena solución a esta problemática.

1.5 OBJETIVOS:

1.5.1 General:

Conocer las propiedades del mortero de pega y del mortero de repello y entender el comportamiento mecánico de la mampostería construida con el sistema de ladrillos de suelo cemento.

1.5.2 Específicos:

- Elaborar ladrillos de suelo cemento para construir especímenes a los cuales se les realizaran las pruebas de adherencia del repello Pull of (ASTM D-4541), y adherencia de pega con la prueba de Flexo

²http://www.elsalvador.com/mwedh/nota/nota_completa.asp?idCat=6364&idArt=5780062



compresión a pilas (ASTM C-1314, ASTM C-952.), mediante las cuales se obtendrán los resultados de adherencia de mortero de repello y mortero de pega.

- Realizar los ensayos de granulometría y módulo de finura de acuerdo a norma ASTM C136 y ensayo de gravedad específica y absorción según la norma ASTM C128 a la arena.
- Realizar los ensayos de gravedad específica y dureza al cemento según norma ASTM C188.
- Realizar ensayos de fluidez, tiempo de fraguado y compresión de especímenes para el mortero de repello y mortero de pegado, según normas ASTM C-1437, ASTM C-403, ASTM C-109.
- Realizar ensayo de compresión y adherencia en especímenes de ladrillos de suelo cemento, de acuerdo normas ASTM C-1314, ASTM C-952 y ASTM E 518.
- Realizar ensayo de medición de adherencia en repello de acuerdo a la norma ASTM D-4541.



1.6 ANTECEDENTES

ANTECEDENTES DE ADHERENCIA ENTRE MORTEROS DE PEGA Y REPELLO

TRABAJO DE GRADO: “Análisis de Adherencia en Morteros de Pega y Morteros de Repello en Mampostería de Bloques de Concreto”

Universidad Centro Americana “José Simeón cañas, octubre de 2010.

El objetivo principal de esta tesis es analizar la adherencia que poseen los morteros de pega y repello en bloques de concreto, para ello se elaboran paredes de análisis y pilas, con diferentes manos de obra, para poder tener comparación de ellas, es necesario remarcar que igualmente también se realizan ensayos semejantes a los que se pretenden realizar en nuestra investigación.

TRABAJO DE GRADO: “Análisis de adherencia en morteros para repello en mampostería de bloques de concreto”.

Universidad de El salvador, 2010.

Investigación destinada a estudiar específicamente la adherencia en repello en bloques de concreto, para la cual se elabora especímenes de estudio como lo



son las paredes de bloques, a la cual se le realizan ensayos ASTM D-4541, Pull Off, para obtener resultados de la fuerza necesaria para desprender el repello.

MEJORAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DIFUSIÓN DE LA VIVIENDA POPULAR SISMO-RESISTENTE. SISTEMA CONSTRUCTIVO: MAMPOSTERÍA DE LADRILLO DE SUELO-CEMENTO CONFINADO. TAISHIN, MARZO 2007:

La adherencia fue evaluada a través de prismas fabricados bajo la norma ASTM E 518 para medir la adherencia por flexión de la mampostería, también se fabricaron y ensayaron primas de compresión diagonal según la “APNMX C-416 2002, Anteproyecto de Norma Mexicana para la determinación de la resistencia a compresión diagonal y la rigidez a cortante de muretes de mampostería de barro y concreto”, además para conocer la resistencia a la adherencia por corte se trabajó con un ensayo propuesto por Crisafulli, F. J., en su tesis doctoral en 1997.

ANTECEDENTES DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO DE SUELO CEMENTO

TRABAJO DE BLOQUES DE SUELO CEMENTO:

Surge así, la introducción del bloque de suelo-cemento como parte de una investigación (Depto. Ing. Estructural, UES, 1970)³ en donde se estudiaron las

³PROYECTO DE COOPERACION TECNICA
Mejoramiento de la Tecnología para la Construcción y Difusión de la
Vivienda Popular Sismo-resistente.



características del bloque de suelo cemento con dimensiones de 9.4 x 29.2 x 14 elaborado con la maquina “CinvaRam” de origen colombiano, la dosificación utilizada fue 10% de cemento, 20% de agua y 70% de suelo seco en donde se obtuvo un mezcla estable que fue determinante para obtener un incremento proporcional en los esfuerzos medidos, sin embargo los resultados solo proporcionaron de forma particular las características de los bloques ensayados, sentando una base para futuros estudios.

MEJORAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DIFUSIÓN DE LA VIVIENDA POPULAR SISMO-RESISTENTE. SISTEMA CONSTRUCTIVO: MAMPOSTERÍA DE LADRILLO DE SUELO-CEMENTO CONFINADO. TAISHIN, MARZO 2007:

Estudio realizado en dos etapas en las cuales se estudio las unidades, considerando los componentes del suelo y la relación cemento-suelo optima para obtener ladrillos fabricados manualmente, con adecuadas propiedades físicas y mecánicas, y se investigó experimentalmente la mampostería de ladrillo de suelo cemento confinado, a través del ensayo de paredes a escala natural con el fin de conocer su resistencia y desempeño ante cargas paralelas y perpendiculares a su plano, y calibrando cuando fue posible, modelos analíticos para determinar su resistencia y rigidez.



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente

CAPITULO 2: SUSTENTO BIBLIOGRÁFICO.



2.1 MAMPOSTERÍA DE LADRILLOS DE SUELO CEMENTO.

Habitualmente no es muy usado este tipo de ladrillo para realizar mamposterías, pero si es importante remarcarque ésta investigación demostrara si el ladrillo de suelo cemento es un elemento estructural adecuado para su uso.

Cabe mencionar que a pesar del poco conocimiento del mismo puede ser un elemento en la mampostería que ayude a mejorar la adherencia entre mortero y ladrillo, por sus propiedades y sus componentes.

En la actualidad, la mampostería en general se emplea en la construcción de viviendas, tanto unifamiliares como multifamiliares, siendo las estructuras más altas en este material en el orden de cinco niveles, aunque existan algunos casos de mayor altura. También se emplea en la construcción de muros de contención, así como en muros de ornamentación, de división, y en la construcción de cimientos, chimeneas, etc.

2.1.1 Definición de mampostería

Definición de mampostería: Se define como mampostería al conjunto de elementos naturales o artificiales (llamados piezas), unidos por medio de un mortero (condiciones cementantes) con el fin de formar una estructura monolítica y resistente.



A pesar de que el empleo de este material es muy amplio en las edificaciones que se construyen en el país, la metodología que se utiliza y se recomienda en las normas oficiales es simple, es decir, se emplean factores de seguridad altos que en muchas ocasiones no reflejan el comportamiento real de la mampostería.

Tipos de mampostería utilizados:

- Mampostería reforzada: Esta mampostería es construida con elementos estructurales como lo son ladrillos cocido y de suelo cemento, bloques, piedra entre otros y estos cuentan con refuerzo de acero confinado para ayudar a su resistencia a sismos, vientos y cargas gravitacionales.
- Mampostería simple: De igual manera se construye con elementos de ladrillo cocido y de suelo cemento, bloques, piedra, pero con la diferencia que esta no posee refuerzo, esta no es recomendada para lugares con alto riesgo a sismos.

Para esta investigación y análisis de adherencia del mortero de pega y repello en ladrillos de suelo cemento se utilizara la mampostería reforzada.



2.1.2 Componentes de la mampostería

La mampostería puede ser de piedras naturales (areniscas, basaltos, granito, mármol, etc.), y su presentación es diversa, por ejemplo al natural, en el caso de piedras, o en forma de tabiques y bloques, tanto macizos como huecos en el caso de la arcilla y el concreto, lo cual demuestra las diversas alternativas que corresponde a los tipos de piezas de mampostería lo cual permite la realización tanto de elementos estructurales como de no estructurales, es decir, elementos de fachada, divisorios, columnas, soleras, etc.

Los componentes de la mampostería utilizada para esta investigación son los siguientes:

a) Ladrillo De Suelo-Cemento:

Los ladrillos de suelo-cemento son fabricados a partir de una mezcla de materiales, como la “tierra blanca”, arena, cemento y agua. Pueden ser elaborados manual o mecánicamente, sin requerir mano de obra calificada.

Debido a los daños que causa el proceso de producción del ladrillo de barro cocido, se han buscando nuevos productos que no generen daños al medioambiente y que sustituyan al ladrillo solido de barro cocido, pero que a su vez alcancen valores similares o mejores tanto en precio como en calidad. El



ladrillo de suelo cemento ha sido estudiado como una solución viable, que adecuadamente trabajada cumple con estándares adecuados.

Por lo antes expuesto, una buena parte de las investigaciones desarrolladas localmente en los últimos años se han enfocado en los ladrillos de suelo-cemento, tanto en los fabricados manualmente, como en los fabricados con maquinas vibratorias. Estas investigaciones se han centrado principalmente en el estudio de la unidad, es decir, en la producción de ladrillos de adecuada absorción y resistencia a compresión (40 a 50 kg/cm²), mientras que otros pocos estudios se han enfocado en la investigación de la resistencia a compresión simple y la flexión de prismas de ladrillo de suelo cemento.

Para el análisis de la adherencia del mortero de pega y del mortero de repello, se llevoacabola elaboración de los ladrillos con una maquinaria vibratoria asemejando condiciones de absorción y resistencia obtenidas en investigaciones anteriores por parte de TAISHIN en la investigación “Mejoramamiento de la Tecnología para la Construcción y Difusión de la Vivienda Popular Sismo-resistente”.

b) Propiedades de los agregados

La arena es un conjunto de partículas cuyo diámetro mayor es de 0.063-2 mm. La arena se puede clasificar según su procedencia de la siguiente manera:

- Arena natural: Esta es la desintegración de la de rocas naturales, se extrae de bancos de ríos lagos, además de la arena de mar y arena volcánica.



- Arena manufacturada: es la arena q se fabrica industrialmente al triturar piedra grava o escoria de alto horno especialmente triturada para satisfacer los requisitos de clasificación.
- Limpieza de la arena: Esta debe de estar libre de arcilla y materia orgánica, materiales extraños o cualquier sustancia que pueda ser dañina para la pasta del mortero.

La norma que especifica las propiedades de los agregados es la ASTM C-144 “Standard specification for aggregate for masonry mortar” (Especificación estándar para agregados de morteros de mampostería).

Las propiedades a cumplir con dicha norma son:

El agregado fino utilizado en morteros de albañilería, revestimientos y relleno debe de ser limpio y bien graduado. Su selección depende de la disponibilidad de él en la zona (depósitos aluviales, de cantera, etc.), costo de explotación y transporte y de su eventual comportamiento en el mortero en cuanto a consistencia, resistencia y tamaños existentes representados en el módulo de finura. (Ver tabla 2.1)



TAMAÑO DE MALLA		PORCENTAJE QUE PASA	
		ARENA NATURAL (%)	ARENA MANUFACTURADA (%)
4,75mm	Nº4	100	100
2,36mm	Nº8	95-100	95-100
1,18mm	Nº16	70 a100	70a 100
600µm	Nº30	40 a 75	40 a 75
300µm	Nº50	10 a 35	20 a 40
150µm	Nº100	2 a 15	10 a 25
75µm	Nº200	0 a 5	0 a 10

Tabla 2.1 Limites de graduación en arena natural y arena manufacturada adoptado de norma ASTM C-144 APARTADO 4.1

Por lo general las arenas naturales (depósitos, sedimentarios, ríos, etc.) producen morteros de resistencias más altas que las de cantera, obtenidas por medio de voladura, o por trituración, siendo este efecto más notorio en morteros pobres de cemento. Para esta investigación se utilizara la arena natural.

c) Cemento de mampostería.

La palabra cemento indica un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un conglomerado con resistencia y durabilidad adecuadas.



Desde el punto de vista económico siempre es recomendable optar por un cemento de uso general, a menos que se determine alguno de uso especial debido a los requerimientos del cálculo estructural o por un proceso constructivo más específico en el manejo del concreto.

El cemento que se utiliza para mamposterías del tipo que se está evaluando, es el cemento que debe cumplir con las normativas ASTM C-91. Según esta normativa los elementos se clasifican en 3 diferentes tipos:

- Tipo N: Para uso de preparación en morteros tipo N, de acuerdo a las proporciones en la tabla 2.2 sin necesidad de otro tipo de cemento ni cal hidratada. Morteros de los tipos S y M pueden ser elaborados con este tipo de cemento, si son mezclados de acuerdo a las proporciones de la tabla 2.2
- Tipo S: Para elaboración de morteros tipo S según tabla 2.2 sin necesidad de añadir otro tipo de cementos ni cal hidratada.
- Tipo M: para la elaboración de mortero tipo M según tabla 2.2 sin la necesidad de añadir otro tipo de cementos ni cal hidratada.

Los morteros M, S, N deben cumplir con los requerimientos de la tabla 2.3, la clasificación del mortero dependerá de la resistencia a la compresión, la retención de agua y el contenido de aire.



En el mercado nacional se puede encontrar el cemento tipo M que es recomendado para usos de obras de mampostería: pegados de ladrillos de piso, aceras peatonales, repello de paredes y techos, uniones de tuberías de concreto, muros de piedra, pegado de bloques etc. Para esta investigación se empleara el cemento regido por norma ASTM C 91 tipo M. La resistencia ala compresión en muestras normalizadas en pruebas de laboratorio en el cemento Cuscatlán es superior a los 300 psi a los 28 días.

Características: Debido a que las mezclas de cemento Cuscatlán permanecen por mayor tiempo en estado plástico y por tanto trabajables, una vez introducidas sufrirán menos contracciones y eso las volverá más duraderas e impermeables. La formulación especial de este cemento permite que se obtenga adherencia y trabajabilidad superiores en las mezclas frescas.

TIPO	PROPORCIONES POR VOLUMEN			
	CEMENTO PORTLAND O MEZCLA DE CEMENTO	CEMENTO DE MAMPOSTERÍA		
		M	S	N
M	1	-	-	1
M	-	1	-	-
S	½	-	-	-
S	-	-	1	-
N	-	-	-	1

Tabla 2.2 Especificación por proporciones para tipos de mortero Adoptado de ASTM 270



TIPO	RESISTENCIA MÍNIMA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS PSI	RETENCIÓN MÍNIMA DE AGUA (%)	CONTENIDO MÁXIMO DE AIRE (%)	RELACIÓN DE AGREGADOS(MEDIDA EN CONDICIÓN HÚMEDA Y SUELTA
M	2500	75	18	No menor a 2,25 y no mayor a 3,5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
S	1800	75	18	
N	750	75	18	

Tabla 2.3: Especificación de propiedades de los tipos de morteros. Adoptado de ASTM 270

d) Características del agua:

Se puede definir como aquel componente del mortero en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas que le dan la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados. El agua es el líquido que está presente de manera importante en la elaboración de concretos y/o morteros, mezclas, en el lavado de agregados, curado y riego de concreto; por consiguiente debe ser un insumo limpio, libre de aceite, ácidos, álcalis, sales y, en general de cualquier material que pueda ser perjudicial, según el caso para el que se utilice. El agua puede ser clasificada en agua de mezclado y agua de curado:



- Agua de mezclado: Está definida como la cantidad de agua por volumen unitario de mortero que requiere el cemento, contenido en ese volumen unitario, para producir una pasta eficientemente hidratada, con una fluidez tal, que permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico. De ahí el hecho de que deba hacerse un estricto control sobre el agua de mezclado en el momento de dosificarla.
- Agua de curado: El curado puede definirse como el conjunto de condiciones necesarias, para que la hidratación de la pasta evolucione sin interrupción hasta que todo elemento se hidrate y el mortero alcance sus propiedades potenciales. Estas condiciones se refieren básicamente a la humedad y la temperatura. Por lo tanto, el agua de curado constituye el suministro para hidratar eficientemente el elemento, el curado podrá realizarse manteniendo húmedas las superficies, mediante riego directo que no produzca deslavado o a través de un material adecuado que no contenga sustancias nocivas y sea capaz de retener la humedad

Entre las características físicas y químicas del agua, podemos mencionar que el agua sea potable y que no tenga un pronunciado olor o sabor, puede usarse para mezclas de morteros. Sin embargo, esto no es rigurosamente cierto, debido a que dentro del agua potable se pueden encontrar disueltas en altas concentraciones sales, cítricos o azúcares, entre otros, que pueden ser perjudiciales para el mortero. De otra parte, el agua que es buena para el mortero no necesariamente es buena para beber.



2.2 MORTERO DE PEGA Y MORTERO DE REPELLOUTILIZADO EN MAMPOSTERÍA DE LADRILLOS DE SUELO CEMENTO.

2.2.1 Componentes

Se puede definir como la mezcla de cemento, arena y agua, y en algunos casos además otro material (cal, caolín, arcilla, colorantes, aditivos, etc.), esta mezcla así definida posee propiedades de plasticidad en estado fresco por lo que es muy apropiada para ligar, pegar o unir.

Componentes del mortero:

- *Agua*: limpia, sin impurezas, apta para consumo humano.
- *Arena*: debe de cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C144 “Especificaciones estándar para agregados para morteros de mampostería”, puede ser natural o triturada, libre de impurezas en cantidades peligrosas, y cumplir con los límites de graduación.
- *Cemento*: debe de cumplir con la norma ASTM C91 “Especificaciones estándar para cementos de mampostería”, la norma ASTM define para el cemento para mampostería, como un cemento hidráulico para ser utilizados en morteros para la construcción de mampostería, este cemento se elabora bajo la norma ASTM C-91 tipo 1.



2.2.2 Propiedades del mortero.

- Mortero fresco:
 - *Trabajabilidad:* Es la cantidad y consistencia plástica que lo hace a adaptarse a cualquier forma de manera que se desliza por la cuchara pero no se desplaza de las unidades donde se aplique. Esta propiedad está relacionada con el tiempo de fraguado.
 - *Consistencia:* Está relacionada con la fluidez la cual esta determinada en laboratorio bajo la norma ASTM C109 utilizando la meza de fluidez.
 - *Retención de agua:* Medida de habilidad de un mortero para conservar su plasticidad al estar en contacto con una unidad de mampostería absorbente. Esta propiedad permite que el albañil coloque y ajuste la unidad antes que el mortero endurezca.
 - *Endurecimiento:* Es la velocidad en la que se desarrolla la resistencia.

- Mortero endurecido:
 - *Adherencia:* es el grado de contacto del mortero con la unidad de mampostería.
 - *Durabilidad:* habilidad para soportar las condiciones de exposición a lo largo del tiempo.



- *Resistencia a la compresión:* Suele definirse como la propiedad principal de un mortero de un mortero endurecido. Depende en gran parte del tipo y cantidad del material cementante, aumenta con el incremento del cemento y disminuye con el incremento de aire atrapado.

2.2.3 Mortero de repello.

En el salvador una de las formas mas utilizadas para darle un acabado a una pared es sin dudas el repello. El mortero usado como repello tendrá la plasticidad y consistencia necesarias para adherirse a la mampostería de forma tal que al endurecerse resulte un conjunto monolítico.

Definición: Es el revestimiento de muros y cielos con una o varias capas de mezcla de arena lavada fina y cemento, llamada mortero, y cuyo fin es el de emparejar la superficie que va a recibir un tipo de acabado tal como pinturas, forros etc.; dándole así mayor resistencia y estabilidad a los muros.

Clases de repellos:

- Repello liso: Es el que se hace para obtener una superficie lisa y pareja. Se utiliza normalmente en espacios interiores como salas, comedores, alcoba y en exteriores como fachadas y patios.
- Repello rústico: Es el que se hace para obtener una superficie dispareja y se le da a ciertos tipos de superficies que van a quedar expuestas sin



más recubrimientos. El repello rústico puede tener diferentes modalidades como: el repello rústico áspero, rústico asentado, rústico con gravilla, rústico granceado, etc. y se utiliza normalmente en patios, cielos rasos y fachadas.

Propiedades mortero de repello: La adherencia es una de las propiedades principales en el mortero de repello, ya que de la capacidad de adherirse en una superficie dependerá de la durabilidad y resistencia del repello, la resistencia a compresión y tensión son otras propiedades deseables en el mortero repello, una buena resistencia a tensión se logra con un buen curado y una buena resistencia a tensión evita la aparición de grietas soportando esfuerzos a la tensión, ya sea que se desarrollen interna o externamente.

Adherencia en el mortero de repello: Sin esta propiedad las capas de mortero se desprenderían ocasionando así la falla del revestimiento en poco tiempo. El fenómeno de la adherencia se produce en varias maneras, inicialmente el mortero aplicado experimenta una adherencia propia e instantánea de la cara aplicada al ser lanzada con la paleta, la cual se produce con el contacto mortero-pared cuando la pared absorbe el agua del mortero, produciendo un falso fraguado, la adherencia se logra mediante el lanzado, ya que el material penetra y se adapta a todas las rugosidades y juntas que pueden haber en la pared, para ello la superficie deberá estar libre de aceite, suciedad u otros materiales que reduzcan la adherencia. La adherencia se logra no solo debido a una reacción química entre la pared y el mortero, sino que también por una unión mecánica, por lo que la pared si no es suficientemente rugosa es necesario escarificarla por medio de una herramienta que generalmente se realiza utilizando cincel.



2.2.4 Mortero de pega.

El mortero utilizado como pega llenara completamente los espacios entre los elementos de mampostería y tendrá una composición tal que su resistencia en estado endurecido se aproxime, lo mas posible, a los de elementos de mampostería que une.

El mortero de pega sella las juntas verticales y horizontales evitando la penetración de humedad. Además vincula los ladrillos entre si para formar un conjunto estructural integrado.

Definición: es una mezcla que une las unidades de mampostería a través de las juntas verticales y horizontales. Debe tener una buena plasticidad y consistencia para poderlo colocar en la manera adecuada y suficiente capacidad de retención de agua para que las unidades de mampostería no lo sustraigan o succionen la humedad y se pueda desarrollar la resistencia de la interface mortero-unidad.

Propiedades del Mortero de Pega: Según la Norma Técnica de Diseño y Construcción de Estructuras de mampostería de El Salvador [1994] las propiedades más importantes del mortero de pega son la manejabilidad, la adherencia de las unidades, la resistencia a la compresión.

Un poco manejabilidad del mortero indica baja fluidez y un grado de adherencia mas bajo pero a la vez una mayor resistencia a la compresión. La resistencia es



el índice de la calidad del mortero generalmente aceptado y se determina con la prueba de compresión de cubos de mortero.

Propiedades del mortero de pega que Influyen en la Mampostería:

La adherencia es la característica más importante en estado endurecido que mantiene las unidades de mampostería unidas evitando así la filtración, esta puede medirse según el grado de contacto del mortero con la superficie de ladrillo y la fuerza requerida para separar las unidades. Entre las variables que afectan la adherencia podemos mencionar:

- **Dosificación:** Las cantidades de los materiales utilizados en la fabricación del mortero pueden ser medidas en peso y en volumen. La dosificación influye en las propiedades del mortero, tanto en estado plástico como en endurecido.
- **Retención de agua en el mortero:** Una buena retención de agua incrementa la adherencia en el mortero y las unidades de mampostería debido a que previene la pérdida de plasticidad en la mezcla permitiendo un tiempo de espera mayor entre la colocación del mortero en el ladrillo inferior y colocación del ladrillo superior.
- **Retención agua/cemento:** La trabajabilidad del mortero dependen directamente de la relación agua/cemento, un mortero poco fluido penetrara con mayor dificultad en los ladrillo, por lo tanto la adherencia se vera reducida. Por lo que para una optima adherencia se debe utilizar un mayor contenido de agua compatible con la trabajabilidad.



- **Fluidez:** Un mortero muy fluido posee baja resistencia y no se lograra la unión entre los ladrillos.
- **Textura de los ladrillos:** La textura rugosa, poro abierto y una superficie limpia facilitara la adherencia.
- **Espesor y tipo de junta vertical:** En el país se dan dos tipos de juntas, la junta vertical traslapada o cuatrapeado y la junta vertical continua o apilado, sin embargo la traslapada es la mas recomendada ya que son mas resistentes a la flexión horizontal, el espesor de la junta no afecta el desarrollo de la adherencia, debido a que este se produce con el contacto entre ladrillo y mortero, y es necesario únicamente un espesor que proporcione este contacto y que absorba además las irregularidades dimensionales de las unidades de mampostería.
- **Mano de obra:** El método y tiempo de colocación influirá en la adherencia, ya que en estado plástico es muy susceptible, por lo que con una mano de obra eficiente junto con una buena calidad de mortero se puede alcanzar valores de adherencia bastante aceptables.

2.2.5 Esfuerzos que originan fallas por adherencia

Los esfuerzos internos que pueden originar fallas se ven provocados por las retracciones y contracciones que sufre el mortero y los ladrillos producto de los cambios de humedad y temperatura, es improbable que una estructura de mampostería colapse debido a estas fallas pero si se degrada su resistencia global.



Los esfuerzos externos son provocados por las sollicitaciones externas a las que se ve sometida la estructura, las cargas verticales que producen esfuerzos a compresión no originan fallas por adherencia, no así las cargas horizontales como las de sismos, viento y presión de tierra o agua los cuales producen esfuerzos flexionantes sobre las estructuras provocando fallas a la adherencia debido a la tensión a la que se ven sometidas las juntas entre mortero y ladrillo. Las cargas verticales excéntricas también producen fallas por adherencia ya que producen flexo compresión en las paredes generando así esfuerzos tensionantes en las juntas de mortero.

2.3 DEFINICIÓN DE ADHERENCIA

La propiedad más importante del mortero es su habilidad para adherirse a las piezas de mampostería o de acero.

En general, la adherencia es la capacidad que tiene el mortero de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que lo une con la estructura. Es de gran importancia, ya que a ella se debe el hecho de que un mortero pueda resistir pandeo, cargas transversales y excéntricas, dándole resistencia a la estructura. La adherencia afecta en gran forma la permeabilidad y la resistencia a la flexión. En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie del bloque sea tan rugosa como sea posible para permitir la unión mecánica del mortero, así como un porcentaje de absorción proporcional a la retención de agua del mortero. Los morteros plásticos, de buena adherencia, buena capacidad de retención de agua y que no requieran de superficies húmedas para su colocación, son los más



adaptables y de mayor utilización en mampostería ya que permiten una íntima unión entre las piezas. La mayor parte de los estudios de adherencia de morteros son hechos en especímenes almacenados al aire. Pero esta condición no permite una hidratación normal del cemento que es necesaria para garantizar una correcta adherencia entre las unidades de mampostería y el mortero.



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente

CAPITULO 3: DESCRIPCION DE METODOLOGIA EXPERIMENTAL



3.1 ELABORACIÓN Y SELECCIÓN DE LADRILLOS DE SUELO CEMENTO.

Para iniciar con la investigación, fue necesario escoger la dosificación suelo-cemento apropiada que demandaban los ensayos que se requirieron para el tema de investigación.

3.1.1 Materiales para elaborar ladrillos de suelo-cemento:

Material Selecto: El material selecto que fue utilizado para la elaboración de ladrillos de suelo-cemento, fue el comúnmente conocido como tierra blanca, que es suelo de proporciones limo-arena 50:50 y 25:75, según la sugerencia del “Informe de resultados: MAMPOSTERÍA DE SUELO CEMENTO CONFINADA”⁴; el material que fue utilizado, fue obtenido en el banco de materiales ubicado en el Bulevar Diego de Holguín, Santa Tecla-San Salvador, constituido de limo-arena. (Ver figura 3.1)



Figura 3.1: preparación de material selecto, muestreo, tamizado y almacenamiento.

⁴ PROYECTO DE COOPERACIÓN TÉCNICA: Mejoramiento de la Tecnología para la Construcción y Difusión de la Vivienda Popular Sismo-resistente, Mampostería de Suelo-cemento Confinada, TAISHIN



Cemento: El cemento que fue utilizado no tiene ninguna característica especial solamente que es Portland tipo I., GU tipo I

Agua: Esta fue potable, apta para el consumo humano.

3.1.2 Metodología para la elaboración de las muestras de los ladrillos de suelo-cemento:

Dosificaciones Suelo-Cemento: Basados en la recomendación del “Informe de resultados: MAMPOSTERÍA DE SUELO CEMENTO CONFINADA”, fue utilizada una proporción suelo-cemento 1:10, además fue utilizada una proporción de 1:20 para obtener parámetros comparativos en cuanto a las propiedades que se requieren para el tipo de investigación que se está realizando.

Elaboración de ladrillos de muestra: Para elaborar las muestras se necesitaron 3 ladrillos por dosificación, los cuales hicieron un total de 6 ladrillos. El procedimiento que fue seguido para su fabricación fue el propuesto por TAISHIN en el “*manual popular: construcción de una vivienda con mampostería de ladrillos de suelo-cemento confinado*”.

Básicamente el proceso fue el siguiente:

- Se elaboró la mezcla de suelo-cemento, se midieron los materiales con



un mismo recipiente y se uso la cantidad de cemento necesaria según la relación cemento: tierra.

- Se agregó agua necesaria y se verificó que tuviera la cantidad óptima.
- Se depositó la mezcla en la ladrillera, se enrasó y se desmoldó los ladrillos.(Ver figura 3.2)



a) Elaboración de mezcla



b) Mezcla en máquina vibratoria



c) Desmoldado de ladrillos



d) Ladrillos terminados

Figura 3.2: proceso de elaboración de ladrillos de suelo-cemento.

Las dimensiones de los ladrillos fueron 10x14x28cm, la elaboración de los ladrillos fue mecánica, aunque el procedimiento de mezcla de los materiales fue



manual, debido a que se consideró dentro de la investigación, que no afectaría el análisis de adherencia del mortero de pega y del mortero de repello. El muestreo de ladrillos para todas las pruebas fue el siguiente: 3 muestras por cada propiedad a determinar, todos ellos elaborados en la misma fecha.

3.1.3 Ensayos a los ladrillos de muestra:

Como el ladrillo de suelo cemento no puede considerarse un ladrillo de arcilla ni uno de concreto, no se dispone de una norma ASTM específica que pueda utilizarse en este caso para ejecutar los ensayos a las unidades. Debido a lo anterior se trabajó con la norma ASTM C 67 “Métodos de ensayo estándar para el muestreo y ensayo de ladrillos y bloques estructurales de arcilla”, pues los ladrillos de suelo cemento contienen limos y arenas, que son al igual que las arcillas partes componentes de un suelo.

Los ensayos fueron efectuados en ladrillos con edades de 7 días, pues a esta edad, el cemento mezclado con agua ya ha alcanzado resistencias adecuadas para ser manipulados.

El número de ladrillos a ensayar por cada tipo de suelo y dosificación suelo-cemento, fue de 3 unidades. El número de ensayos fue definido en base a que se necesitaba tener suficientes datos para tener un valor representativo, y se consideró que podía influir el procedimiento con el que se llevo a cabo su elaboración, pues aunque los ladrillos se realizaron de forma mecánica, se realizó procedimiento manual de mezclado de suelo-cemento, fue importante



conocer si este procedimiento podía provocar una dispersión amplia de los resultados.

Previo a los ensayos se procedió a la preparación de las muestras y secándolos en horno por 24 horas.

Los ensayos realizados fueron:

Absorción: El procedimiento o método de ensayo fue tomado de la norma ASTM C 67. (Ver figura 3.3)



Figura: 3.3 ensayo de absorción de ladrillos de suelo-cemento; (a) introducción en piscina; (b) saturación de muestras; (c) pesado.

Compresión: Ensayo donde se aplicaron las cargas de compresión, con el objeto de distribuir uniformemente las cargas aplicadas.



El ensayo consistió en cargar la unidad completa como se muestra en la Figura 3.4, se aplicaron cargas de compresión en el plano en el que se aplicaron las cargas en las muestras. El ensayo se realizó según la normas C 67. El resultado que se obtuvo de los ensayos fue la resistencia a compresión de la unidad.



Figura 3.4: compresión de espécimen de ladrillos de suelo-cemento.

3.1.4 Análisis de datos, conclusiones y propuestas

Análisis de datos: Se evaluó el desempeño y se descubrió las tendencias más notables del universo de datos que se obtuvieron. Se sabe, plenamente, que el análisis de datos puede ser más amplio y detallado, especialmente en casos donde el comportamiento de los especímenes en estudio es poco conocido; sin embargo por razones de tiempo se fue realizado de la siguiente manera, esperando así comprender mejor el desempeño de ladrillos hechos de suelo-cemento.

- Compresión de ladrillos: Era de esperarse que a mayor cantidad



de cemento los ladrillos tuviesen una mayor resistencia a la compresión, suposición confirmada debido a que las dosificaciones 1:10 (cemento-suelo) tuvieron un mejor comportamiento, teniéndose que la menos resistente fue la de 1:20 (cemento-suelo). Es satisfactorio debido a que los ladrillos fueron hechos mecánicamente, aunque la mezcla de los materiales fue manual, lo que confirma la mano de obra como un parámetro fijo, al menos para este caso.

- Absorción: Las absorciones de los ladrillos presentaron un cuadro interesante. Primeramente, el porcentaje aumentó a medida aumenta el contenido de suelo. La precedente observación fue útil para tratar de evaluar la adherencia de tales ladrillos.

Tipos de evaluación: Consistió en una evaluación en base al porcentaje de absorción que presentaron los ladrillos, de manera que indicaron su desempeño adecuado en contacto con el mortero. De igual manera se evaluó en base a las propiedades mecánicas determinadas, considerando que estas resistencias obtenidas condicionaron e influyeron en la resistencia de las muestras completas. También se valoró de una manera cualitativa el comportamiento de los ladrillos con el objetivo de evitar fallas repentinas, desintegración del material, entre otras. Además se consideró que tan manejables fueron las unidades de tal forma que no sufrieran daños o problemas de adherencia al transportarlos o trabajarlos.



Evaluación de las propiedades físicas:

Como ya se explicó anteriormente con los ensayos realizados se determinó la absorción de los ladrillos de suelo-cemento (ver tabla A-2 y A-4, del apéndice 1 en anexos).

- Absorción de la unidad. Según Informe de resultados: Mampostería de Suelo-Cemento Confinada (2007) la absorción promedio es de 29.6% para ladrillo de suelo-cemento con proporción 1:16 y elaboración manual.

Evaluación de las propiedades mecánicas:

Como ya se explicó anteriormente con los ensayos realizados se determinó la resistencia a la compresión (ver tabla A-1 y A-3, del apéndice 1 en anexos).

Para realizar el análisis de las propiedades mecánicas se utilizó la resistencia a la compresión de los ladrillos, debido a que fue necesario contar con criterios que sirvieran para definir las resistencias límites o requeridas para las muestras, los criterios considerados fueron los siguientes:

- Resistencia a la compresión de la unidad. Según Informe de resultados: Mampostería de Suelo-Cemento Confinada (2007) la $f'_c = 32 \text{ kg/cm}^2$ para ladrillo de suelo-cemento con proporción 1:16 y elaboración manual; Según la Norma Técnica para Diseño y Construcción Estructural de Mampostería [MOP 1994] la $f'_c = 40 \text{ kg/cm}^2$ para el ladrillo de barro cosido, para fines de diseño. Se consideró tal valor como el límite inferior de resistencia para el ladrillo de suelo-cemento, debido a que tanto el



ladrillo de barro como el de suelo-cemento trabajan de igual forma en la mampostería confinada.

Evaluación por Comportamiento y Manejabilidad de las Unidades:

La presente selección se hizo en base al comportamiento observado de los ladrillos, cuando fueron ensayados a compresión. Un acontecimiento notable fue que en ambas dosificaciones predominó la falla en capas.

ENSAYO: COMPRESIÓN LADRILLOS	
Dosificación cemento-suelo	Comportamiento observado
1 a 10	El material se desprendió en capas y hubo poca desintegración.
1 a 20	El material se desprendió en capas y hubo desintegración en algunas zonas.

Tabla 3.1 Comportamiento observado en las paredes de compresión en ladrillos. Fuente elaboración propia.

3.1.5 Conclusión ladrillos de suelo-cemento

- Las propiedades mecánicas variaron de una muestra a otra, aunque se trato de mantener la mayor cantidad de variables constantes: tipo de suelo, cantidad de agua agregada, tipo de cemento, proceso de fabricación, mano de obra. Esta situación permitió concluir que no se controlaron todas las variables que pudieron influir en las propiedades de



los ladrillos, tales como: condiciones climatológicas del lugar de fabricación de los ladrillos, mano de obra, cantidad de agua agregada en función del contenido de humedad del suelo.

- La resistencia a la compresión promedio en los ladrillos con una proporción de 1:10 fue de $f'c=111.81 \text{ kg/cm}^2$, mientras que para una proporción 1:20 la resistencia promedio presentada por estos fue de $f'c=51.07 \text{ kg/cm}^2$, siendo mas cercana en la proporción de 1:20 a la $f'c=40 \text{ kg/cm}^2$ que nos recomienda la Norma Técnica para Diseño y Construcción Estructural de Mampostería [MOP 1994].
- Además se obtuvieron resultados más constantes de absorción en la dosificación de 1:20 siendo el promedio de 17.88% acercándose mas a la absorción promedio presentada en el Informe de resultados: Mampostería de Suelo-Cemento Confinada (2007)” donde la absorción promedio es de 29.6%.

3.1.6 Recomendación ladrillos de suelo-cemento

- Basados en la fabricación de los ladrillos y en la dispersión de los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión y absorción en ladrillos, se propone utilizar una relación cemento-suelo 1:20.



3.1.7 Manufactura de ladrillos de suelo-cemento

Una vez se tuvo la proporción adecuada para la investigación, se realizaron 150 ladrillos de suelo-cemento de proporción 1:20, de la siguiente manera:

El cemento y el suelo se mezclaron en seco en una proporción de 1 volumen de cemento por 20 de suelo, de forma manual, después de lo cual se agregó agua hasta obtener una pasta homogénea, esta mezcla fue depositada en el molde de la ladrillera, se enrasaba para obtener una superficie plana, luego era compactada con un tiempo de vibrado de 15seg. Inmediatamente después se procedía a desmoldar los ladrillos y se humedecían hasta 12 horas después para evitar agrietamientos. Después de 24 horas los ladrillos podían manipularse y fueron trasladaban a su lugar de acopio.

3.2 ENSAYOS A MATERIALES

Los materiales como principal función en una mampostería en cuanto al mortero de unión, deben ser analizados y tratados con la importancia que se merecen, fue por ello que en esta investigación se realizaron pruebas a la arena y al cemento ya que son factores que pueden influir en la adherencia de morteros de pega y morteros de repello. Dichas pruebas fueron realizadas en el laboratorio del ISCYC por personal técnico de éste. Además se siguieron los procedimientos propuestos por las normativas ASTM respectivamente a cada material.



La arena utilizada fue de origen natural extraída de un banco de Comalapa y fue proporcionada por el ISCYC. El cemento utilizado fue cemento de para mampostería, fabricado bajo la normativa de ASTM C91 tipo M, las pruebas realizadas a los materiales fueron las siguientes:

Arena

- Análisis granulométrico de agregado fino y modulo de finura (ASTM C-136)
- Ensayo de gravedad especifica y absorción en agregado fino (ASTM C-128)

Cemento

- Ensayo de gravedad especifica del cemento(ASTM C-188)
- Ensayo de fuerza de compresión de cubos de morteros de cemento de mampostería c 91 tipo M. (ASTM C-109)

Estas fueron mayormente empleadas en el capitulo 4 caracterización de materiales lo que identificó cada prueba realizada, con sus características mostradas.



3.3 ENSAYOS A MORTERO EN CONDICIONES DE LABORATORIO

3.3.1 Método de ensayo estándar para resistencia a la compresión en morteros de cemento hidráulico.

Este ensayo se realizó en condiciones de laboratorio que permitió controlar las condiciones ambientales y mano de obra, que pueden alterar la resistencia del mortero, las condiciones de laboratorio que pudieron ser controladas fuerontanto ambientales como de hechura de mezcla de mortero, el mortero en laboratorio fue elaborado con maquinaria especializada y con control de situaciones ambientales y su consistencia fue medida a través de la mesa de flujo, lo que fue resumido en que los especímenes a ensayar fueron llenados con mortero fabricado con maquinaria del laboratorio, esto según apartado 4.2.2 con la diferencia que solo que utiliza la arena tamiza en malla N°4, cuyo interés de este ensayo fue determinar la resistencia del mortero en condiciones relativamente ideales, lo que permitió evaluar una comparación en condiciones en campo.

Este ensayo fue realizado a morteros de pega y a morteros de repello, en proporciones de 1:3 y 1:5 elaborando especímenes para evaluarlos a los 7 y 28 días, fue basado en la norma ASTM C 109 “Resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico”.



3.3.2 Método de prueba estándar de fluidez de mortero de cemento hidráulico

La fluidez o consistencia del mortero en condiciones de laboratorio difiere de la fluidez determinada en campo, en las circunstancias que el mortero es elaborado y la verificación de su fluidez. Esto según apartado de mezclado de mortero 4.2.2. Por tanto en condiciones de laboratorio fue realizado a través de la mesa de fluidez en donde tubo que estar entre $110\pm 5\%$, tanto para un mortero en proporción de 1:3 y 1:5, normado bajo la designación ASTM C-1437, ensayo de flujo de mortero de cemento de mampostería C-91 tipo M.

3.3.2 Método de ensayo estándar para tiempo de fraguado en mezclas de concreto por resistencia a la penetración, mortero de pega 1:3, y del mortero de repello 1:5.

Esta prueba estuvo regida bajo la norma ASTM C 403 “Tiempo de fraguado en mezclas de concreto por resistencia a la penetración”.

Para obtener el tiempo de Fraguado de los morteros empleados en la fabricación de los prismas de ensayo y las paredes de ensayo en condiciones de laboratorio, fueron elaborados los morteros con las mismas proporciones (1:3 pega y 1:5 repello) y características utilizadas en la fabricación de los prismas y en la construcción de las paredes, utilizando los mismos materiales, arena del plantel Comalapa, Cemento de Albañilería bajo la norma ASTM C 91 Tipo M y



agua potable, así como las medidas que se utilizaron para fabricar el mortero con que se construyeron todos los especímenes de ensayo, esto con el objetivo de generar las mismas condiciones del mortero utilizado en obra, pero con condiciones óptimas de laboratorio. (Ver figura 3.5).



(a)

(b)

Figura3.5. (a) Elaboración mortero. (b) Llenado de moldes para fraguado.

Dos muestras de cada proporción de mezcla fueron tomadas y dispuestas en el ensayo para tener un área suficientemente grande como para realizar todas las penetraciones necesarias para obtener el fraguado inicial y final, ya que la norma establece que el espacio entre penetraciones debe estar entre 2 veces en diámetro de la aguja utilizada pero no menor que $\frac{1}{2}$ pulgada.

La prueba se realizó en el laboratorio del ISCYC para obtener condiciones óptimas de curación para los morteros.



3.4 ENSAYOS DE MORTERO EN CONDICIONES DE CAMPO

3.4.1 Ensayos al mortero de repello

3.4.1.1 Elaboración de paredes de ensayo

Para evaluar la adherencia del mortero de repello fueron construidas dos paredes de ladrillos de suelo cemento de proporción 1:20 en el Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto ISCYC, ambas paredes fueron construidas por el mismo albañil, ya que las paredes en si no fueron sujeto de pruebas, sino el repello sobre ellas.

La construcción de las paredes de ensayo inició el día 6 de marzo de 2012 con la elaboración de 6 vigas que sirvieron de apoyo para las paredes, el día 20 de abril de 2012 en donde se llevó a cabo la hechura de las paredes, el 23 de abril de 2012 se realizó el llenado de los encofrados, el 24 de abril de 2012 se realizó el repello de las paredes y el día 25 de 2012 se realizó el afinado de las mismas.

La metodología para la construcción de las paredes de ensayo fue la siguiente:

Elaboración de paredes: Para construir las paredes fueron necesarios 63 ladrillos de suelo cemento proporción 1:20, para ello se utilizaron los ladrillos que previamente se habían elaborado, y el procedimiento seguido para su construcción fue básicamente el siguiente:

- Se acomodaron de las vigas de apoyo al tamaño de las paredes.



- Se armó el refuerzo de la pared sostenido en las varillas de $\frac{3}{8}$ " de las vigas.
- Se alineó y pego los ladrillos con mortero 1:3.
- Se elaboró los refuerzos de las paredes.(ver figura 3.6)



a) Pegado de ladrillos



b) Finalizado de pega de ladrillos



c) Colado de nervios



d) Desmoldado

Figura3.6: Proceso De Construcción De Pared De Ensayo.



Las dimensiones de las paredes fueron de 1.20m de ancho por 1.0m de alto, ambas unidas de un extremo formando una L, construidas con refuerzo longitudinal de $\frac{1}{4}$ " , refuerzo vertical de $\frac{3}{8}$ " y estribos de $\frac{1}{4}$ " , y los refuerzos de las vigas amarrados a los nervios con varillas de $\frac{3}{8}$ " , el mortero utilizado para la unión de los ladrillos fue de proporción de 1:3.

Ambas caras de las paredes fueron utilizadas, la cara I (cara externa) con repello y afinado de espesor de 5mm y en la cara II (cara interna) repello de espesor de 1mm. El procedimiento que se siguió para preparar las paredes de muestra para el ensayo de Pull Off fue el siguiente:

- Se repello las paredes cara I con espesor de 5mm, para la pared 1 cara I mortero 1:3 y para la pared 2 cara I mortero 1:5.
- Se afino ambas paredes con el mortero correspondiente.
- Se repello la pared con espesor de 1mm, para pared 1 cara II con mortero 10:1. (Ver figura 3.7)



a) Repello de espesor 5mm, pared 1 cara I, proporción 1:3.



b) Afinado de pared 1 cara I



c) Repello de espesor 1mm, pared 1 cara II, proporción 10:1.



d) Afinado de pared 2 cara I.

Figura 3.7: preparación de pared de ensayo.

3.4.1.2 Ensayo estándar para resistencia a la compresión en morteros de cemento hidráulico

Ensayo que fue realizado en condiciones ambientales y mano de obra que permitió mostrar las condiciones reales en las cuales se elaboró el mortero, el mortero en características de campo fue elaborado manualmente y en situaciones diferentes de ambiente, estilo por albañiles y manejo de consistencia



empírico, la importancia de este análisis fue para poder comparar estos resultados con resultados en condiciones de laboratorio para determinar diferencias y estar condicionado a situaciones que pueden afectar la resistencia que se necesita en el mortero.

De igual manera realizado a morteros de pega y el mortero de repello en proporciones de 1:3 y 1:5 y elaborados los especímenes que se evaluaron a los 7 y 28 días, los especímenes cúbicos fueron llenados con mortero que fue utilizado para repellar. Basado en la norma la norma ASTM C 109 “Resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico” en el momento del llenado de moldes, y enraizado del mismos, según apartado 4.2.2.

3.4.1.3 Método de prueba estándar de fluidez de mortero de cemento hidráulico 1:3 Y 1:5

La fluidez o consistencia del mortero fue obtenida empíricamente o por experiencia del albañil, su conocimiento le permitió obtener conclusiones si el mortero estaba apto para realizar el repello, si este poseía las mejores condiciones para ser trabajable, de igual manera se realizó para las 2 proporciones de 1:3 y 1:5 así como con la proporción 10:1 que se aplicó a un lado de la pared, estas proporciones para repello tendrían que tener una fluidez alta para su aplicabilidad y permitir una buena adherencia. (Ver figura 3.8)



Figura 3.8 Hechura De Mortero

Por tanto esta fluidez no se basó en ninguna norma si no en la experiencia del maestro de obra, albañil, obrero etc.

3.4.1.4 Ensayo estándar para tiempo de fraguado en mezclas de concreto por resistencia a la penetración, en campo en mortero de repello 1:3 Y 1:5.

Esta prueba fue basada bajo los lineamientos de la misma norma que se utilizó para encontrar el fraguado de los morteros en laboratorio: ASTM C 403 Tiempo de fraguado en mezclas de concreto por resistencia a la penetración.

Los Morteros estudiados para el repello de la mampostería de suelo-cemento fueron con las proporciones de 1:3 y 1:5, cuyas proporciones fueron volumétricas.



Para realizar esta prueba se tomo una muestra de Mortero de cada proporción de la misma bacheada que se realizo al momento de la construcción de la pared y los prismas, en el caso del mortero con proporción 1:3 y del mortero 1:5, esto con el objetivo de obtener las mismas condiciones del mortero realmente utilizado en obra.

Dos muestras de cada proporción de mezcla fueron colocadas a la intemperie junto a las paredes y prismas de ensayo para obtener las mismas condiciones de exposición a las que estaba la mampostería (prismas y pared).

El mortero fue elaborado por el albañil que construyó la pared y los prismas, y su manejabilidad, consistencia y fluidez fue medida empíricamente por este con pruebas como las que se mencionan en el apartado 3.4.1.2.

3.4.1.5 Ensayo De Adherencia De Repello (Pull Off)

La prueba de Pull Off fue realizada en dos paredes de ensayo, tanto en repello de espesor de 5mm así como en el repello de espesor de 1mm, se realizaron 2 ensayos por cara para las dos paredes a tres edades diferentes, 7, 28 y 56 días. Para evaluar la adherencia del mortero de repello fueron construidas dos paredes de ensayo donde se realizaron las pruebas de Pull Off, tomando en cuenta las variables mencionadas. Los ensayos de adherencia fueron realizados en campo, en el Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto ISCYC.



3.4.2 Ensayos al mortero de pega en condiciones de campo.

Para evaluar la adherencia del mortero de pega fueron construidos 3 tipos de prismas de ensayo a los que se les realizó las pruebas de flexo compresión, compresión simple, adherencia por flexión y método de ladrillos cruzados, tomando en cuenta las variables mencionadas. Los ensayos de adherencia fueron realizados en campo, en el Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto ISCYC.



a) Prismas de ladrillos cruzados



b) Prismas de flexo compresión y compresión simple



c) Prismas de adherencia por flexión

Figura 3.9: Prismas para flexo compresión, compresión simple y adherencia por flexión y Prismas ladrillos cruzados.



Para evaluar la resistencia del mortero que se utilizó en el pegado fueron tomadas muestras de la mezcla que se utilizó para dicho proceso. Los ensayos realizados al mortero de pega fueron los siguientes:

- Tiempo de fraguado por resistencia a la penetración en mezclas de mortero ASTM C-403.
- Ensayos de Fuerza de Compresión en cubos de mortero de cemento de mampostería C91 tipo M ASTM C-109.
- Ensayo de compresión simple de primas de mampostería ASTM C-1314.
- Ensayo de flexo compresión de primas de mampostería, método A, ASTM C-952.
- Ensayo de primas de ladrillos cruzados, método B, ASTM C-952
- Ensayo de adherencia por flexión ASTM E-518.

3.4.2.1 Ensayo estándar para resistencia a la compresión en morteros de cemento hidráulico, mortero 1:3

El análisis de este mortero fue analizado tanto en campo como en laboratorio bajo la norma ASTM C 109 “Resistencia A La Compresión De Morteros De Cemento Hidráulico” según fue necesario aplicar esta norma en condiciones de campo y de laboratorio.



3.4.2.2 Método de prueba estándar de fluidez de mortero de cemento hidráulico, mortero 1:3

Esta fue determinada en condiciones ambientales, elaborado por albañil de forma manual lo que no permitió mayor control de la revoltura del mortero, revoltura que ,luego de medir la proporción de arena y cemento, con agua sufriente para obtener la fluidez que el maestro de obra consideró necesaria, esta proporción para pegado contó con una consistencia no muy alta,pero que con las pruebas realizadas al mortero por parte del maestro de obra se pudo determinar que el mortero estaba apto para ser utilizado para pegar mampostería, cuyas pruebas realizadas fueronla de la cuchara, de la pala y el puño.(ver figura3.10)



Figura 3.10: Prueba de la cuchara realizada por el albañil

3.4.2.3Ensayo estándar para tiempo de fraguado en mezclas de concreto por resistencia a la penetración Mortero 1:3

Esta prueba fue realizada bajo los lineamientos de la normaASTM C-403 “Tiempo de fraguado en mezclas de concreto por resistencia a la penetración”.



El mortero utilizado en el estudio para el pegado de las unidades de mampostería fue únicamente el mortero con proporción 1:3, debido a que esta es una de las proporciones utilizadas en nuestro país en la construcción de viviendas.⁵

Para la prueba fue tomada una muestra de la mezcla de mortero que el albañil elaboro al momento de construir la pared, esto con el objetivo de evaluar las propiedades del mortero en condiciones de campo y así comparar con los resultados que se encuentren del tiempo de fraguado en condiciones de laboratorio.

La muestra de Mortero fue colocada en recipientes adecuados según lo especificó la norma (ver figura 3.11) y curado en campo junto a la pared.



Figura 3.11: muestra de mortero para tiempo de fraguado.

⁵También esta la recomendada en la guía “ construcción de viviendas seguras” ISCYC,CESSA



3.4.2.4 Adherencia entre mortero de pega en prismas a flexo-compresión.

La realización de esta prueba se baso en la norma ASTM C 952 “Método de prueba estándar para resistencia a la adherencia del mortero a las unidades de mampostería”. Para poder realizar esta prueba fue necesario fabricar prismas compuestos por dos unidades de mampostería (ladrillos de suelo cemento), pegados con mortero en relación 1:3 que fue el único mortero empleado para la investigación en el pegado de las unidades de mampostería y que es la relación recomendada en el “Manual popular construcción de una vivienda con mampostería de ladrillos de suelo cemento confinada” para el pegado de este tipo de ladrillos.

Estos prismas fueron fabricados, curados y almacenados a la intemperie en el parqueo de las instalaciones del ISCYC, al lado de la pared que se fabrico. (Ver figura 3.12).



Figura 3.12. Almacenado y curado de prismas.



La prueba fue realizada en el laboratorio de mecánica estructural de la universidad centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA), para el transporte de los especímenes de ensayo fueron tomadas todas las medidas precisas para evitar que estos se dañaran, como se puede observar en la figura 3.13.



Figura 3.13: Transporte de prismas.

La prueba consistió en someter un prisma a esfuerzos flectores que generen fallo por adhesión en los mismos, esto para establecer una resistencia de la mampostería ante esfuerzos de este tipo y que son generados al momento de un sismo en las infraestructuras, para esto los prismas fueron colocados y sujetos en un dispositivo que se monta sobre la maquina universal y poder someterlos a cargas excéntricas (ver figura 3.14), se registró la mayor carga necesaria que hizo fallar el prisma y luego se pudo obtener mediante cálculos matemáticos los valores de esfuerzos de adherencia.



Figura 3.14. Sujeción de prisma para prueba.

3.4.2.5 Resistencia A La Compresión Simple De La Mampostería.

Basada en la norma ASTM C 1314, “Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de prismas de albañilería” Esta prueba se realizó sobre prismas idénticos a los que se les realizó la prueba de Flexo Compresión, los cuales fueron elaborados con dos unidades de mampostería y con una junta de pegado de entre 1.5 y 2.0 cm.

Estos prismas fueron elaborados junto a los otros prismas del mismo tipo y curados en campo junto a la pared que fue fabricada para evaluar la adherencia del repello.

La prueba fue realizada de igual manera que la prueba de flexo compresión en el laboratorio mecánica estructural de la universidad centroamericana “José Simeón cañas” (UCA), Los prismas fueron trasladados con sumo cuidado para



evitar deterioros en el camino hacia las instalaciones del la UCA, y así evitar malos resultados (ver figura3.15).



Figura 3.15. Transporte de prismas.

3.4.2.6 Coplas Cruzadas De Ladrillo

Esta consistió en colocar ladrillos perpendiculares entre si en forma de cruz adheridos a un mortero de pega con espesor de 1cm y de proporción de pegado del mortero de 1:3(cemento, arena) estos prismas nivelados y con su sisa de 1cm -1.5 cm de espesor. (Ver figuras 3.16)



a) Colocación de mortero



b) Pegado de ladrillos



c) Nivelación



d) Prismas ladrillo-cruzados terminados

Figuras 3.16 Elaboración de prismas de ladrillos cruzados.

Fueron elaborados 9 prismas los cuales fueron ensayados a los 7,28 y 56 días para obtener la resistencia de la unión a la tracción a través de la maquinaria adecuada, el equipo fue fabricado para esta prueba y el curado de estos prismas fue a la intemperie. (Ver figura 3.17)



Figura 3.17 Fabricación Equipo Para Ensayar Los Prismas De Ladrillos Cruzados



Luego teniendo el equipo y especímenes se preparó el ensayo y fue obtenida la resistencia de la unión a la tracción por medio de maquinaria calibrada, esto se analizamos adelante.

Este ensayo fue basado bajo la norma ASTM C-952“Método estándar de prueba de fuerza de adherencia del mortero en unidades de mampostería”, como un método “B” para la determinación de la adherencia del mortero de pega.

3.4.2.1 Adherencia por flexión de la mampostería

La adherencia por flexión de la mampostería fue evaluada a través de prismas fabricados bajo la norma ASTM E 518. Los prismas estaban compuestos por 5 mitades de ladrillos unidos por mortero 1:3, los que fueron ensayados a flexión pura sin medirse las deflexiones en ningún punto. Se construyeron de mampostería de ladrillos de suelo cemento de proporción 1:20, dichos prismas fueron elaborados de manera rápida y eficiente, al hacer la mezcla se colocó mortero en el área del ladrillo y se colocó la mitad correspondiente sobre la mezcla, y luego se repitió hasta completar el prisma con las cinco mitades de ladrillo alineados uno sobre otro, unidos por una capa de mortero de proporción 1:3 de aproximadamente 1cm de espesor, fue utilizado nivel y sisador en ambas direcciones. La técnica que se utilizó para unir los bloques quedó a decisión del albañil. (Ver figura 3.18)



Figura 3.18: Primas para ensayo de Adherencia por Flexión.

Para evaluar la propiedad de resistencia fueron tomadas muestras de mortero de pega de la misma revoltura que se utilizó para pegar los prismas y así se realizó el ensayo de compresión de cubos de mortero. Para el ensayo de tiempo de fraguado, la muestra que se utilizó fue tomada del mismo mortero con el que fue realizado en ensayo de resistencia a la compresión, además se realizaron las mismas pruebas en laboratorio. El tiempo de fraguado fue realizado en campo y el laboratorio, la muestra fue tomada del mortero que se utilizó para los prismas de ensayo expuesto a las condiciones ambientales junto a los prismas de ensayo.



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente

CAPITULO 4: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES



4.1 ENSAYOS A LA ARENA.

4.1.1 Análisis granulométrico de agregado fino y modulode finura.

Ensayo se baso y ejecuto bajo la norma ASTM C 136 “Análisis de los a agregados gruesos y finos” cuyo objetivo principal es determinar la distribución de tamaños de partículas de arena utilizada.

El procedimiento que se realizó es el siguiente: se pesó una muestra de agregado fino que tiene que ser mínimo de 300g. La determinación de la muestra fue realizada a través del método del cuarteo y selección aleatoria (ver figura 4.1 y 4.2) Esta fue colocada en una serie de tamices ordenados (ver figura 4.3) y luego se colocó en el vibrador mecánico durante 7 min. Cuando concluyo el proceso de tamizado se procedió a pesar el material retenido en cada tamiz y lo que paso y se retuvo en el fondo, con estos datos se graficó los resultados que reflejan la granulometría de la arena que se utilizó.

En la tabla 4.1 se representan los porcentajes de arena que pasan en los diferentes tamices.



Figura 4.1: tamizado de agregado



Figura 4.2: determinación de la muestra a través de cuarteo



Figura 4.3: agregado tamizado



HOJA DE REGISTRO DE DATOS DEL LABORATORIO						
MASA DE TARA=127,8gr			MASADE TARA+ MUESTRA = 495.4g MASA DE MUESTRA=367,6g			
MALLA	DIAMETRO DE MALLA EN mm	M RETENIDO PARCIAL (g)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA LA MALLA	OBSERVACIONES
						RANGOS ASTM C144
(3/8)"		0	0	0		
Nº4	4,76	0,9	0,2	0,2	100	100
Nº8	2,38	37,1	10,1	10,3	90	95-100
Nº16	1,19	73,7	20,1	30,4	70	70-100
Nº30	0,595	104,5	28,4	58,8	41	40-75
Nº50	0,297	92,5	25,2	84	16	10-35
Nº100	0,149	44,5	12,1	96,1	4	2-15
Nº200	0.075	11,2	3,04	99,14	1	0-5
FONDO		3,2	0,86	100	0	
SUMAS		367,6	100			

Tabla Nº4.1. Tabla de resultados de análisis granulométrico

La información que se obtuvo en el ensayo granulométrico, es mostrada en forma de curva como se muestra en la figura 4.4. En donde el agregado fino debe de encontrarse en el rango de limites fino y grueso que se muestran en la tabla 4.2.

De este ensayo de granulometría también se determinó un parámetro que determina o describe el tramo de los agregados finos, como lo es el modulo de finura, el cual fue determinado de la siguiente manera: para determinar el modulo de finura (MF) de la arena, se sumó los porcentajes de arena retenida



en los tamices 4, 8, 16,30, 50, 100 luego esta suma se dividio entre 100. Los limites del modulo de finura están definidos en la tabla 4.2.

El modulode finura obtenido en este ensayo granulométrico de arena natural (Plantel Comalapa) fue de 2.8 clasificando la arena como MEDIA.

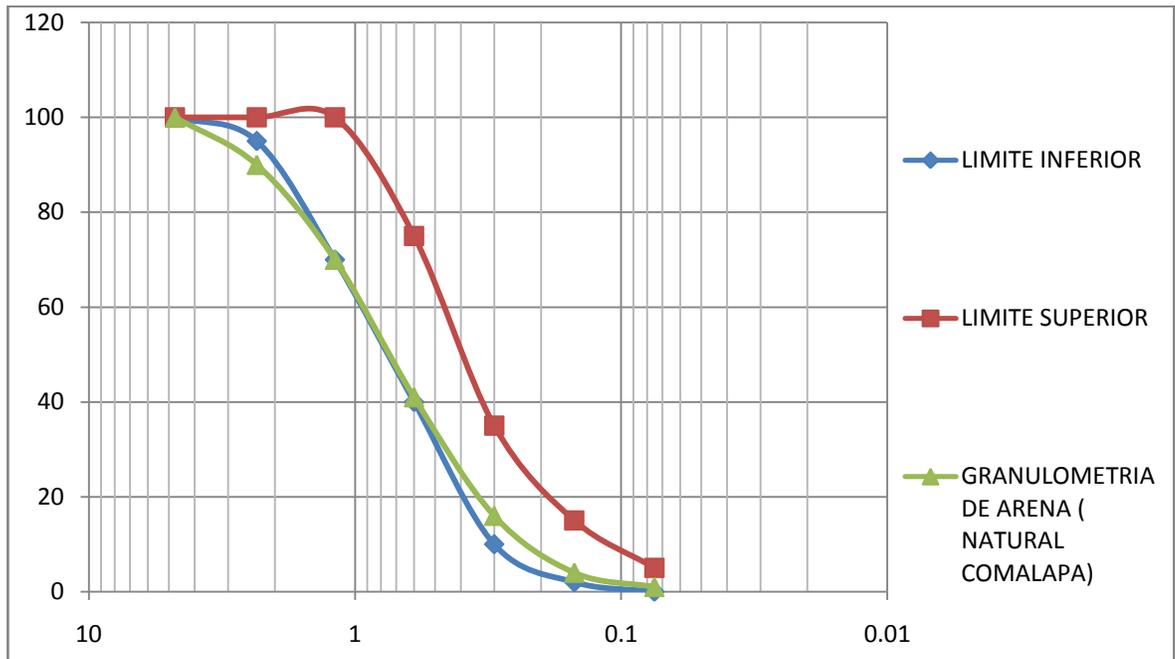


Figura 4.4: Curva granulométrica de arena, límites granulométricos.



MODULO DE FINURA	CLASIFICACION
2	MUY FINA
2-2,3	FINA
2,3-2,6	MEDIO FINA
2,6-2,9	MEDIA
2,9-3,2	MEDIA GRUESA
3,2-3,5	GRUESA
3,5	MUY GRUESA

Tabla N°4.2 Clasificación de las arenas en función del modulo de finura, tomado de norma ASTM designación C136, “Método de ensayo estándar para análisis granulométrico de agregado grueso y fino”

4.1.2 Ensayo de gravedad específica y absorción en agregado fino.

Ensayo regido por la norma ASTM C128 “Gravedad específica y absorción de agregado fino” que a su vez permitió determinar la densidad promedio de las partículas de agregado fino, gravedad específica y absorción de los agregados finos. La densidad puede tener dos formas de ser representados como saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad seca.

Se procedió a preparar las muestras y para ello fue necesario que lleváramos a la arena a una condición saturada superficialmente seca (sss), la muestra de arena pasó 24 ± 4 horas sumergida en agua. Para obtener la condición sss, se empleó la técnica del cono de arena, el cual se llenó con arena y se golpeó con 25 golpes, y si el cono se desparrama en una porción quedando la mayoría formada, entonces se habla de tener la condición (SSS). (Ver figura 4.5)



Figura 4.5 Prueba del cono para verificar la condición SSS.

Cabe mencionar que existen dos métodos para realizar este ensayo, el volumétrico (frasco de le chatelier) y el gravimétrico (picnómetro), ensayo que se utilizo y se describe a continuación:

Se llenó el picnómetro con agua y se tomó el peso de este. Luego se tomó 500 ± 10 g de arena saturada superiormente seca (SSS) y se introdujeron en el picnómetro, se agitó hasta eliminar burbujas de aire, se verificó que este lleno hasta su marca de aforo (ver figura4.6) y determinóel peso del picnómetro, agua y muestra. Luego este fue vertido en un recipiente donde se puso a secar al horno con temperatura de 110 ± 5 , luego se tomó el dato del peso seco de la muestra.



Figura 4.6: Peso de picnómetro con agua y picnómetro lleno hasta la marca de aforo.

Con los datos obtenidos y con la aplicación de ecuaciones designadas en la norma del ensayo se obtuvieron los resultados presentados en la tabla 4.3.

Ecuación 1:

$$\text{Agua} = W_{SSS} - W_{seco}$$

Ecuación 2

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(S - A)100}{A}$$

Ecuación 3

$$\text{Gravedad Especifica Seca} = \frac{A}{B + S - C}$$

Ecuación 4

$$\text{Gravedad Especifica SSS} = \frac{S}{B + S - C}$$



MUESTRA N°1		MUESTRA N°2	
S MASA DE LA MUESTRA:	500g	S MASA DE LA MUESTRA:	500 g
B MASADEL PICNOMETRO+ AGUA(g):	1440,5g	B MASADEL PICNOMETRO+ AGUA(g):	1440,5g
C MASADEL PICNOM.+ AGUA+MUESTRA(g):	1742,9g	C MASADEL PICNOM.+ AGUA+MUESTRA(g):	1745,1 g
MASASECA DE LA MUESTRA+TARA(g):	647,8 g	MASASECA DE LA MUESTRA+TARA(g):	647,9 g
MASADE LA TARA(g):	169,3 g	MASADE LA TARA(g):	168,9 g
A MASASECA DE LA MUESTRA(g):	478,5 g	A MASASECA DE LA MUESTRA(g):	479,0 g
AGUA(g):	21,5 g	AGUA(g):	21g
ABSORCION (%):	4,50%	ABSORCION (%):	4,40%
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA:	2,42	GRAVEDAD ESPECIFICA SECA:	2,45
GRAVEDAD ESPECIFICA SSS:	2,53	GRAVEDAD ESPECIFICA SSS:	2,56
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA PROMEDIO:	2,44	GRAVEDAD ESPECIFICA SSS PROMEDIO:	2,55
ABSORCION PROMEDIO (%):		ABSORCION PROMEDIO (%):	
		4,50%	

Tabla 4.3 Resultados del ensayo de gravedad específica y absorción de agregados finos.



4.1.3 Análisis de resultados

Arena

Como ya está dicho la arena que se utilizó es natural y esta para ser bien graduada debe de cumplir con los requisitos de la norma ASTM C-144 mencionados en la Tabla 4.1 de resultados de granulometría.

Según el gráfico que se muestra en la Figura 4.4 la curva granulométrica de arena, el límite granulométrico cumplió con los requisitos predichos de una gran manera, ya que cierta porción del gráfico está fuera de los límites, pero no aun excedido, y pues si bien la arena con límites para mortero tubo deficiencias, para concreto fue excelente por cumplir exactamente los límites de la norma ASTM C-33 y por lo tanto fue tomada como muy buena arena para ser utilizada. Por lo tanto esta necesitó poca cantidad cementante para alcanzar una buena resistencia.

El módulo de finura determinado en el análisis permitió clasificar a las arenas, en nuestro caso el resultado fue de 2.8 por lo que según la Tabla 4.2 clasificación de las arenas en función del módulo de finura, tomado de norma ASTM designación C-136 la clasificó como una arena MEDIA, parámetro que reflejó la variedad de tamaños de agregado fino.

La absorción promedio que se obtuvo fue de 4.5%, se pudo observar como los valores bajos de gravedad poseían mayor absorción. Y la cantidad



decrecimiento de masa del agregado por penetración de agua fue aceptable para una arena sin o poca cantidad de pome.

	RANGO ACEPTABLE DE DOS RESULTADOS
Gravedad especifica seca	0.032
Gravedad especifica saturada	0.027
Absorción%	0.31

Tabla 4.4 Rango de aceptabilidad de dos resultados, adoptado de ASTM C-128 apartado 9 (p 4)

Según tabla 4.3 los resultados obtenidos tanto de absorción y de gravedad específica seca cumplen con el intervalo de aceptabilidad ya que cuya diferencia fue de 0.1 y 0.03 respectivamente. No así la diferencia de gravedad específica saturada cuya diferencia fue de 0.03, tal situación no muy alarmante ya que su diferencia fue mínima con el rango de aceptabilidad.



4.2 ENSAYOS AL CEMENTO

4.2.1 Ensayo de gravedad específica para el cemento

Prueba basada en la norma ASTM C 188 “método estándar de prueba para la determinación de la gravedad específica del cemento”, pues esta propiedad fue de gran valor para el diseño e inspección de mezclas de mortero y concreto.

Una de las maneras de obtener dicho valor de la gravedad específica fue el siguiente, se lleno el frasco de Le Chatelier con kerosene a una temperatura de $23\pm 1^{\circ}\text{C}$. Al lograr dicha temperatura se procedió a pesar una cantidad de cemento y fue depositada en el frasco teniendo cuidado que este no se adhiriera al el.

Luego debe de sacarse el aire que tenia contenido dentro del frasco y estando a la misma temperatura inicial fue registrado el volumen. Es importante mencionar que el volumen del cemento en ml es igual al volumen desplazado en cm^3 .

En virtud de un buen control de mezclas de concreto la densidad puede ser mas útil expresada en gravedad especifica y para ello se dividió la densidad del cemento entre la densidad del agua, 4C° . (Ver tabla4.5)



MUESTRA	GAS, ML	GAS+ CEMENTO, ML	DENSIDAD ESPECIFICA
1	0.7	22.5	2.94
2	0.6	22.5	2.92

Tabla 4.5 Densidad y gravedad especifica del cemento.

4.2.2 Ensayo estándar para resistencia a la compresión en morteros cemento de mampostería bajo norma ASTM C 91 Tipo M.

Basado en la norma ASTM C-109 “Resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico” y bajo la norma ASTM C-91 “Especificación estándar para cemento de albañilería” en conjunto con especificaciones y normas para la elaboración de mezclas del mortero y cálculo de fluidez (ver figura4.7), procedimiento con tiempos de mezclados y las velocidades específicas en dichas normas.



Figura 4.7: Mezcla mecánica de mortero de cemento.



Para el cálculo de la cantidad de agua a utilizar en la mezcla, se realizó el ensayo de fluidez basado en la norma ASTM C 1437, a prueba y error con un rango de $115\pm 5\%$. Ver tabla 4.6

Cuando se tuvo la mezcla según especificación ASTM C-91 apartado 14 “preparación de mortero” donde designa las arenas a utilizar tanto la graduada y la 20-30 estándar, de igual manera la cantidad de agua, se procedió a la elaboración de los cubos. El moldeado de los especímenes fue de 2 ½ min a partir de la elaboración de la mezcla. El proceso de llenado de los moldes fue en dos capas y se compactó cada capa con 32 golpes en 4 rodas de 8 golpes cada una, la presión de golpe fue la adecuada para asegurar un lleno uniforme en los moldes. Con espátula se limpió la superficie y se alisó moviendo la espátula en dirección perpendicular del molde que se enrasó y se limpió la superficie. (Ver figura 4.8)



Figura 4.8 Moldeado y enrasado de cubos de mortero.

Se guardó los especímenes dentro del molde en un cuarto de curado por 24horas, pasado este tiempo se desmoldó y se sumergió en agua.

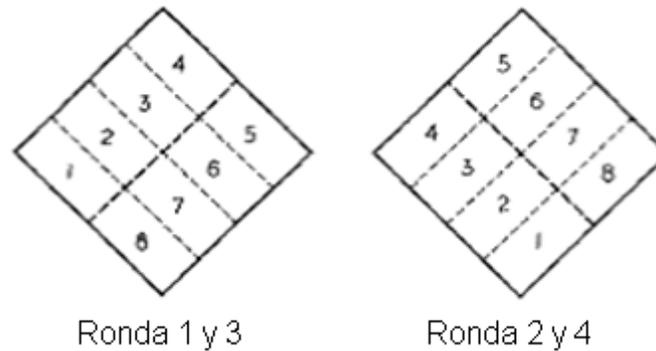


Figura. 4.9 Orden de compactación en el moldeo de especímenes, tomado de norma ASTM C-109 apartado 10.4.2

Luego se ensayaron en la máquina de pruebas a los 7 y 28 días aplicando carga en las caras de contacto del molde. Esto para determinar la Resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima registrada entre el área transversal perpendicular a la aplicación de dicha fuerza.

La compresión de los especímenes cúbicos fue realiza a través de la maquinaria calibrada para ensayar este tipo de espécimen. (Ver figura 4.10)pero antes estos fueron pesados para poder corroborar su contenido de humedad en diferentes especímenes ensayados en diferentes edades(ver figura4.11)



Figuras 4.10 compresión de especímenes cúbicos.



Figura 4.11 peso de especímenes cúbicos.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 4.6, 4.7 donde se observa los resultados de fluidez y de compresión a los 7 y 28 días respectivamente.

D1	D2	D3	D4	FLUIDEZ
27	28	28.5	27.5	111%

Tabla 4.6: Resultados de fluidez de cubo de cemento.



CUBOS DE CEMENTO												
FECHA DE ELABORACION		03/07/2012										
DOSIFICACION Según Norma ASTM C -91 APARTADO 14												
Cemento(Gr)		Arena(Gr)					Agua(Mil)					
% De Fluidez 111												
A/C												
Cubo #	Fecha De Ruptura	Edad Días	Ancho Pulg.	Largo Pulg.	Área Pulg ²	Peso (Gr)	Carga Lb	Esfuerzo Psi	Promedio Psi	Carga En Kgf	Esfuerzo (Kgf/Cm ²)	Promedio (Kgf/Cm ²)
1 (1B)	10 De Julio Del 2012	7 Días	2	2	4	276.3	12105.45	3026.36	3011.66	5490	212.73	211.70
2 (2B)			2	2	4	278.1	11686.5	2921.63		5300	205.37	
3 (3B)			2	2	4	280.3	12348	3087		5600	217.00	
4 (4B)	31 De Julio Del 2012	28 Días	2	2	4	284.1	11884.95	2971.23	3147.63	5390	208.86	221.26
5 (5B)			2	2	4	283.9	11752.65	2938.16		5330	206.53	
6 (6B)			2	2	4	279.2	14134.05	3533.51		6410	248.38	

Tabla 4.7 Resultados de compresión de cubos de cemento a los 7 y 28 días



4.2.3 Análisis de pruebas del cemento

Al analizar la gravedad específica del cemento se tomó en cuenta la restricción de la norma ASTM C188 la cual recomienda que el resultado de dos muestras no debe diferenciarse más de 0.03 lo cual cumplió en nuestro análisis, por lo tanto la prueba fue válida (ver tabla resultados 4.15) los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores comúnmente obtenidos de 2.8 a 3.0 para este tipo de cemento.

Se determinó la resistencia de compresión del cemento a los 7 y 28 días, el resultado obtenido se muestra en la figura 4.13 en el cual se puede observar un incremento de la resistencia al aumentar el tiempo. Y es necesario resaltar que se estuvo entre el rango permitido con la especificación ASTM C91 en ambas edades de ensayos fue superada la mínima resistencia requerida (ver tabla 4.8)

Además de cumplir la resistencia requerida se verificó la máxima diferencia permisible entre los especímenes. En la ASTM C109 donde detalló que para especímenes de la misma edad permisible entre cada uno es de 8.7% del promedio de los tres especímenes por lo tanto los resultados se consideran aceptables, caso contrario se debería de descartar los resultados.

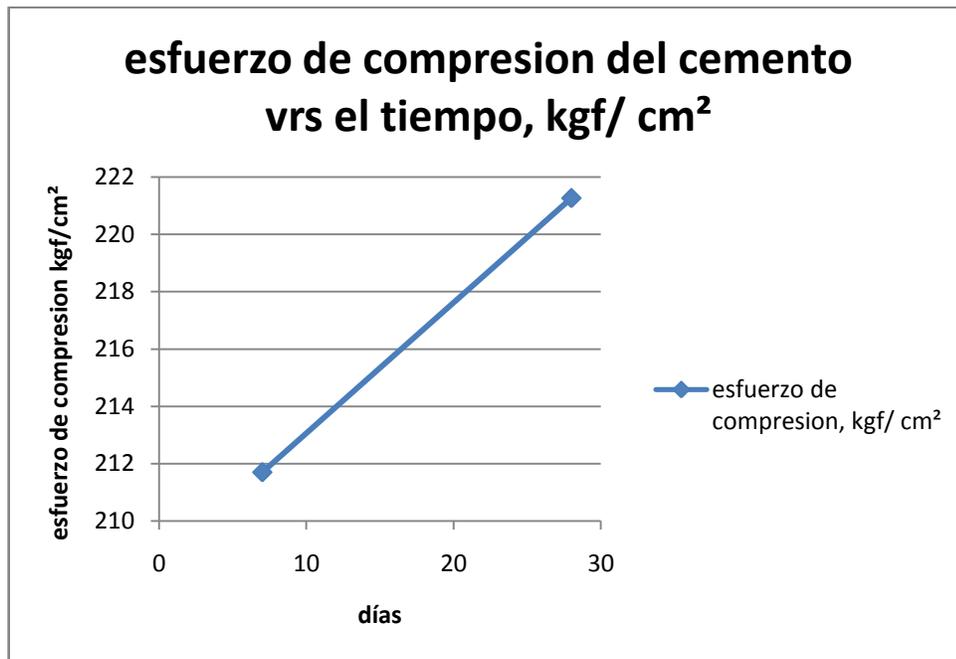


Figura 4.13 Esfuerzo de compresión del cemento.

CEMENTO DE MAMPOSTERÍA TIPO M	7DIAS	28 DÍAS
Esfuerzo a la compresión promedio de 3 cubos, Kgf/cm ²	126,6	203,9

*Tabla: 4.8: Requerimiento de esfuerzo a la compresión, adoptado de ASTM C91
Apartado 5.1*



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente

CAPITULO 5: DESCRIPCIÓN, RESULTADOS Y ANALISIS DE ENSAYOS A MORTERO DE REPELLO



5.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO ASTM C 109.

La proporción elaborada para mortero de repello fue de 1:3 y 1:5 (arena, cemento), la arena fue tamizada en malla N°4 y mezclada tanto para campo y laboratorio según fue lo necesario, manual o mecánico.

Con la cantidad de agua necesaria para producir una fluidez de $110\pm 5\%$, así se hizo para las diferentes proporciones tanto en campo como en laboratorio.

Este ensayo se realizó basándose en la norma ASTM C109 “Resistencia A La Compresión De Morteros De Cemento Hidráulico” (con cubos de 2” para determinar la resistencia última a la compresión del mortero). No olvidando su utilidad cuando se trabaja en laboratorio como en campo.

Luego de poseer el mortero ya sea elaborado manual o en maquinaria debe de utilizarse para el llenado y enrazado de los moldes, esto se realizó semejantemente al apartado 4.2.2, con la diferencia que solo se utilizó arenas tamizada en malla N°4. De igual manera el curado y la evaluación de la resistencia a la compresión, luego se representaron los datos en una tabla para un mejor análisis. (Ver tablas 5.2, 5.3).

En la tabla 5.1 Se presentan las propiedades requeridas a los 28 días en la resistencia a la compresión según la especificación ASTM C270” especificación estándar para morteros de unidades de mampostería” sin embargo no pueden



ser usadas como requerimientos de control de calidad en morteros preparados en campo.

MORTERO	TIPO	PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION MIM,PSI (MPA)
MORTERO DE MAMPOSTERÍA	M	2500(17,2)
	S	1800(12,4)
	N	750(5,2)
	O	350(2,4)

Tabla 5.1 Especificaciones de las propiedades requeridas de la resistencia ala compresión. Según ASTM C-270.



Proporción 1:3 De Laboratorio

Fecha De Elaboración 05/06/2012.

DOSIFICACION VOLUMETRICA)											
Cemento(Gr)		Arena(Gr)				Agua(Ml)					
% De Fluidez:112.8%											
A/C											
Cubo#	Fecha De Ruptura	Edad Días	Ancho Pulg	Largo Pulg.	Area Pulg²	Carga Lb	Esfuerzo Psi	Promedio Psi	Carga En Kgf	Esfuerzo (Kgf/Cm²)	Promedio (Kgf/Cm²)
1 (1B)	JUNIO	7 días	2	2	4	1499.4	374.85	375,77	680	26,35	26.41
2 (2B)	11		2	2	4	1631.7	407.92		740	28.67	
3 (3B)	2012		2	2	4	1378.12	344.53		625	24.21	
4 (4B)	JULIO	28 días	2	2	4		0	1011,54	0	0	71.10
5 (5B)	2		2	2	4	3991.05	997.76		1810	70.14	
6(6B)	2012		2	2	4	4101.3	1025.32		1860	72.07	

Tablas 5.2: Resultados de resistencia a la compresión del mortero de cemento hidráulico proporción 1:3 en condiciones de laboratorio a los 7 y 28 días.



Proporción 1:5 De Laboratorio

Fecha De Elaboración 05/06/2012

DOSIFICACION VOLUMETRICA											
Cemento(Gr)		Arena(Gr)			Agua(Ml)						
% De Fluidez 114%											
Cubo#	Fecha De Ruptura	Edad Días	Ancho Pulg.	Largo Pulg.	Área Pulg ²	Carga Lbf	Esfuerzo Psi	Promedio. Psi	Carga En Kgf	Esfuerzo kgf/cm ²	Promedi o kgf/cm ²
1 (1A)	JUNIO 11 2012	7 días	2	2	4	529.2	132.3	126.78	240	9.30	8.91
2 (2A)			2	2	4	485.1	121.27		220	8.52	
3 (3A)			2	2	4	507.15	126.78		230	8.91	
4 (4A)	JULIO 2 2012	28 días	2	2	4	1278.9	319.72	347.28	580	22.47	24.41
5 (5A)			2	2	4	1345.05	336.26		610	23.63	
6 (6A)			2	2	4	1543.5	385.87		700	27.12	

Tablas 5.3: Resultados de resistencia a la compresión del mortero de cemento hidráulico proporción 1:5 en condiciones de laboratorio a los 7 y 28 días.



Proporción 1:3 De Campo

Fecha De Elaboración 26/05/2012

DOSIFICACION VOLUMÉTRICO											
Cemento(Gr)		Arena(Gr)				Agua(Ml)					
% De Fluidez 22 GOLPES ALCANZA EL LLENO DE PLATO DE D=25.5 cm											
A/C											
Cubo #	Fecha Ruptura	Edad Días	Ancho Pulg	Largo Pulg	Área Pulg ²	Carga Lb	Esfuerzo Psi	Promedio Psi	Carga En Kgf	Esfuerzo kgf/cm ²	Promedio kgf/cm ²
1 (3A)	MAYO	7	2	2	4	6725.25	1681.31		3050.0	118.18	
2 (2A)	2	días	2	2	4	7130	1782.50	1790.43	3233.56	125.30	125.85
3 (1A)	2012		2	2	4	7630	1907.50		3460.31	134.08	
4 (4A)	MAYO	28	2	2	4	11940	2985.00		5414.96	209.83	
5 (5A)	23	días	2	2	4	11960	2990.00	2947.50	5424.03	210.18	207.19
6 (6A)	2012		2	2	4	11470	2867.50		5201.81	201.57	

Tablas 5.4: Resultados de resistencia a la compresión del mortero de cemento hidráulico proporción 1:3 en condiciones de laboratorio a los 7 y 28 días.



Proporción 1:5 De Campo

Fecha De Elaboración 26/05/2012

DOSIFICACIÓN VOLUMÉTRICA												
Cemento(Gr)		Arena(Gr)				Agua(Ml)						
% De Fluidez 11 GOLPES ALCANZA EL LLENO DE PLATO DE D=25.5 cm												
Cubo #	Fecha Ruptura	Edad Días	Ancho Pulg.	Largo Pulg.	Área Pulg ²	Carga Lb	Esfuerzo Psi	Promedio Psi	Carga Kg	Esfuerzo (Kgf/Cm ²)	Promedio (Kgf/Cm ²)	
1 (1B)	MAYO	7	2	2	4	540	135		244.89	9.48		
2 (2B)	2	días	2	2	4	640	160	151.66	290.24	11.24	10.66	
3 (3B)	2012		2	2	4	640	160		290.24	11.24		
4 (4B)	MAYO	28	2	2	4	1323	330.75		600	23.25		
5 (5B)	23	días	2	2	4	1090	272.5	282.75	494.33	19.15	19.87	
6(6B)	2012		2	2	4	980	245		444.44	17.22		

Tablas 5.5: Resultados de resistencia a la compresión del mortero de cemento hidráulico proporción 1:3 y 1:5 en condiciones de laboratorio a los 7 y 28 días.



5.1.1 Análisis de resultados

Se obtuvieron datos que reflejan que las condiciones de campo en las que se elaboraron los especímenes fueron muy buenas para obtener una resistencia alta en el mortero.

Se observó que al comparar los datos de campo y de laboratorio en el mortero de proporción 1:3 tanto a 7 como 28 días la resistencia obtenida fue mayor en condiciones de campo, en las dos edades de ensayo. Ver tabla 5.6. Situación que no dejó de sorprender pero que a su vez es de resaltar las cualidades del maestro de obra con su experiencia en la elaboración del mortero, no a si extrañar que se esperaba mas resistencia en condiciones de laboratorio por el control de circunstancias.

Días (Tiempo)	Promedio Laboratorio (Kgf/Cm ²)	Promedio Campo (Kgf/Cm ²)
7	26,41	125,86
28	71,1	207,19

Tabla 5.6 comparación de resultados de compresión

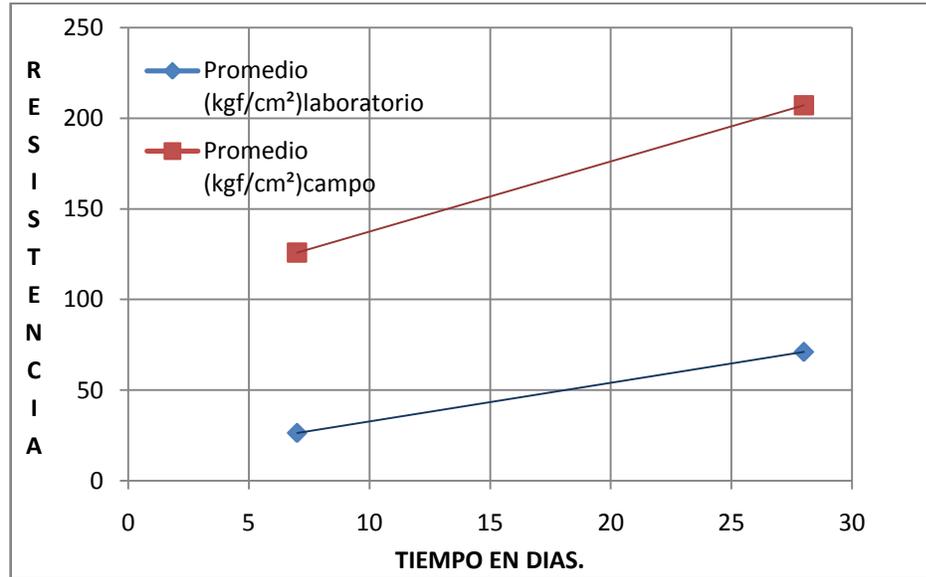


Figura 5.1 Resistencia a compresión vrs tiempo en mortero 1:3 comparación de condiciones de campo y laboratorio.

Los resultados de comparación de situaciones tanto de campo como de laboratorio en mortero con proporción de 1:5 se analizaron como muy variantes ya que al principio a los 7 días la resistencia en campo fue considerada mayor que la de laboratorio y según fue avanzando el tiempo esta supera la resistencia de campo a los 28 días. Y así hubo un punto de intercepción aproximadamente en un tiempo de 13 días de análisis donde se consideró que alcanzaron la misma resistencia aproximada de 13.5 kg/cm³. (Ver tabla 5.7)

Días (Tiempo)	Promedio Laboratorio (Kgf/Cm ²)	Promedio Campo (Kgf/Cm ²)
7	8.91	10.66
28	24.41	19.87

Tabla 5.7 comparación de resultados de compresión

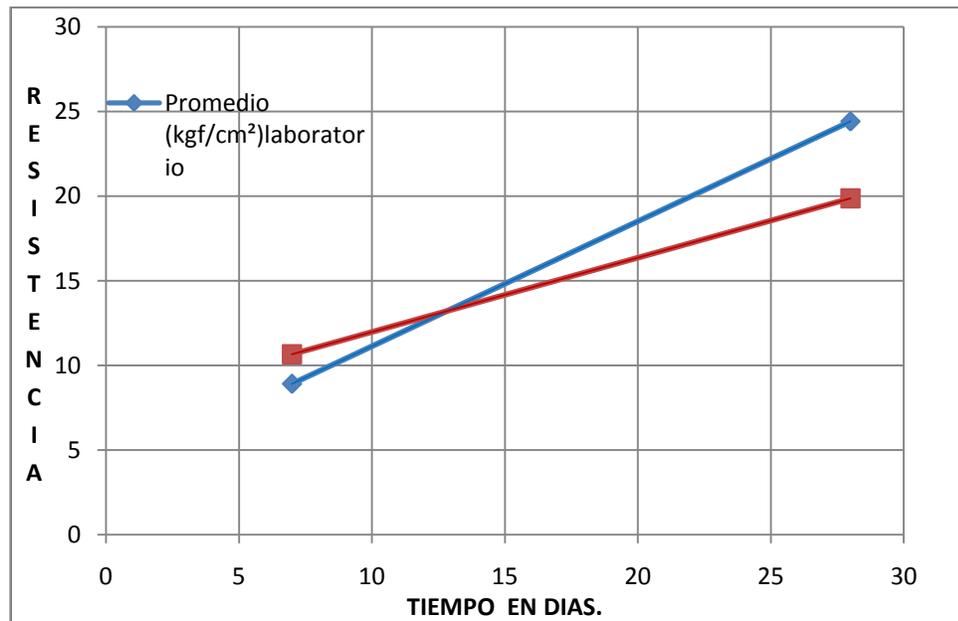


Figura 5.2 Resistencia vs tiempo en mortero 1:5 comparación de condiciones de campo y laboratorio.

5.2 ENSAYOS DE TIEMPO DE FRAGUADO.

5.2.1 Tiempo de fraguado del mortero de repello 1:5 en campo.

Para obtener los tiempos de fraguado, sobre las muestras de mortero se realizaron penetraciones sobre las superficies de estas, pero antes de hacerlo fue retirada el agua acumulada sobre la superficie de estas para no alterar la prueba, luego la primera penetración fue realizada de 1.5 a 2.0 horas transcurridas desde el momento en que el agua hizo contacto con el cemento y las siguientes penetraciones fueron realizadas mas o menos a cada $\frac{1}{2}$ hora pero con el cuidado de no realizar penetraciones en zonas alteradas por penetraciones pasadas, se dejó una distancia entre impresiones de entre $\frac{1}{2}$ pulg y dos diámetros de la aguja utilizada anteriormente.



Los datos obtenidos para esta prueba se muestran en la (tabla 5.8)

Cabe mencionar que con esta proporción el tiempo de fraguado fue encontrado a un mayor tiempo que en la mezcla que se utilizó para la pega de las unidades.

Mortero De Repello 1:5			Hora Inicio: 8:28 Am	
Aguja Plg2	Hora	Lectura Lbf	Tiempo Transcurrido Min.	Esfuerzo Psi.
1"	10:06	102	98	102
1"	10:39	165	131	165
1/2"	11:04	108	156	216
1/2"	11:15	78	167	156
1/4"	11:34	92	186	368
1/4"	12:02	124	214	496
1/10"	12:30	70	242	700
1/10"	1:30	150	302	1500
1/20"	2:05	108	337	2160
1/40"	2:33	64	365	2560
1/40"	3:12	92	404	3680
1/40"	3:39	100	431	4000

Tabla 5.8: Datos del tiempo de fraguado mortero 1:5 campo

Los datos se ilustran en el siguiente gráfico para tener una idea del tipo de tendencia que mostró el incremento del fraguado en la mezcla.

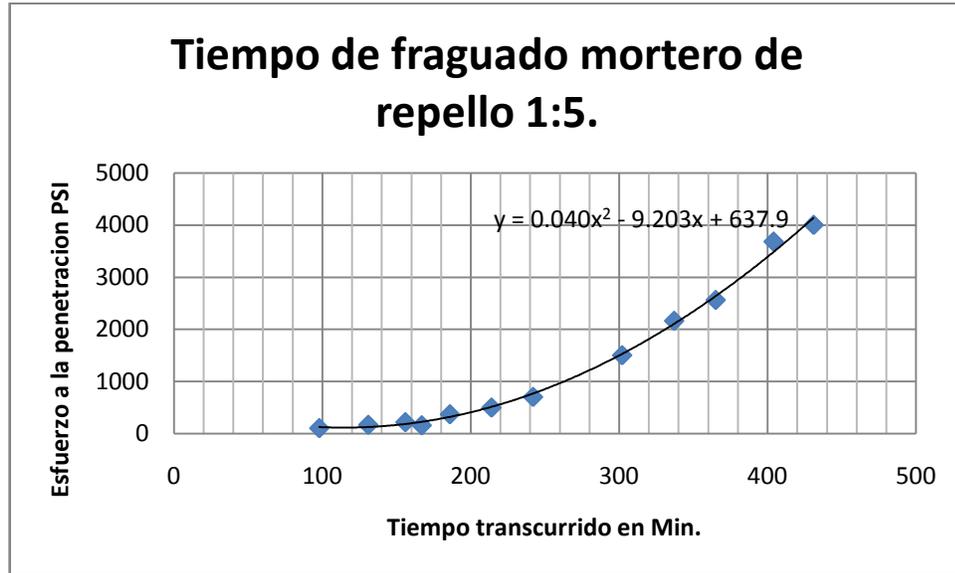


Figura 5.3: Grafico 2C, tiempo de fraguado mortero 1:5 campo.

Los resultados del tiempo de fraguado en campo del mortero 1:5 se muestran en el siguiente cuadro:

ESFUERZO A LA PENETRACIÓN PSI.	TIEMPO DE FRAGUADO MINUTOS.
500 PSI(Fraguado Inicial)	213.96 Min.
4000 PSI(Fraguado Final)	431.0 Min

Tabla 5.9 Tiempos de fraguado mortero 1:5 campo.



5.2.2 Tiempo de fraguado del mortero de repello 1:5 en laboratorio.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.10 y se ilustran en la figura 5.4.

MORTERO 1:5	HORA DE INICIO 8:37			
	ÁREA (pulg ²)	HORA LECTURA	LECTURA LF	TIEMPO/ MIN
1/2pulg ²	10:45:00	120	128	240
1/4pulg ²	11:05:00	60	148	240
1/4pulg ²	11:20:00	60	163	240
1/10pulg ²	11:50:00	40	193	400
1/10pulg ²	12:20:00	45	223	450
1/10pulg ²	13:30:00	60	293	600
1/10pulg ²	14:00:00	85	323	850
1/10pulg ²	14:30:00	107	353	1070
1/10pulg ²	15:05:00	128	388	1280
1/20pulg ²	15:35:00	70	418	1400
1/20pulg ²	16:07:00	94	450	1880
1/20pulg ²	16:35:00	98	478	1960
1/20pulg ²	17:00:00	98	503	1960

Tabla 5.10: Datos del tiempo de fraguado mortero 1:5 laboratorio.

Los resultados para esta prueba se muestran en el siguiente grafico del cual podemos obtener la tendencia del incremento de resistencia del mortero con respecto al tiempo.

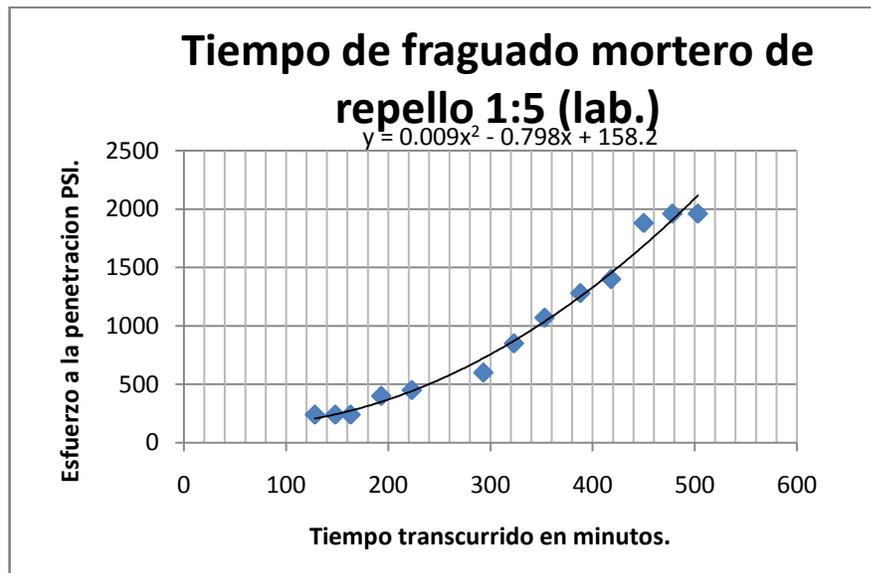


Figura 5.4: Grafico 4c. Tiempo de fraguado mortero 1:5 laboratorio.

Los tiempos de fraguado inicial y final para esta prueba se muestran en el siguiente cuadro (tabla 5.11).

ESFUERZO A LA PENETRACIÓN PSI	TIEMPO DE FRAGUADO MINUTOS.
500 PSI (fraguado inicial)	244,19
4000 PSI (fraguado final)	699,19

Tabla 5.11. Tiempos De Fraguado Mortero 1:5 Laboratorio.



5.2.3 Ensayo de tiempo de fraguado del mortero de repello proporción 1:3 campo y laboratorio.

5.2.3.1 Tiempo de fraguado del mortero 1:3 en campo.

Para la elaboración del mortero de pega fue utilizada una proporción volumétrica 1:3 ya que esta fue la única proporción que se utilizó para el pegado de las unidades de mampostería de suelo cemento en el proyecto de TAISHIN - Vivienda - Sismo Resistente, *aunque también se utilizó para el repello*. El mortero fue elaborado manualmente con cemento bajo la norma ASTM C 91 Tipo M que es un cemento para albañilería.

El mortero fue colocado en un recipiente con las características que indica la norma y almacenado a la intemperie en las mismas condiciones que se encontraba la pared en la que se evaluó la adherencia del repello, esto para obtener las condiciones de campo.

La primera penetración para buscar el tiempo de fraguado inicial fue realizada entre 1.5 y 2.0 horas después de que el cemento entrara en contacto con el agua al realizar la mezcla, luego a intervalos de tiempo regulares de entre $\frac{1}{2}$ hora fue medida la resistencia del mortero a la penetración (Ver figura 5.5), por medio de agujas establecidas por la Norma en cuestión. (Ver tabla 5.12).



Figura 5.5, Penetración al mortero.

Según los lineamientos de esta norma fueron obtenidos los resultados siguientes:

MORTERO DE PEGA 1:3			HORA INICIO: 8:17 AM	
AGUJA PLG2	HORA	LECTURA LBF	TIEMPO/MINUTOS	ASFUERZO PSI.
1"	9:54	52	97	52
1"	10:52	184	155	184
1/2"	11:34	172	197	344
1/10"	12:53	160	276	1600
1/20"	1:20	110	303	2200
1/20"	1:58	128	341	2560
1/20"	2:37	190	380	3800
1/40"	3:15	134	418	5360

Tabla 5.10: Datos del tiempo de fraguado mortero 1:3 campo.



Estos resultados fueron graficados en el programa Microsoft Office Excel y de esta manera se encontró la ecuación que masdescribió el fenómeno y así con ella se determinaron los tiempos de Fraguado Inicial y Final de la mezcla de mortero, (ver figura 5.6 gráfico 1C).

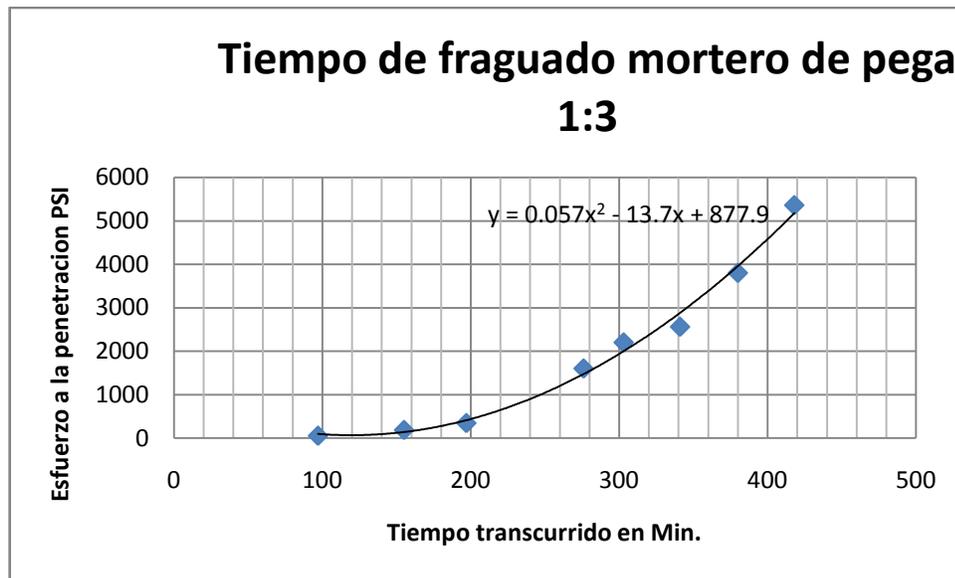


Figura 5.6 Grafico 1C, Tiempo de fraguado mortero de pega 1:3.

Tiempo de fraguado en campo del mortero de pegaproporción 1:3.

ESFUERZO A LA PENETRACIÓN PSI.	TIEMPO DE FRAGUADO MINUTOS.
500 PSI (FRAGUADO INICIAL)	208.56 MIN.
4000 PSI (FRAGUADO FINAL)	383.26 MIN

Tabla5.11: Tiempo De Fraguado Del Mortero 1:3 Campo.



5.2.3.2 Tiempo de fraguado del mortero 1:3 en laboratorio.

Para encontrar el Tiempo de Fraguado en laboratorio fue necesario realizar la prueba de flujo (ver figura 5.7) con el objetivo de determinar la cantidad de agua que produjese una fluidez de la mezcla de $110 \pm 5\%$, que es lo que pide la norma para morteros elaborados en laboratorio.



Figura 5.7: Ensayo de flujo de mortero

Fueron fabricados en laboratorio los dos tipos de mezclas en estudio, las cuales fueron mortero de pega en proporción 1:3 y que también fue usada en repello, y mortero en proporción 1:5 únicamente para repello, luego fueron llenados los recipientes (ver figura 5.8) se curaron en condiciones optimas de laboratorio y se encontrar el fraguado inicial y final, para ello fue necesario realizar en cada muestra penetraciones a cierto tiempo, realizando la primera entre 1.5 y 2.0 horas después que el cemento hiciera contacto con el agua por primera vez y las siguientes penetraciones a intervalos de 0.5 horas más o menos.



Figura 5.8: Ensayo de tiempo de fraguado

Los resultados que fueron encontrados para esta prueba se resumen en la tabla 5.14y se ilustran en la figura 5.9.

MORTERO 1:3	HORA INICIO. 9:05			
ÁREA (PULG ²)	HORA	LECTURA LF	TIEMPO MIN.	ESFUERZO PSI.
1/4PULG ²	12:00:00	132*4=528	175	528
1/4PULG ²	12:20:00	137*4=548	195	548
1/10PULG ²	13:30:00	124*10=1240	265	1240
1/10PULG ²	14:00:00	141*10=1410	295	1410
1/10PULG ²	14:30:00	162*10=1620	325	1620
1/20PULG ²	15:00:00	94*20=1880	355	1880
1/20PULG ²	15:30:00	106*20=2120	385	2120
1/20PULG ²	16:05:00	124*20=2480	420	2480
1/20PULG ²	16:35:00	140*20=2800	450	2800
1/20PULG ²	17:00:00	141*20=2820	475	2820

Tabla 5.14 Datos del tiempo de fraguado mortero 1:3 laboratorio.

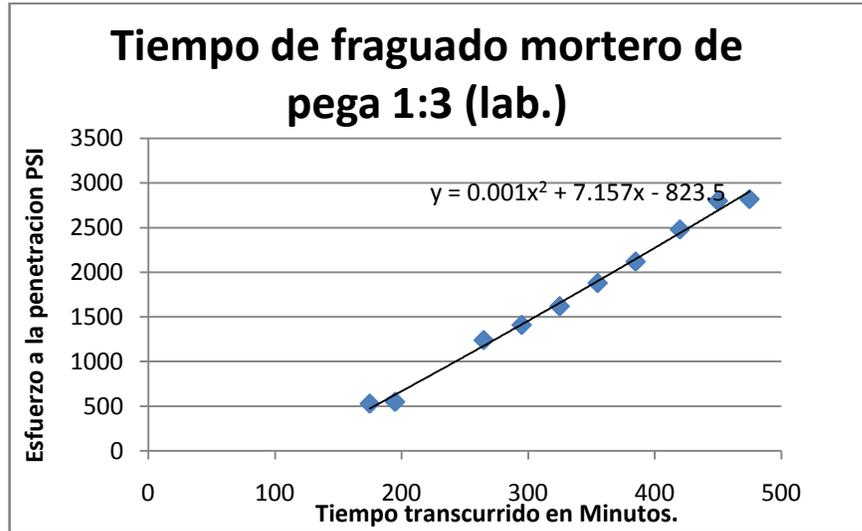


Figura 5.9: Grafico 3c tiempo de fraguado del mortero proporción 1:3 laboratorio.

Los tiempos de fraguado inicial y final del mortero 1:3 en laboratorio se muestran en el siguiente cuadro (tabla 5.15):

ESFUERZO A LA PENETRACIÓN PSI	TIEMPO DE FRAGUADO MINUTOS.
500 PSI (fraguado inicial)	180,38
4000 PSI (fraguado final)	620,21

Tabla 5.15: Tiempo de fraguado Mortero 1:3 laboratorio.



5.2. 4 Análisis De Resultados

5.2.4.1 Tiempo de fraguado del mortero proporción 1:3 y del mortero proporción 1:5 en campo.

Tiempo de fraguado del mortero 1:3 en campo.

ESFUERZO A LA PENETRACIÓN PSI.	TIEMPO DE FRAGUADO MINUTOS.
500 PSI (Fraguado Inicial)	208.56 Min.
4000 PSI (Fraguado Final)	383.26 Min

Tabla 5.16: tiempo de fraguado mortero 1:3 campo.

Tiempo de fraguado del mortero 1:5 en campo.

ESFUERZO A LA PENETRACIÓN PSI.	TIEMPO DE FRAGUADO MINUTOS.
500 PSI (Fraguado Inicial)	213.96 MIN.
4000 PSI (Fraguado Final)	426.96 MIN

Tabla 5.17, Tiempo de fraguado mortero 1:5 campo.

Cuando se observaron los resultados de los tiempos de fraguado obtenidos, pudimos notar que en la proporción de mortero 1:3 se produjo el fraguado a edades más tempranas que en la mezcla de mortero 1:5, esto debido a que la



mezcla 1:3 contiene una mayor cantidad de cemento, lo que genera una mayor resistencia a las penetraciones realizadas en la búsqueda del fraguado a edades mas tempranas, presentándose así el fraguado a edades mas tempranas que en mezclas que poseen un menos porcentaje de cementante (ver tablas 5.9 y 5.13).

5.4.2.2 Tiempo de fraguado del mortero proporción 1:3 y del mortero proporción 1:5 en laboratorio.

Los tiempos de fraguado inicial y final del mortero 1:3 en laboratorio:

ESFUERZO A LA PENETRACIÓN PSI	TIEMPO DE FRAGUADO MINUTOS.
500 PSI (Fraguado Inicial)	180.37
4000 PSI (Fraguado Final)	620.21

Tabla 5.18:Tiempo de fraguado mortero 1:3 laboratorio.

Los tiempos de fraguado del Mortero con proporción 1:5 se muestran en el siguiente cuadro.

ESFUERZO A LA PENETRACIÓN PSI	TIEMPO DE FRAGUADO MINUTOS.
500 PSI (Fraguado Inicial)	244.19
4000 PSI (Fraguado Final)	699.18

Tabla 5.19 Tiempo de fraguado mortero 1:5 laboratorio.



Al igual que los tiempos de fraguado encontrados en condiciones de campo, en condiciones de laboratorio la resistencia a las penetraciones en la búsqueda del fraguado de los morteros fue mayor en la proporción 1:3 que en la proporción 1:5, lo cual mostró siempre que a mayor contenido de cemento se alcanza el fraguado de la mezcla a edades más tempranas que aquellas mezclas que poseen un mayor porcentaje de cemento (ver tablas 5.18 y 5.19).

5.4.2.3 Comparaciones del fraguado en campo y en laboratorio para cada proporción.

Resistencia a la penetración.	Mortero proporción 1:3.		Mortero proporción 1:5	
	Campo	Laboratorio.	Campo.	Laboratorio.
500 psi	208.59 min	180.38 min	383.26 min.	244.19 min.
4000 psi	383.26 min	620.21 min.	431.0 min	699.18 min.

Tabla 5.20. Comparación de tiempos de fraguado.

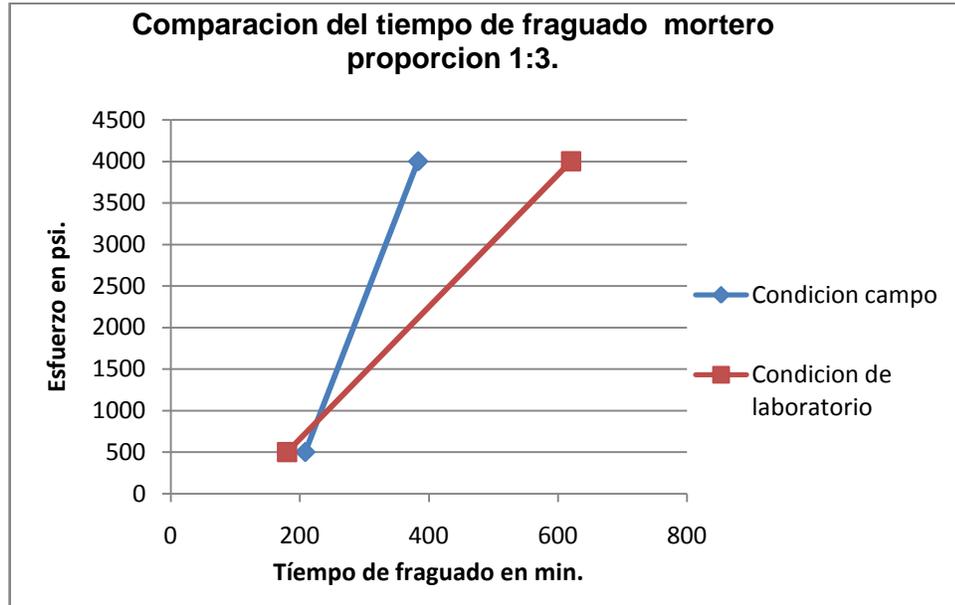


Figura 5.10 Grafico 4C, comparación del tiempo de fraguado del mortero proporción 1:3, campo y laboratorio.

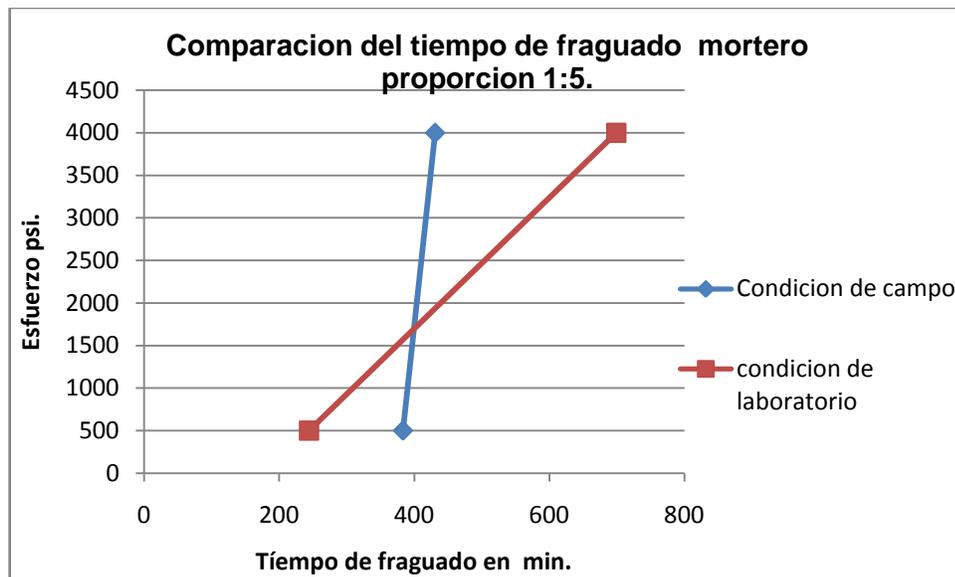


Figura 5.11 Grafico 5C, comparación del tiempo de fraguado del mortero proporción 1:5, campo y laboratorio.



Si observamos los resultados de cada proporción de mezcla de mortero podemos ver, que los resultados de los tiempos de fraguado inicial para la mezcla con proporción 1:3 obtenidos en laboratorio, fueron a un menor tiempo que en campo, lo cual pudo haber sucedido por que la mezcla en laboratorio se realizo con una cantidad mas adecuada de agua, pero si vemos los análisis de tiempo de fraguado final para esta mezcla notamos que en laboratorio fueron mayores lo que bien pudo haber sido porque la muestra de mortero no estuvo expuesta a los rayos solares y por ende tuvo una menor perdida de agua lo que produjo que se obtuviera una resistencia a mayor edad.

Para la proporción de mortero 1:5 se pudo apreciar que el fraguado inicial tardo mas en laboratorio, que pudo haber sido producto de la menor perdida de humedad de la mezcla al igual que los tiempos de fraguado final.

5.3 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR DE FLUIDEZ DE MORTERO DE CEMENTO HIDRÁULICO

La fluidez determinada para condiciones en campo y en laboratorio, difieren en gran manera en su evaluación.

La forma en que se realizo esta prueba fue, teniendo el mortero de mezcla, fue colocado en la mesa de fluidez en el recipiente cónico lo mas centrado posible. (Ver figura 5.12) y luego con la maquinaria calibrada se golpeó 25 veces en 15 segundos esperando que se esparza, luego se midió la fluidez que estuvo en un rango de $110 \pm 5\%$, es la cantidad que se dispersa. Esta prueba basada en la



norma ASTM C1437 "Método de prueba estándar para flujo de mortero de cemento hidráulico ASTM C-91 Tipo M". (Ver figura 5.13)



Figura 5.12 recipiente cónico y forma de llenado.



Figura 5.13 mesa de fluidez con mortero esparcido

Luego del mortero esparcido se midió en diferentes direcciones perpendiculares y se sumó los diámetros los cuales deben estar en el rango que se menciona anteriormente. Ver figura 5.14.



Figura 5.14 medición de diámetros en diversas direcciones.

En las tablas 5.21 a 5.24 se muestran los datos obtenidos tanto para morteros utilizados para repello en condiciones de campo y de laboratorio.

1:3 DE CAMPO

% DE FLUIDEZ 22 GOLPES ALCANZA EL LLENO DE PLATO DE D=25.5 CM
La norma ASTM C1437 establece que después de los 25 golpes se toman los diferentes diámetros para calcular la fluidez

Tablas 5.21 Resultados De Fluidez De Morteros En Proporciones De 1:3 En Campo.

1:5 DE CAMPO

% DE FLUIDEZ 11 GOLPES ALCANZA EL LLENO DE PLATO DE D=25.5 CM
La norma ASTM C1437 establece que después de los 25 golpes se toman los diferentes diámetros para calcular la fluidez

Tablas 5.22 Resultados De Fluidez De Morteros En Proporciones De 1:5 En Campo.



1:3 DE LABORATORIO

FLUIDEZ CON 315ML	1	2	3	4	SUMATORIA DE %
	27,5	29,3	28	29	113%

Tablas 5.23 Resultados De Fluidez De Morteros En Proporciones De 1:3 En Laboratorio.

1:5 DE LABORATORIO

FLUIDEZ CON 152 ML	1	2	3	4	SUMATORIA DE %
	29	28	28	29	114%

Tablas 5.24 Resultados De Fluidez De Morteros En Proporciones De 1:5 En Laboratorio.

5.3.1 Análisis de resultados de prueba estándar para flujo de mortero de cemento hidráulico

Eventualmente se observó que la determinación de una fluidez de campo con una de laboratorio fueron en distintas condiciones ambientales y de elaboración del mismo, lo que permitió determinar la fluidez de laboratorio sujeta a condiciones relativamente ideales y permitió mantener en el rango que se especifica de $110 \pm 5\%$, mientras la fluidez de campo fue alta ya que la fluidez de campo no fue muy controlada, y no se logró determinar a través de la norma que rige su determinación.



En la comparación de estos resultados fue evidente que las condiciones de laboratorio satisficieronla normativa ASTM C 1437 y las de campo no fueron satisfactorias, pero si cumplió con las condiciones empíricas de trabajabilidad y consistencia, que el maestro de obra necesitó para aplicar el mortero en el pegado de las unidades de mampostería y el repello de las mismas.

5.4 ENSAYO DE ADHERENCIA DEL MORTERO DE REPELLO (PULL OFF)

Esta prueba fue realizada bajo la norma “ASTM Designación D4541 método de ensayo estándar para esfuerzos de adherencia de revestimientos usando equipos de adhesión portátiles”, normativa que fue aplicable a mampostería de ladrillos de suelo-cemento. Se hizo esa prueba para evaluar la adherencia entre capas.

El procedimiento que se siguió se describe a continuación:

Se determinóla zona donde se realizó la medición de adherencia para colocar la broca, que atravesó el espesor del repello. Para el ensayo fue utilizado un adhesivo epóxico, el cual se mezcló bien y se colocó sobre la superficie del disco con una espátula. Se colocó el disco con el pegamento sobre el corte manteniendo presión sobre el disco hasta que se secó, con el cuidado de que la pega quedara bien distribuida sobre el disco (ver figura 5.15).



Figura5.15: Perforación de pared con broca hidráulica y pegado de pastilla sobre mortero.

El equipo de medición se insertó a la base para iniciar el desprendimiento, se colocó el manómetro en la posición de cero y se registró la fuerza máxima que se necesitó para el desprendimiento de la capa de mortero adherida al ladrillo de suelo-cemento (ver figura 5.16).



Figura 5.16: Equipo utilizado en la prueba de adherencia Pull Off, Desprendimiento de capa de mortero adherida al ladrillo de suelo-cemento.



Los resultados obtenidos de los valores de la medición de la adherencia son presentados de la tabla 5.25 a la tabla 5.28 tanto para repello como para adobado.

5.4.1 Tipos de fallas

Los tipos de fallas que se presentaron son: adherencia ya sea en el repello o en el adobado, cohesión del ladrillo y cohesión en el repello-ladrillo. Las fallas presentadas en el ensayo de Pull Off fueron muy características, ya que en todos los ensayos realizados se obtuvieron fallas por Cohesión en el ladrillo, así como se muestra en la figura 5.17.



Figura 5.17: Resultado de ensayo Pull Off.

A continuación se presentan todos los resultados obtenidos tanto para repello de espesor 5mm, así como también para adobado de espesor 1mm:



MORTERO 1:3				
ESPESOR (mm)	EDAD	FUERZA (kN)	RESULTADOS kg/cm ²	TIPO DE FALLA
5mm	7	1	2.31	Cohesión en el ladrillo
		-	-	Cohesión en el ladrillo
	28	0.5	1.15	Cohesión en el ladrillo
		2	4.62	Cohesión en el ladrillo
	56	-	-	Cohesión en el ladrillo
		-	-	Cohesión en el ladrillo

Tabla 5.25: Resultados obtenidos de adherencia en ladrillo de suelo cemento y repello de espesor de 5mm con mortero de proporción 1:3

MORTERO 1:5				
ESPESOR (mm)	EDAD	FUERZA (kN)	RESULTADOS (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
5mm	7	-	-	Cohesión en el ladrillo
		-	-	Cohesión en el ladrillo
	28	1	2.31	Cohesión en el ladrillo
		-	-	Cohesión en el ladrillo
	56	-	-	Cohesión en el ladrillo
		-	-	Cohesión en el ladrillo

Tabla 5.26: Resultados obtenidos de adherencia en ladrillo de suelo cemento y repello de espesor de 5mm con mortero de proporción 1:5



MORTERO 10:1				
ESPESOR (mm)	EDAD	FUERZA (kN)	RESULTADOS (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
1mm	7	-	-	Cohesión en el ladrillo
		-	-	Cohesión en el ladrillo
	28	1	2.31	Cohesión en el ladrillo
		1	2.31	Cohesión en el ladrillo
	56	1	2.31	Cohesión en el ladrillo
		1	2.31	Cohesión en el ladrillo

Tabla 5.27: Resultados obtenidos de adherencia en ladrillo de suelo cemento y repello de espesor de 1mm con mortero de proporción 10:1

Otros ensayos:

Se realizó el ensayo de contenido de humedad, a la muestra de material de ladrillo de suelo-cemento que se tomó de la falla presentada al momento de realizarse la prueba de Pull Off, a la cara I pared 1 con repello de espesor de mortero 1:3 a los 28 días, se obtuvo como resultado un contenido de humedad de 9.52% donde se registró un esfuerzo a la adherencia de 1.15kg/cm² y se obtuvo un contenido de humedad de 9.06% donde se registró un esfuerzo a la adherencia de 4.62kg/cm².



5.4.4 Análisis Prueba De Adherencia Pull Off

En este apartado se analizaron los resultados de las dos paredes de ensayo, abarcando los morteros utilizados y los tipos de espesores en estudio.

Inicialmente se muestran gráficos (figura 5.18 y 5.19), que comparan la resistencia a la adherencia del mortero 1:3 y 1:5 a ladrillos de suelo-cemento para la capa de repello de espesor 5mm en cara I como para la de repello de espesor 1mm aplicado en la cara II (ver figuras 5.20), tomando el mayor resultado de esfuerzo de las dos muestras de cada prueba en cada edad, asumiendo que este fue el más representativo del lote de pruebas debido a las condiciones climáticas adversas en las que se desarrollaron las pruebas y por ellos se pueden descartar los valores más bajos, otros factores que afectan fueron la mala adherencia de la pega y la humedad del ladrillo de suelo-cemento.

En las figuras 5.18 y 5.19 se pudo observar como el resultado obtenido por el mortero de repello de espesor 5mm proporción 1:3, obtuvo un valor mayor de resistencia de adherencia a los 7 días, gráficos que muestran que dicha proporción consiguió mejores resultados en comparación con el mortero de repello de espesor 5mm proporción 1:5, así sucede con los resultados a los 28 días, donde notoriamente la resistencia de adherencia fue mayor para el mortero 1:3. De igual manera se observa en la figura 5.20 el repello de espesor de 1mm proporción 10:1.



Además si vemos los valores de adherencia entre repello de espesor 5mm el repello de espesor 1mm de las gráficas de la figura 5.18 a la figura 5.20 se puede observar que en su mayoría se obtienen valores más altos para el repello de espesor 5mm que para el repello espesor 1mm.

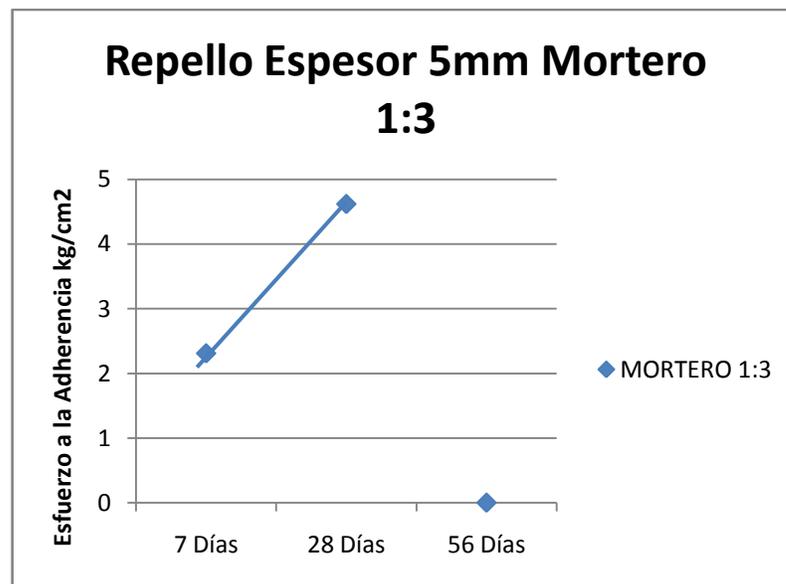


Figura 5.18: Gráfico de esfuerzo a la adherencia para ladrillo de suelo cemento cara lpared 1.

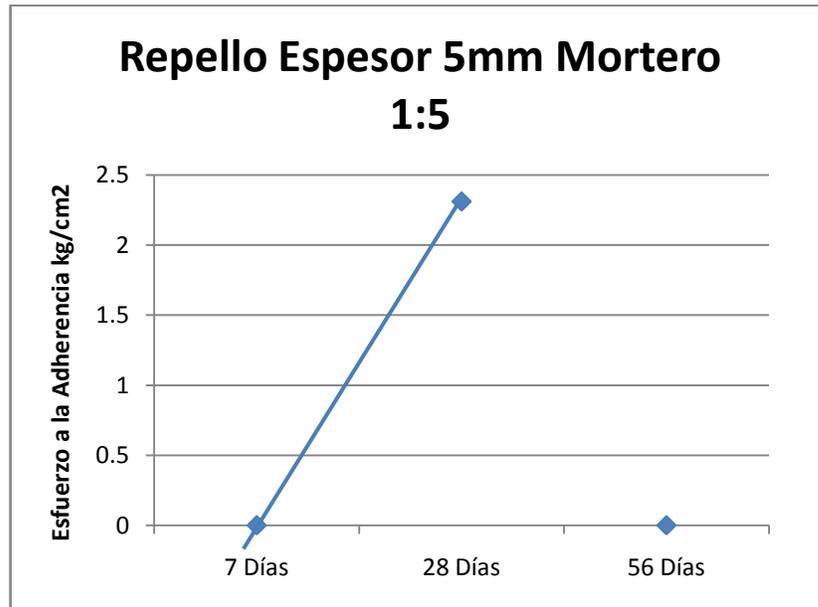


Figura 5.19: Gráfico de esfuerzo a la adherencia para ladrillo de suelo cemento cara I pared 2

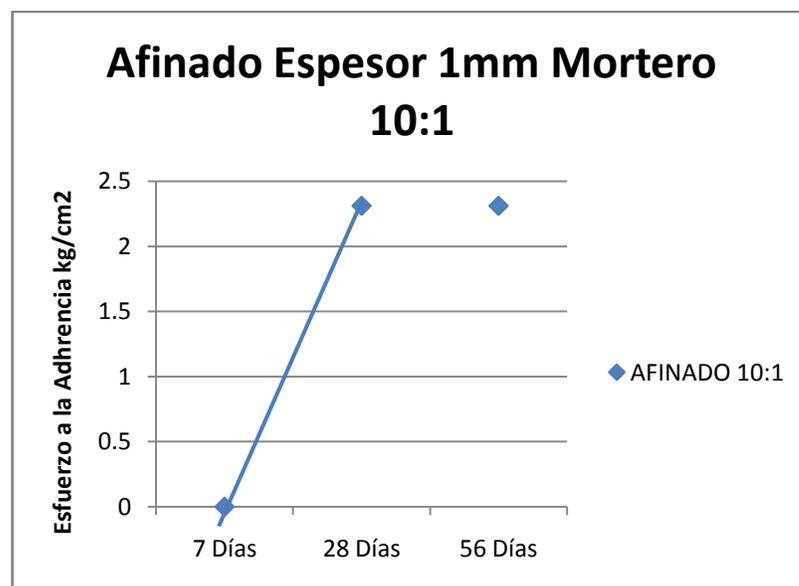


Figura 5.20: Gráfico de esfuerzo a la adherencia para ladrillo de suelo cemento cara II pared 1.



Comparando los resultados de adherencia entre el mortero 1:3 y mortero 1:5 como se muestran en las figura5.22 se puede observar un mejor desempeño en el mortero 1:3 a los 28 días para la capa de repello espesor 5mm y se puede observar que el desempeño en la mezcla de proporción 10:1 de repello de espesor 1mm a los 28 días es igual al mostrado por el repello de espesor 5mm y proporción 1:5.

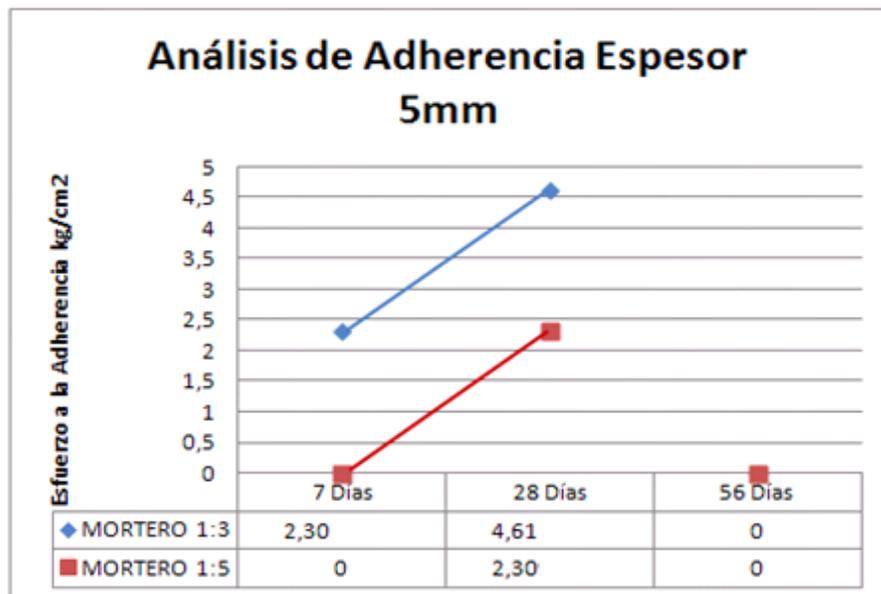


Figura5.22: Gráfico de análisis de esfuerzo a la adherencia de la capa de repello espesor 5mm.

Terminando el análisis se puede agregar ciertas observaciones realizadas durante la realización de las pruebas las cuales fueron:



- Se pudo notar que en todos los casos ocurrió la falla por ladrillo.
- En algunas pruebas no se obtuvieron resultados, la prueba fallo antes de aplicar la fuerza.

Las condiciones ambientales probaron ser un factor que afecta grandemente tanto en resistencia del mortero como en la adherencia. Un claro ejemplo son los que se alistan a continuación:

- El día que se realizó la prueba a los 7 días estaba bajo condiciones lluviosas, esto tomado como una condición que pudo afectar la adherencia en el mortero no fuera correctamente medida, ya que casi todas las pruebas fallaron antes de aplicar la fuerza.
- Un día antes al que se realizó la prueba a los 28 días, condición lluviosa, causando que la adherencia no fuera medida correctamente, ya que 3 de las pruebas fallaron antes de aplicar la fuerza.



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente

CAPITULO 6: DESCRIPCIÓN, RESULTADOS Y ANALISIS DE ENSAYOS A MORTERO DE PEGA.



6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO.

Como ya se había mencionado la proporción 1:3 es la proporción que fue utilizada para el pegado en la mampostería de ladrillo de suelo cemento, y por lo tanto se evalúa la resistencia a compresión bajo norma ASTM C 109 “Resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico” (con cubos de 2” para determinar la resistencia a la compresión del mortero). Esta de igual manera evaluada tanto en campo como en laboratorio, esto realizado según apartado 5.1.

Los resultados de la resistencia a la compresión a esta proporción 1:3 pueden ser observados según tablas 5.2 Tablas 5.3 y figuras 5.1 y 5.2.

6.2 TIEMPO DE FRAGUADO DEL MORTERO DE PEGA.

Este ensayo es el mismo que el realizado en laboratorio para el Mortero de Repello con proporción 1:3, debido a que esta proporción fue la utilizada para el pegado de las unidades de Mampostería (ladrillos de Suelo Cemento), en la construcción de las paredes y todos los prismas.

Los resultados de esta prueba y su análisis se encuentran en el apartado 5.2.



6.3 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR DE FLUIDEZ DE MORTERO DE CEMENTO HIDRÁULICO

Esta es determinada de igual manera que en el apartado 5.3 siguiendo paso a paso las mismas sugerencias solamente que esta solo se evalúa para un tipo de mortero que es el mortero de pega con proporción de 1:3.

Los resultados de fluidez de este mortero se pueden observar en la tabla 5.21 de igual manera tanto en campo como en laboratorio.

6.4 ENSAYO DE FLEXO-COMPRESIÓN.

Con esta norma se busca la adherencia del mortero a las unidades de mampostería y especialmente en mamposterías que están sometidas a flexión y compresión en su vida de servicio, y dado que El Salvador es un país sísmico sabemos que los movimientos telúricos le producen estos efectos a las infraestructuras habitacionales de nuestro País y de ahí la importancia de la realización de esta prueba y los resultados de esta aumentan.

Al momento de la prueba los prismas fueron colocados y centrados (ver figura 6.1) en el equipo y maquina universal de prueba para evitar diferenciación en la forma de aplicación de la carga excéntrica.



Figura 6.1: prisma centrado en maquina universal.

La primera prueba de este tipo fue realizada a los 15 días de edad de los prismas.



Los resultados obtenidos de esta prueba a los 15, 28 y 56 días de edad de los prismas fueron los siguientes:

EDAD 15 DÍAS.	ESFUERZO ÁREA BRUTA. FG.		ESFUERZO AREA NETA FN.		TIPO DE FALLA.
	Fg= Kgf/cm ²	Promedio kgf/cm ²	Fn=Kgf/m ²	Promedio	
FC15D-1A	1.28	1.25	1.11	1.08	80% ladrillo y 20% adherencia mortero
FC15D-2A	0.89		0.75		95% adherencia mortero y 5% ladrillo.
FC15D-3A	1.56		1.37		75% ladrillo y 25% adherencia mortero

Tabla 6.1 Resultados a flexo compresión 15 días de edad.



Esfuerzo de adherencia a 28 días de edad en la tabla siguiente.

EDAD 28 DÍAS.	ESFUERZO ÁREA BRUTA. FG.		ESFUERZO AREA NETA FN.		TIPO DE FALLA.
	Fg = Kgf/cm ²	Promedio kgf/cm ²	Fn = Kgfi cm ²	Promedio	
FC28D-1A	2.18	2.29	1.86	1.93	98% ladrillo y 2% adherencia mortero.
FC28D-2A	1.83		1.51		
FC28D-3A	2.86		2.41		

Tabla 6.2. Resultados a flexo compresión 28 días de edad.



Esfuerzo de adherencia a 56 días de edad en la tabla siguiente.

EDAD 56 DÍAS.	ESFUERZO ÁREA BRUTA. FG.		ESFUERZO ÁREA NETA FN.		TIPO DE FALLA.
	Fg = Kgf/cm ²	Promedio kgf/cm ²	Fn = Kgf/ cm ²	Promedio	
FC56-1A	1.89	1.77	1.59	1.50	98% cohesión ladrillo y 2% adherencia mortero.
FC56D-2A	1.55		1.32		
FC56D-3A	1.86		1.59		

Tabla 6.3. Resultados a flexo compresión 56 días de edad.



6.4.1 Tipos de falla

Al observar los resultados de los tipos de fallas en los prismas podemos notar que la falla más predominante es por Cohesión de la unidad de Mampostería (ver figura 6.2), en este caso el ladrillo de Suelo Cemento, ya que si notamos los porcentajes de cada tipo de falla esta es la que mas predomina con valores en % para cada edad como se muestra a continuación:

- 15 días: 53% falla por cohesión del Ladrillo vrs 47% falla por adherencia del mortero.
- 28 días: 99% falla por cohesión del Ladrillo vrs 1% falla por adherencia del mortero.
- 56 días: 94% falla por cohesión del Ladrillo vrs 6% falla por adherencia del mortero.



Figura 6.2. Falla por cohesión del ladrillo.



Algo de importancia que podemos exponer es que la falla que mas nos era representativa es la que se daba por Adherencia del Mortero de Pega como sucedió en el prisma FC15D-2A, que es la falla mas representativa de este tipo (ver figura 6.3), ya que la variable en estudio es la adherencia del mortero en las unidades de mampostería de ladrillos de suelo cemento, como sucedió en este caso en particular con un valor de adherencia de 0.89kgf/cm^2 en el área bruta.



Figura 6.3: Falla ideal por adherencia.

6.4.2 Análisis de resultados

Todos los resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica estructural de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA) se encuentran en el Apéndice 2 de anexos.

Los promedios de los resultados de esta prueba son los que se muestran en la siguiente tabla 6.4.



EDAD DE PRUEBA.	FG= kgf/cm ² ESFUERZO BRUTO	FN=kgf/cm ² ESFUERZO NETO	FALLA MÁS REPRESENTATIVA.
15 días.	1,25	1,08	Falla combinada predominando falla ladrillo en 53%
28 días.	2,29	1,93	Predomina falla por cohesión de ladrillo con 99%.
56 días.	1,77	1,50	Predomina falla por cohesión de ladrillo con 94%.

Tabla 6.4 Resistencia promedio de prismas a compresión simple.

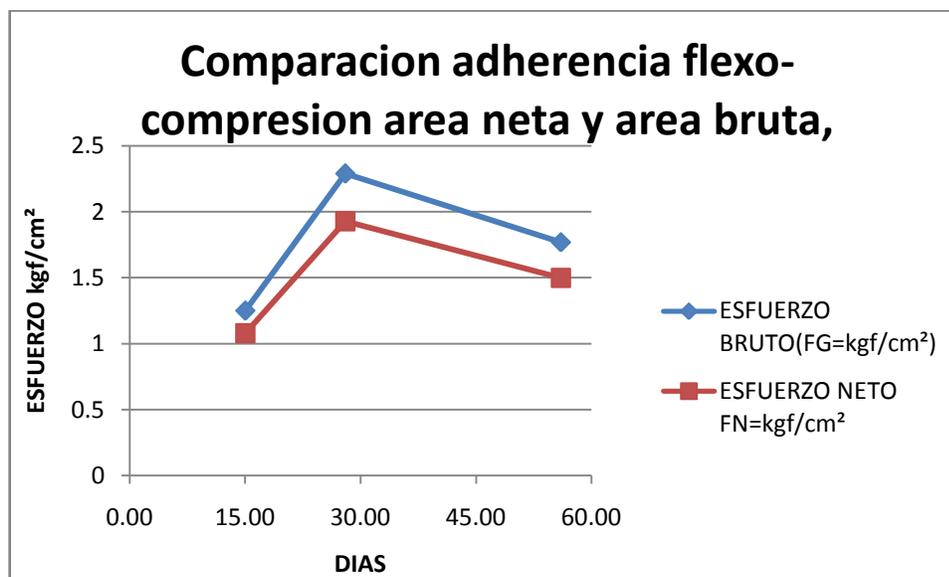


Figura 6.4: Comparación adherencia flexo-compresión área neta y área bruta.

Con el respaldo de los datos del numeral anterior podemos analizar que debido a la predominancia del tipo de la falla “Por cohesión del Ladrillo”, podemos



concluir en la calidad de la adherencia del Mortero de pega como diremos a continuación:

- La Adherencia que mostro el Mortero de pega 1:3 sobre el Ladrillo de suelo-cemento es mas alta que la cohesión misma que poseen estos ladrillos, esto se puede observar de gran manera en los ensayos realizados, cuyos resultados muestran que la falla mas presentada fue la cohesión de estos, destacando una mayor capacidad Adhesiva del Mortero.

6.5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LA MAMPOSTERÍA.

Esta prueba fue realizada bajo la norma ASTM C 1314, “Método de Prueba Estándar para Resistencia a la Compresión de Prismas de Albañilería”.

Para la realización de esta prueba se construyeron prismas compuestos por dos unidades de mampostería de Suelo Cemento y junta de unión de entre 1 y 2 cm de espesor, estos prismas fueron curados en condiciones de campo junto con la pared (ver figura 6.5) elaborada para la prueba de adherencia de mortero de repello y adobado.



Figura 6.5. Almacenaje de prismas.

Antes de someter los prismas a compresión fue necesario refrentarlos con azufre en el laboratorio de mecánica estructural de la UCA, (ver fig. 6.6) en su parte superior e inferior con el objetivo de generar un área de apoyo que produjese una adecuada distribución de esfuerzos, al momento del ensayo estos fueron centrados en la maquina Universal y sometidos a una carga gradual que produzca la falla de estos entre 1 y 2 minutos, (ver figura 6.7).



Figura 6.6: Refrentado de prisma.



Figura 6.7 Falla a compresión.

La máxima carga resistida por los prismas es multiplicada por un factor de corrección que se calcula dividiendo la altura “h” entre el ancho “t” del prisma (figura 6.8), y observando en la tabla 6.5, el factor de corrección correspondiente, pero si el valor se encuentra entre alguna de las relaciones se debe interpolar linealmente para obtener dicho factor. Luego la Carga corregida es dividida entre el área neta de la sección del prisma para obtener la resistencia a la compresión.

h/t	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor De Corrección	0.75	0.86	1.00	1.04	1.07	1.15	1.22

Tabla 6.5 Factor de corrección para la resistencia a la compresión en prismas, ASTM C 1314 apartado 10.1.3.1.

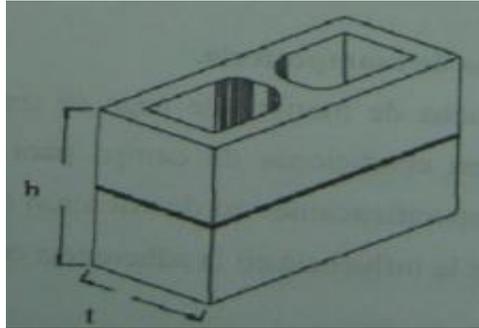


Figura 6.8 detalle de las dimensiones según Norma ASTM C 1314.

En los siguientes cuadros se muestran los valores de la resistencia a la compresión obtenidos para cada edad:

EDAD: 15 DÍAS.	RELACIÓN H/T	FACTOR.	P MAX.	AREANETA CM2	FG = KGF/CM2	PROMEDIO KGF/CM2.	TIPO DE FALLA.
C15D- 1B	2,97	1.07	7310	280	27.89	31,81	Por cortante
C15D- 2B	2,98	1.07	9690	280	36.99		Separación.
C15D- 3B	2,97	1.07	8010	280	30.56		Cónico y de separación.

Tabla 6.6 resultados de compresión a 15 días



EDAD: 28 DÍAS.	RELACIÓN H/T	FACTOR	P MAX KGF	AREA NETA CM2	FG = KHF/CM2	PROMEDIO KGF/CM2.	TIPO DE FALLA.
C28D- 1B	2,96	1,07	7490	280	28,56	23,80	Cortante y separación.
C28D- 2B	2,95	1,067	5210	280	19,85		Cónico y por separación.
C28D- 3B	2,99	1,07	6020	280	22,99		Cónico y por Separación.

Tabla 6.7 resultados de compresión a 28 días

EDAD: 56 DÍAS.	RELACIÓN H/T	FACTOR	P MAX KGF	AREA NETA CM2	FG = KHF/CM2	PROMEDIO KGF/CM2.	TIPO DE FALLA.
C56D- 1B	2,97	1,07	7490	280	28,57	23,81	Cortante.
C56D- 2B	2,98	1,07	5210	280	19,89		Cortante.
C56D- 2B	2,98	1,07	6020	280	22,98		Cortante.

Tabla 6.8. resultados de compresión a 56 días

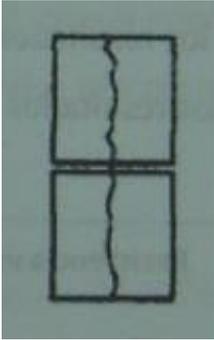
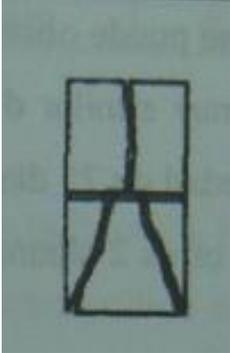
Como podemos ver los resultados de la primera edad de prueba (15 días) son mayores que los resultados obtenidos a edades mas avanzadas (28 y 56 días) esto según observaciones pudo suceder debido a que en la primera fecha de prueba el invierno aun no había ingresado y los prismas se encontraban con una humedad baja (casi secos), y para las siguientes edades de prueba estos



presentaban humedad en las partes más bajas de los prismas, debido a que eran almacenados a la intemperie.

6.5.1 Tipos de fallas

Los tipos de falla que se presentaron en los especímenes se presentan en las siguientes imágenes:

 <p><i>Por separación.</i></p>	 <p><i>Prisma C15D-1B.</i></p>
 <p><i>Cónico y de separación.</i></p>	 <p><i>Prisma C28D-3B</i></p>

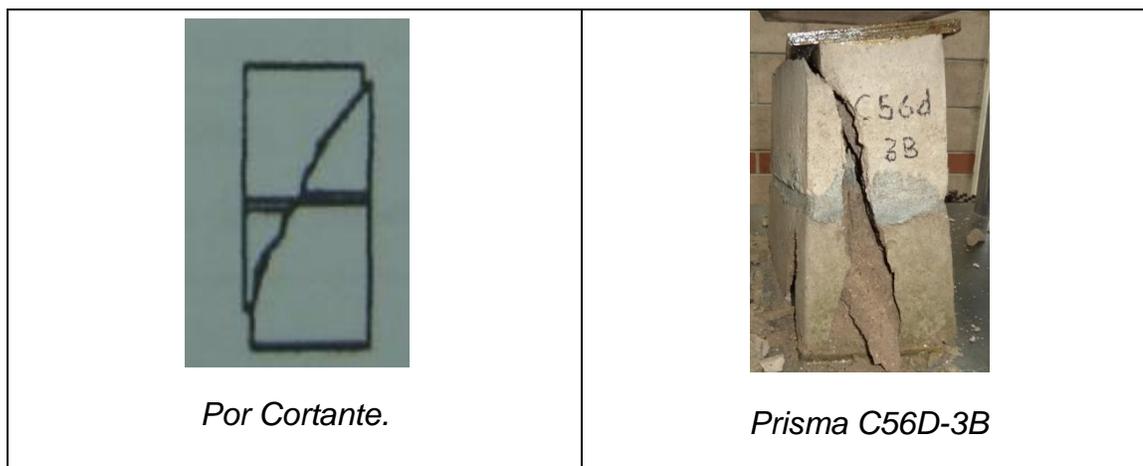


Figura 6.9. Comparación de Fallas por compresión.

De las imágenes podemos ver que los prismas fallan por fuerzas que inducen grietas de corte diagonal o axial, lo cual concuerda con los tipos de falla que expone la norma en cuestión.

6.5.2 Análisis de resultados.

Todos los resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica estructural de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA) se encuentran en el Apéndice 3 de anexos.

EDAD DE ENSAYO EN DÍAS.	PROMEDIO DE RESISTENCIA FN = kgf/cm ²	TIPO DE FALLA PREDOMINANTE.
15	31,81	Combinadas Cónico, cortante y separación.
28	23,80	Cónico y por separación.
56	23,81	Cortante.

Tabla 6.9: Promedio resultados a compresión de la mampostería.



Al ver los resultados de la tabla anterior podemos ver que para la edad de 15 días se obtuvo una resistencia mayor que en las edades más altas, pero esto se pudo haber dado porque los prismas en esa edad se encontraban casi completamente secos y en las restantes 28 y 56 días de edad, estos contenían una humedad considerable al momento de los ensayos, lo que pudo haber influido en la resistencia.

6.6 METODO DE LADRILLOS CRUZADOS

Prueba que esta basada bajo la norma ASTM C 952 Método B “método estándar de prueba de fuerza de adherencia del mortero en unidades de mampostería, método de cruzado-ladrillo coplas”. Prueba de ladrillos muestras que consisten en coplas cruzadas de ladrillo que se puede utilizar para determinar:

- Relación entre el ladrillo especificado y un mortero especificado.
- Vínculo relativo entre el ladrillo diferente y un determinado mortero.
- Unión relativa entre un ladrillo especificado y diferentes morteros.



La elaboración de especímenes que se ensayaron estuvieron condicionados bajo la norma que los preside, siguiendo detalles de su elaboración desde curado hasta la fecha de ensayo.

El equipo que se utilizó fueron unos marcos metálicos que debían soportar la fuerza en esta ocasión céntrica y pues en los extremos de los ladrillos cruzados. Cuyo interés era desprender los ladrillos en su pegado (sisa). (Ver figura 6.10 y 6.11)



Figura 6.10 Prisma de ladrillos cruzados



Figura 6.11: Maquinaria y falla de sisa

Para la obtención de la adherencia de tensión máxima fuerza o resistencia de la unión a la tracción se debió de registrar la carga máxima, área transversal de pegado, se utiliza la ecuación siguiente:

$$T = \frac{A}{B}$$

Donde:

T= Resistencia de la unión a la tracción Psi o N/m²

A=Total de carga aplicada. Lbf , N

B=Área de la sección transversal en la unión cm², m².

En la tabla 6.10 se observan los resultados de las diferentes resistencias de la unión a la tracción obtenidas en los 7, 28, 56 días de ensayos.



TECNICA DE LADRILOS CRUZADOS									
ESPÉCIME N	FECHA DE ELABORACION	EDAD DÍAS	A. Carga Max Lbf	B, Área Transvers al Pulg ²	T, Psi	Promedio Resistencia De Unión, Psi	T, Kg/ Cm ²	Promedio De La Resistencia De La Unión, Kg/ Cm ²	
T1	6 DE JUNIO DEL 2012	7 DÍAS	176,40	30,38	5,80	5,80645	0,41	0,41	
T2			154,35	30,38	5,08		0,36		
T3			198,45	30,38	6,53		0,46		
T4	27 DE JUNIO DEL 2012	28 DÍAS	198,45	30,38	6,53	6,29032	0,46	0,44	
T5			242,55	30,38	7,98		0,56		
T6			132,30	30,38	4,35		0,31		
T7	25 DE JULIO DEL 2012	56 DÍAS	-	30,38	-	4,71774	-	0,33	
T8			154,35	30,38	5,08		0,35		
T9			132,30	30,38	4,35		0,31		

Tabla 6.10 Resultados de la resistencia de la unión a la tracción a los 7, 28 y 56 días.



6.6.1 Tipos de fallas

Los tipos de falla que se pueden dar son las siguientes:

a) Falla Cohesión En El Mortero De Pega:

Esto significa que el mortero no tubo un buen pegado en mezcla y el desprendimiento se produce entre el mortero, se tendrá en las dos áreas de los ladrillos mortero de pega visibles.

b) Falla Adhesión en el mortero de pega:

Falla que identificara que el mortero se ha adherido o no en el ladrillo de suelo cemento, mostrara el área, ladrillo desprendido sin rasgos de ladrillo desuelo cemento.

c) Falla de cohesión en el ladrillo de suelo cemento:

Esto significa que parte del ladrillo queda adherido al mortero en el área, ladrillo de desprendimiento.



6.6.2 Tipos de fallas presentadas

Las fallas presentadas en la resistencia de la unión a la tracción fueron, Falla Adhesión en el mortero de pega, falla de cohesión en el ladrillo de suelo cemento, mixta que identifica los tipos de falla anteriores. Ver figura 6.12



a)



b)



c)

Figura 6.12: tipos de fallas presentadas: a) falla por cohesión del ladrillo, b) falla mixta, c) falla por adherencia de mortero



En los especímenes de ladrillos cruzados T1, T2, T3 que fueron ensayados para 7 días la falla presentada fue en el pegado superior de la copla donde se esperaba. Los ladrillos no presentaban humedad u al menos no observable.

Los especímenes T1, T2 la falla mostrada fue Falla de cohesión en el ladrillo de suelo cemento. Y el espécimen T3 La falla del pegado fue cierta parte por adherencia y mucha por cohesión del ladrillo suelo cemento.

Los T4, T5, T6 que fueron ensayados para 28 días, la falla fue la esperada en su parte superior, teniendo parte de humedad en el ladrillo inferior.

Los especímenes T4 y T6 se da una falla mixta ya que pues cierta parte del pegado fallo por adherencia y otra por cohesión de ladrillo y el espécimen T5 presento una falla por adherencia aunque no es toda su totalidad.

Los especímenes T7, T8, Y T9 variaron relativamente de cada falla obtenida ya que T7 por su contenido de humedad no permitió obtener lectura del mismo y fallo antes de aplicarle una carga. Mientras tanto el espécimen T8 con relativa humedad en la parte de debajo de la copla el desprendimiento se da en la parte superior y se da una falla mixta de parte de cohesión del ladrillo y de adherencia del repello. Y T9 con humedad en la parte inferior de la copla la falla encontrada fue la una de cohesión del ladrillo y se desprendió de la parte del pagado superior lo que en realidad se esperaba.



6.6.3 Análisis de resultados

Los resultados nos inclinan a resumir que las circunstancias del curado de los especímenes expuestos a la humedad es un factor que altera los resultados de la adherencia y por ende a la cohesión del ladrillo ya que es el más flexible a fallar por contacto a humedad.

Basando en datos de especímenes ensayados podemos afirmar que relativamente la adherencia del mortero es buena, ya que se ha adherido con muy buena facilidad a la pieza de mampostería y mostrando fallas mixtas de parte del ladrillo y adherencia del mortero. Pero estas siendo comparadas con datos de adherencia por flexo compresión son relativamente bajos pero se mide un parámetro diferente de adherencia, sin dejar a un lado la diferencia de maquinaria y condiciones de especímenes.

EDAD DE ENSAYO(DÍAS)	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA UNIÓN, KGF/ cm ²
7	0,41
28	0,44
56	0,33

Tabla 6.13: Resumen de resultados promedio

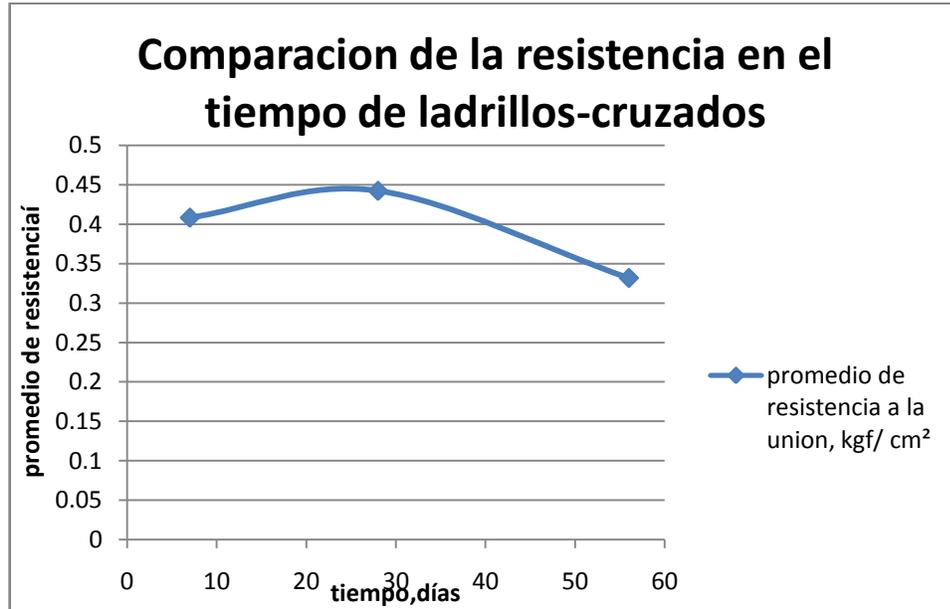


Figura 6.13 Comparación de la resistencia en el tiempo de ladrillos-cruzados

Análisis del grafico. La resistencia ala unión por tracción del pegado se observaun leve aumento a los 28 días pero que luego decayó considerablemente por varias razones entre ellas el manufacturado de los prismas y el curado de los mismos ya que éstos fueron almacenados estando en condiciones ambientales en época lluviosa.

6.7 ENSAYOS ADHERENCIA POR FLEXIÓN

Esta prueba se realizó bajo la norma ASTM E 518. Los prismas están compuestos por 5 mitades de ladrillos unidos por mortero 1:3, los que fueron ensayados a flexión pura (ver figura 6.14), sin medirse deflexiones en ningún punto. Se fabricaron 6 prismas de los que se tuvieron resultados adecuados solamente en 3, esto debido a daños en transporte, daños por la intemperie, fallos por su propio peso al se colocados en la maquina de ensayo, destrucción



de uno de los prismas en el sitio de almacén y velocidad de carga mayor a la especificada en la norma de ensayo.



Figura6.14: Ensayo de adherencia por flexión.

6.7.1 Tipos de falla

Las fallas presentadas en los prismas que dieron resultados adecuados fueron por cohesión en el ladrillo, como muestra la figura 6.15



Figura6.15: Fallas presentadas en prismas sometidos a adherencia por flexión.



RESULTADOS DE ENSAYO DE ADHERENCIA POR FLEXIÓN											
EDAD Día	Nº DE PRISMAS	PESO MUESTRA "Ps" (kgf)	PESO MUESTRA "PS" (N)	L mm	b mm	d mm	CARGA APLICADA "P" (kgf)	CARGA APLICADA "P" (N)	MODULO DE SUPERFICIE BRUTA DE RUPTURA "R" (Mpa)	R kgf/cm ²	PROM. R kgf/cm ²
13	1	17.96	176.01	450	142	140	80	784	0.15	1.51	1.95
	2	18.15	177.87	450	148	140	140	1372	0.23	2.38	
28	3	17.96	176.01	450	142	140	0	0	0.02	0.22	0.78
	4	17.17	168.27	450	141	140	70	686	0.13	1.35	
56	5	17.96	176.01	450	143	140		0	0.02	0.22	0.22
	6	18.4	180.32	450	141	140	0	0	0.02	0.22	

Tabla.6.12 Resultados De Adherencia Por Flexión



6.7.2 Análisis de resultados

En este apartado se analizaron los resultados de 6 prismas sometidos al ensayo de adherencia por flexión.

La adherencia por flexión de mampostería reporto un valor de 1.95kgf/cm² a una edad de 13 días, siendo éste el valor máximo obtenido a pesar de haberse realizado más ensayos tanto para 28 y 56 días. Los resultados obtenidos revelan la representatividad de la prueba. En la figura 6.16 se muestran los resultados obtenidos.

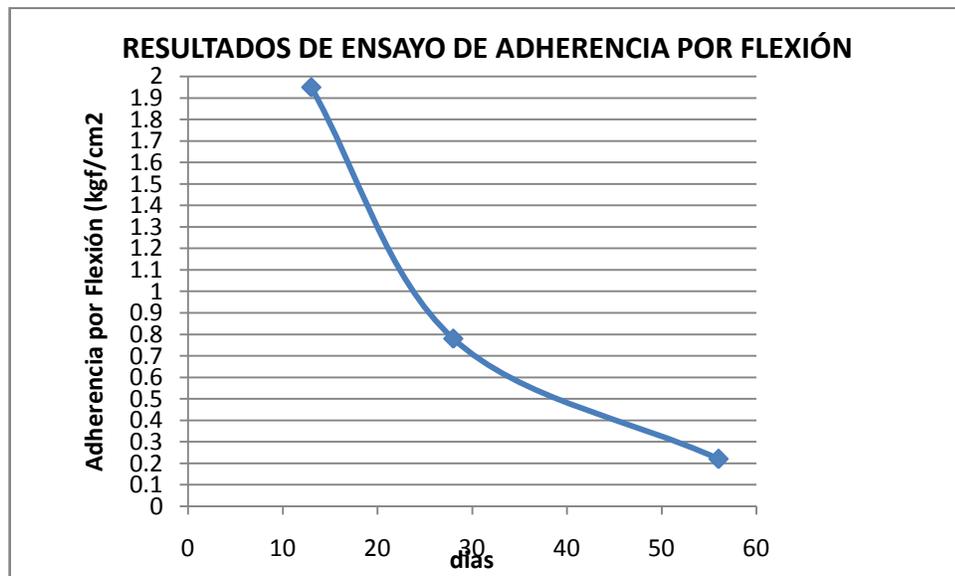


Figura 6.16: Gráfico de resultados del ensayo de adherencia por flexión.



6.7.3 Análisis comparativo en ensayos de adherencia.

FLEXO -COMPRESION	
DÍAS	ADHERENCIA
15	1,25
28	2,29
56	1,77
LADRILLOS CRUZADOS.	
DÍAS	ADHERENCIA
7	0,41
28	0,44
56	0,33
VIGAS A FLEXION	
DÍAS	ADHERENCIA
13	1,95
28	0,78
56	0,22

Tabla 6.13 Resultados promedios de ensayos de adherencia

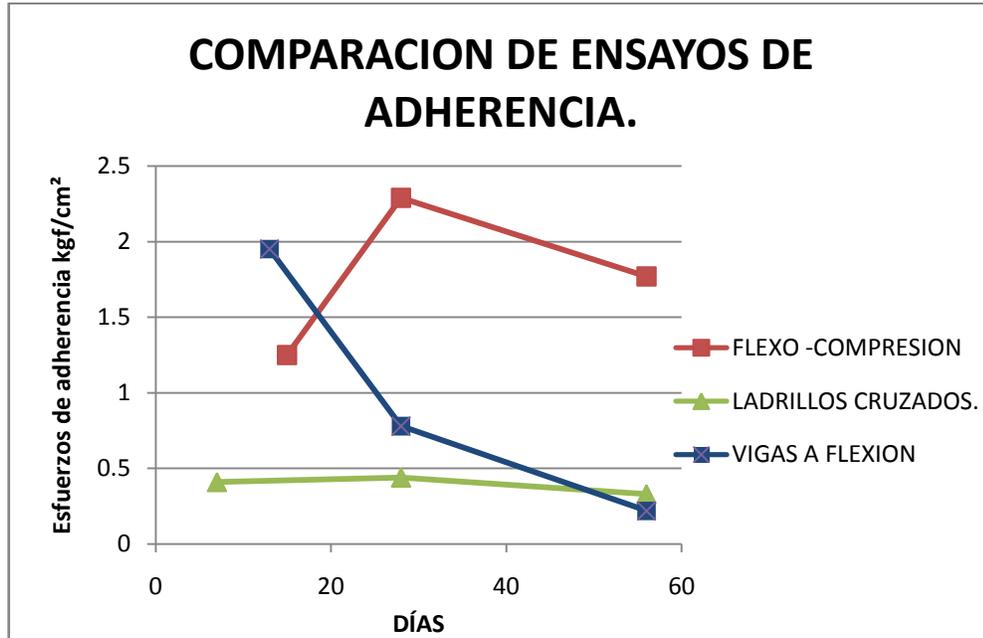


Figura 6.17 Comparación de ensayos de adherencia

La comparación de resultados de los diferentes ensayos para determinar la adherencia mostrados en la figura 6.17 nos muestra que en el ensayo a flexo-compresión se obtuvieron los valores más altos seguido de los datos obtenidos en el ensayo de prismas en forma de viga ensayados a flexión simple y con valores más bajos los datos proporcionados por los prismas de ladrillos cruzados, de lo cual podemos concluir que esta mampostería es más resistente a esfuerzo o cargas que producen flexo-compresión en la mampostería.



Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria de Occidente

CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.



7.1 CONCLUSIONES

Finalizada la investigación teórica y práctica, después de analizar los resultados del presente trabajo de graduación, se determinan las siguientes conclusiones:

- Los resultados obtenidos del análisis de los componentes del mortero como lo son la arena y el cemento, cumplen con lo requerimientos propuestos de las normativas ASTM C 144, ASTM C 91 que rigen los materiales para la elaboración de los morteros.
- El cemento de mampostería fabricado bajo la norma ASTM C 91 tipo M utilizada para la elaboración de morteros de pega, la resistencia a compresión en mortero proporción 1:3 de campo fue de 2947.50 Psi, esta cumple con los requisitos de la norma ASTM C 270 la cual nos establece una resistencia mínima promedio a la compresión a 28 días de 2500 Psi, cumpliendo con este requisito el mortero elaborado en las condiciones de campo, dejando ver que el uso de cemento ASTM C-91 M es adecuado pero que depende de la experiencia de la persona que elabora dicho mortero
- El tipo de falla obtenido en todas las pruebas realizadas de Pull Off bajo norma ASTM C 4541 referidas al repello de mampostería de ladrillo de suelo cemento, fueron fallas por cohesión del ladrillo, evidenciando la completa adherencia del repello en el ladrillo de suelo cemento.
- De acuerdo con los valores obtenidos en los ensayos de Pull Off basado en la norma ASTM C 4541 para el mortero de repello, se concluyo que el



mortero de proporción 1:3 es el más apropiado para el repello de mampostería elaborada con ladrillo de suelo-cemento, de acuerdo con los valores reportados en las tablas 5.25 y 5.26, siendo los resultados obtenidos en el mortero proporción 1:3 20% mayores que los obtenidos en la proporción de mortero 1:5, con un mismo espesor de repello 5mm a 28 días de edad.

- La adherencia presentada por el mortero de repello con espesor de 5mm presento variaciones de una proporción respecto a la otra, ya que el mortero de proporción 1:3 alcanzo resultados de 4.6kgf/cm² mientras que el mortero de proporción 1:5 alcanzo resultados de 2.3kgf/cm², por otra parte la adherencia presentada por el mortero de repello de espesor de 1mm con proporción 10:1 mostro resultados de 2.3kgf/cm², todos los datos reportados son para edades de 28 días.
- Al comparar los resultados obtenidos de adherencia por flexo compresión en el área bruta de la mampostería de suelo cemento, se observa que el esfuerzo de 2.29kgf/cm² a la edad de 28 días es mayor 45% que el esfuerzo obtenido a edad de 15 días y es mayor un 23% que el esfuerzo obtenido a la edad de 56 días.
- Los tipos de falla presentados en los ensayos a Flexo-Compresión, fueron por falla de la unidad de mampostería, variando de la siguiente manera en 15 días: 53% falla por cohesión del Ladrillo y un 47% falla por adherencia del mortero, en 28 días un 99% falla por cohesión del Ladrillo y un 1% falla por adherencia del mortero, en 56 días un 94% falla por cohesión del Ladrillo y un 6% falla por adherencia del mortero, lo que afirma que es la cohesión de la unidad de mampostería la que tiende a fallar y que el mortero se encuentra adherido de manera que la flexión aplicada no lo desprende en mucha área al mortero de repello.



- La resistencia a compresión simple de prismas presento variación de resultados, ya que a una edad de 15 días se obtuvo como resultado 31.8kgf/cm² y presento falla por separación, mientras que a edad de 28 días presento falla por cónico y separación y a 56 días presento falla por cortante, en ambas edades de 28 y 56 días se mantuvieron constantes los resultados de resistencia a la compresión simple de 23.8 kgf/cm².
- La resistencia a Compresión Simple de los prismas de mampostería de Suelo-Cemento es menor que la obtenida en mampostería de bloques de concreto en la investigación similar realizada por alumnos de la universidad centroamericana José Simeón cañas, en un 82% a la edad de 56 días
- La resistencia de la unión en prismas de ladrillos cruzados presento resultados de 0.44 kgf/cm² a edad de 28 días, siendo este valor un 7% mayor al resultado obtenido a 7 días y un 25% mayor al resultado obtenido a edad de 56 días
- La mampostería de ladrillos de suelo cemento es una alternativa competitiva en comparación con ladrillos de arcilla cocidos, bloques de concreto, adobe, entre otras; en este trabajo de investigación los resultados obtenidos a las unidades individuales y al estado de la pared elaborada para realizar las pruebas al mortero de repello, hasta la fecha, aproximadamente 8 meses, no presenta ningún deterioro.
- En la investigación de la adherencia del mortero de pega, para mejorar su análisis fueron incluidas dos pruebas adicionales a las propuestas inicialmente, como lo fueron el ensayo de adherencia por flexión ASTM E 518 y Método de ladrillos cruzados ASTM C 952, método B que



permitieron tener mayores comparaciones de resultados en la adherencia del mortero de pega



7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el repello en mampostería de ladrillos de suelo cemento se realice con mortero en proporción 1:3 y un espesor de 5mm.
- Se recomienda que el pegado de ladrillos para elaborar mampostería de ladrillos de suelo cemento se elabore con mortero de proporción 1:3 y espesor de junta de 1cm.
- Es recomendable realizar futuras investigaciones sobre ensayo de adherencia por flexión ASTM E 518 y Método de ladrillos cruzados ASTM C 952 método B para poder realizar un análisis mas profundo ya que no se cuenta con investigaciones previas de gran envergadura.
- Para obtener resultados similares en ensayos de mampostería y morteros, se recomienda la utilización de materiales que se encuentren bajo especificaciones o que permita comprobar su calidad (como los utilizados en esta investigación) ya que estos afectan la resistencia y durabilidad de una obra civil.
- Es recomendable instruir, capacitar y dirigir al albañil para que este elabore un mortero de excelente calidad y que esta persona posea una buena experiencia para obtener resultados confiables, como es el caso de esta investigación.



- Se recomienda también a futuros investigadores que se evalúen prismas en estado húmedo y estado seco ya que la humedad de estos influye en su resistencia.



GLOSARIO

Absorción: Capacidad que poseen algunos materiales de retener líquido.

Adherencia: Capacidad de un mortero que tiene para absorber tensiones normales y tangenciales.

Cohesión: Fuerza de atracción que mantiene las moléculas unidas.

Coplas: Dos ladrillos unidos perpendicularmente por una capa de mortero (formando una cruz).

Cuarteo: Acción de repartir una muestra en cuatro partes para luego seleccionar una de ellas.

Desparrame: cuando un recipiente excede de material o fluido y este tiende a salirse del recipiente.

Enrasar: Acción de quitar el material que se considera que ya no es necesario para mantener una nivelación de un recipiente.



Fluidez: propiedad del mortero que limita la cantidad de agua necesaria para que este sea trabajable.

Pandeo: Palabra utilizada cuando un elemento tiende a flexionar.

Pome: Material con densidad muy pequeña y con alto contenido de absorción, comúnmente conocido como cascajo.

Sisa: Junta o capa de mortero utilizada para unir piezas de mampostería usualmente se utiliza de 1cm de espesor.

Tamizado: Consiste en hacer pasar material de diferentes tamaños en un tamiz o malla con la intención que solo pase el material mas pequeño que la dimensión del tamiz y los mas grandes sean retenidos.



BIBLIOGRAFIA.

- Álvaro Artidoro Morante Portocarrero, “Mejora De La Adherencia Mortero-Ladrillo de Concreto”, Tesis Para Optar El Título De Ingeniero Civil En Pontificia Universidad Católica Del Perú, Facultad De Ciencias E Ingeniería, Lima, Perú, Diciembre Del 2008
- Avelar Dura, Edwin Alfredo, Biuenza Francisco, Solano Gristales, Berta María.(2010) Análisis De Adherencia En Morteros Para Repello En Mampostería De Bloque De Concreto, Trabajo De Graduación Presentado Para Optar Al Grado De Ingeniero Civil En La Universidad De El Salvador Santa Ana San Salvador.
- Guzmán Portillo, Bessy Susana, Salamanca Rodríguez, Adriana Victoria (2010) Análisis De Adherencia En Mortero De Pega Y Mortero De Repello En Mampostería De Bloque De Concreto. Trabajo De Graduación Presentado Para Optar Al Grado De Ingeniero Civil En La Universidad Centro Americana José Simeón Cañas. Antigua Cuscatlán El Salvador C. A.
- Proyecto De Cooperacion Tecnica “ Mejoramiento De La Tecnologia Para La Construccion Y Difusion De La Vivienda Popular Sismo Resistente “(TAISHIN)Ing. Patricia De Hasbun.Manual Popular Construccion De Una Vivienda Con Mamposteria De Ladrillo De Suelo Cemento. El Salvador C. A.



- Méndez De Hasbun, Ing. Patricia. Gutiérrez Msc. Manuel. Msc. Ventura, Emilio .Escobar, Msc. Carlos Y Otros Proyecto De Cooperación Técnica “Mejoramiento De La Tecnología Para La Construcción Y Difusión De La Vivienda Popular Sismo Resistente “(TAISHIN),” Informe De Mampostería De Suelo Cemento Confinada” , Informe De Resultados. El Salvador C. A.



ANEXOS.



INDICE DE ANEXOS

APENDICE 1.....	196
APENDICE 2.....	198
APENDICE 3.....	208



APENDICE 1

Resultados obtenidos de ensayos realizados a ladrillos de suele cemento.

ESPECIMEN N°	FECHA DE ELABORACION	FECHA RUPTURA	EDAD (DIAS)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm ²)	PESO (g)	CARGA (kg)	RESIST (kg/cm ²)
1-B	15/02/12	22/02/12	7	14.2	9.8	14.3	203.06	3033.3	22320	109.95
2-B	15/02/12	22/02/12	7	14.1	10	14.3	201.63	2959.6	23070	114.41
3-B	15/02/12	22/02/12	7	14	9.8	14	196	2927.3	21770	111.07
									Prom.	111.81

Tabla A-1: esfuerzo a la compresión proporción 1:10

ESPECIMEN N°	FECHA COLADO	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)
1-A	15/02/12	2832.6	3346.4	18.14
2-A	15/02/12	2887.4	3307.1	14.54
3-A	15/02/12	2856.4	3263.4	14.25
			Prom.	15.64

Tabla A-2: absorción proporción 1:10

ESPECIMEN N°	FECHA DE ELABORACION	FECHA RUPTURA	EDAD (DIAS)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm ²)	PESO (g)	CARGA (kg)	RESIST (kg/cm ²)
1-B	15/02/12	22/02/12	7	14.1	10.3	14.5	204.45	2911.8	10930	53.46
2-B	15/02/12	22/02/12	7	13.6	10	14.5	197.2	2791.8	9820	49.8
3-B	15/02/12	22/02/12	7	14	9.8	14.3	200.2	2953.1	10000	49.95
									Prom.	51.07

Tabla A-3: esfuerzo a la compresión proporción 1:20



ESPECIMEN N°	FECHA COLADO	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)
1-A	15/02/12	2816.7	3349.5	18.92
2-A	15/02/12	2924.1	3443.4	17.76
3-A	15/02/12	2811.4	3288.1	16.96
			Prom.	17.88

Tabla A-4: absorción proporción 1:20



APENDICE 2

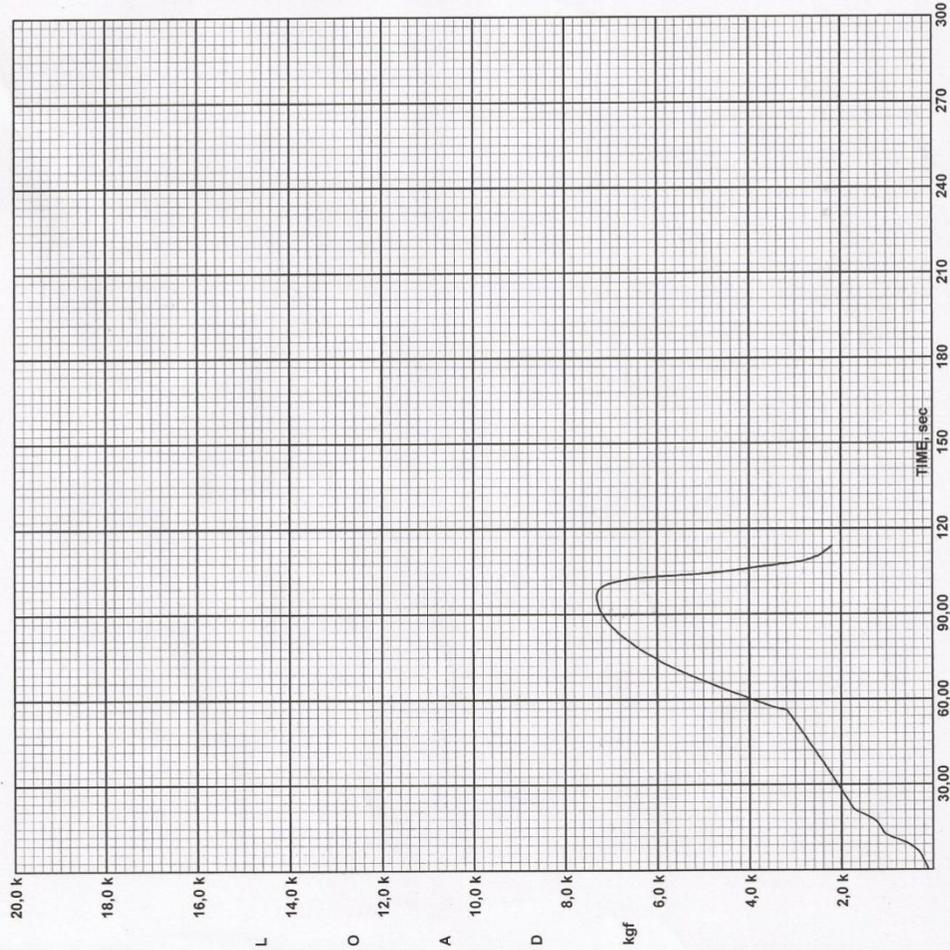
Resultados obtenidos de ensayo de compresión simple de especímenes de ladrillos de suelo cemento en laboratorio de mecánica estructural de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.



Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo tesis
Proyecto: Analisis adherencia
Descripción: Prisma comp. simple
Material: Mortero/suelo-cemento
Operador: JG
Load Range: 20000 kgf
Stress Range: 250 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: mayo 10,2012

Sample Number: C15D-1B
Max, kgf: 7310
Max, lbf: 16110



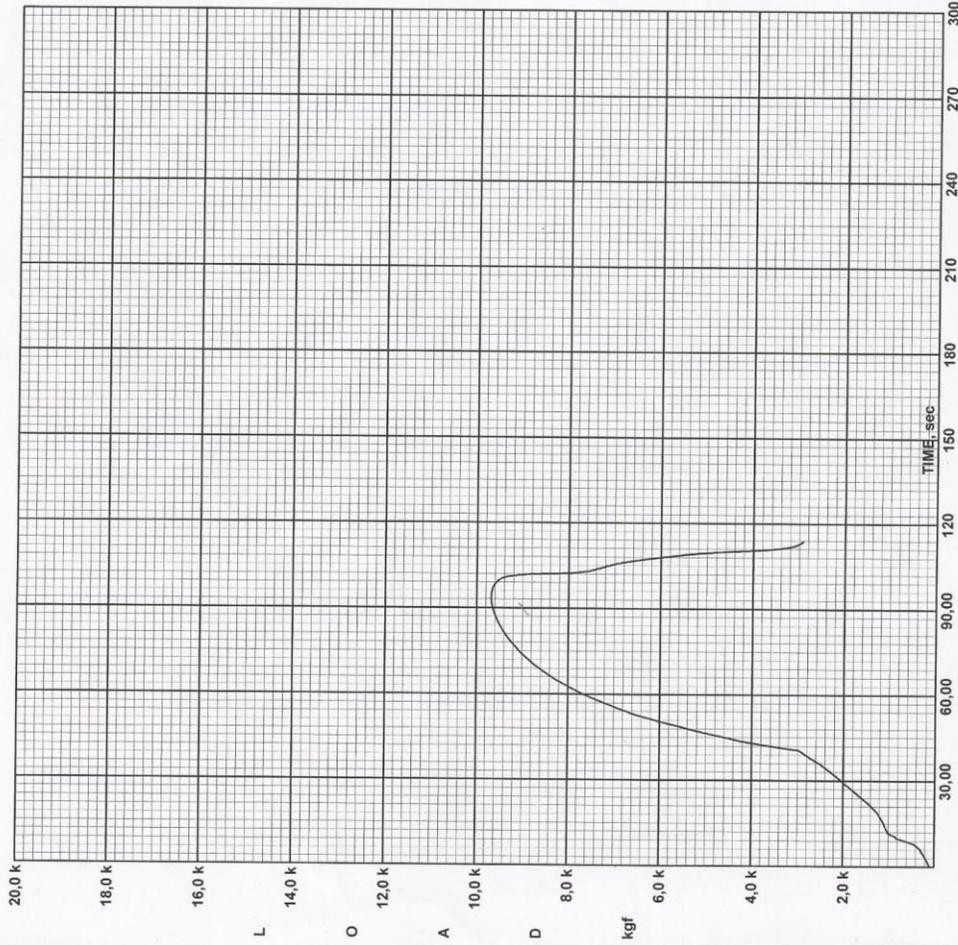
Specimen Break
may 10, 2012 1:54:58 PM



Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo tesis
Proyecto: Analisis adherencia
Descripción: Prisma comp. simple
Material: Mortero/suelo-cemento
Operador: JG
Load Range: 20000 kgf
Stress Range: 250 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: mayo 10, 2012

Sample Number: C15D-2B
Max, kgf: 9690
Max, lbf: 21400



Specimen Break
may 10, 2012 2:06:39 PM



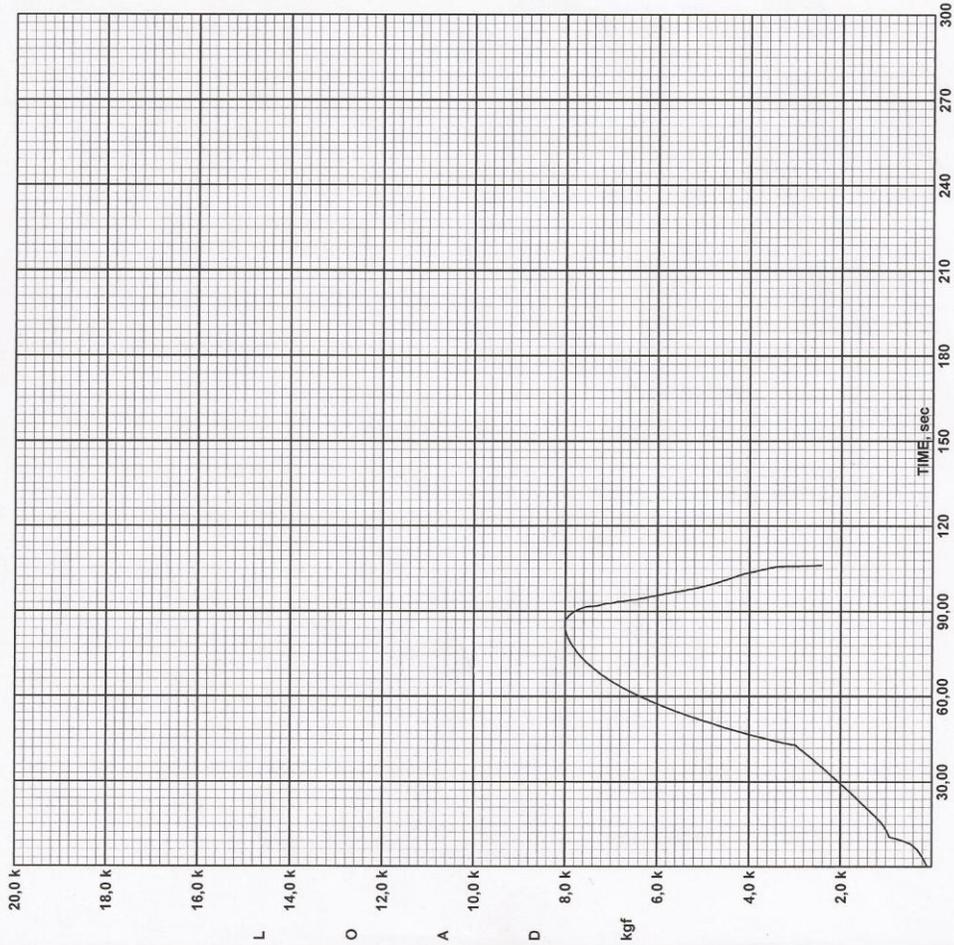
Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0

Interesado: Trabajo tesis
Proyecto: Análisis adherencia
Descripción: Prisma comp. simple
Material: Mortero/suelo-cemento
Operador: JG

Load Range: 20000 kgf
Stress Range: 250 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: mayo 10, 2012

Sample Number: C15D-3B
Max, kgf: 8010
Max, lbf: 17660



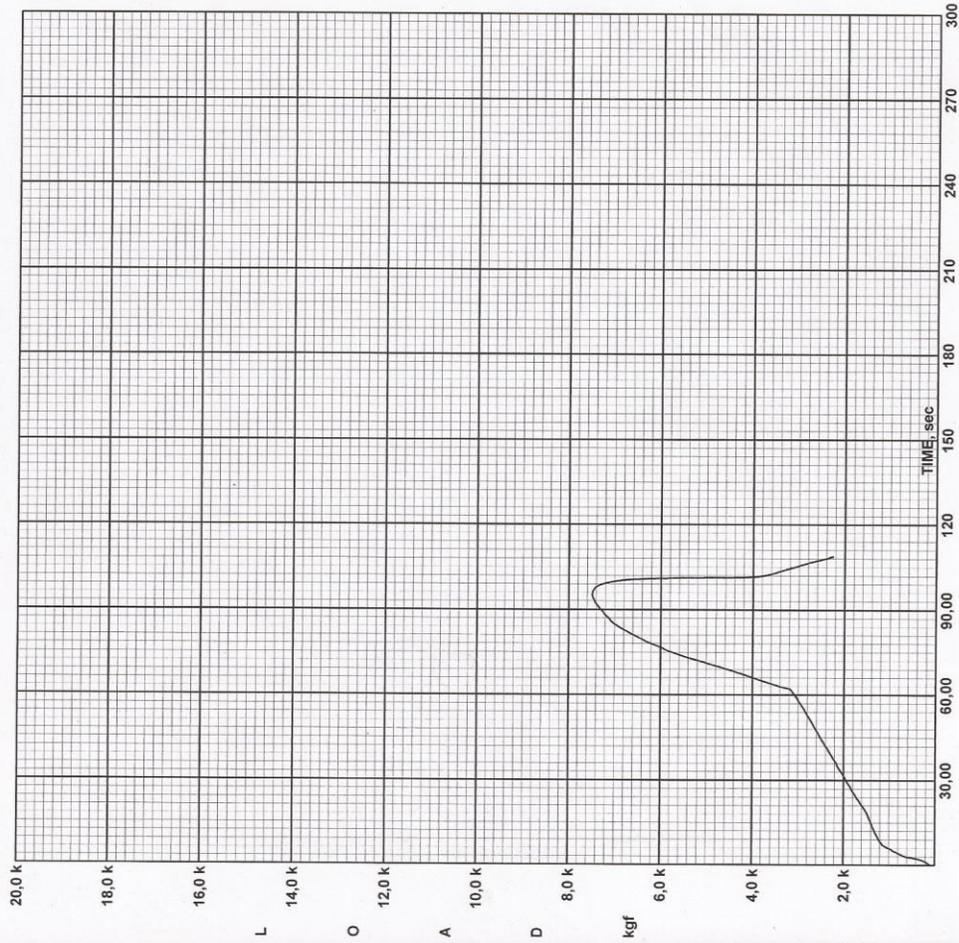
Specimen Break
may 10, 2012 2:16:55 PM



Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo de graduación
Proyecto: Tesis
Descripción: Compresión simple
Material: Prisma ladrillo suelo/cem
Operador: JG
Load Range: 20000 kgf
Stress Range: 300 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: mayo 24, 2012

Sample Number: C28D-1B
Max, kgf: 7490
Max, lbf: 16520



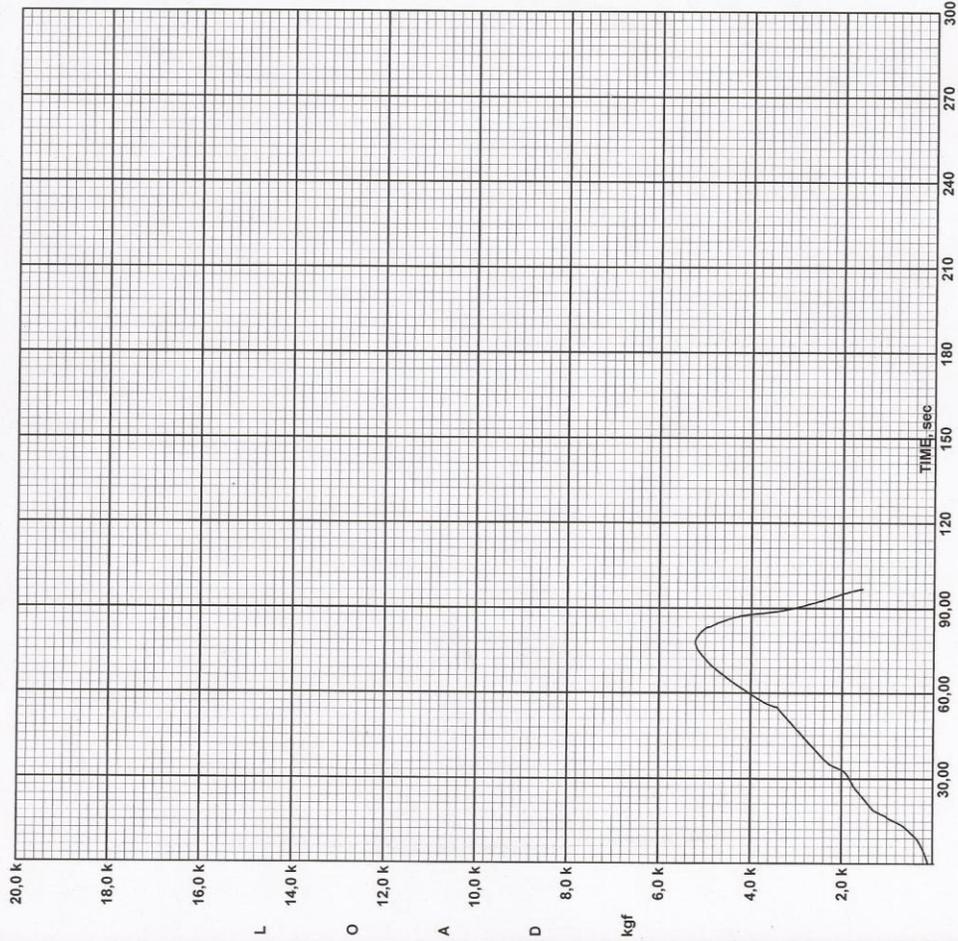
Specimen Break
may 24, 2012 1:25:47 PM



Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo de graduación
Proyecto: Tesis
Descripción: Compresión simple
Material: Prisma ladrillo suelo/cem
Operador: JG
Load Range: 20000 kgf
Stress Range: 300 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: mayo 24, 2012

Sample Number: C28D-2B
Max, kgf: 5210
Max, lbf: 11480



Specimen Break
may 24, 2012 1:32:19 PM

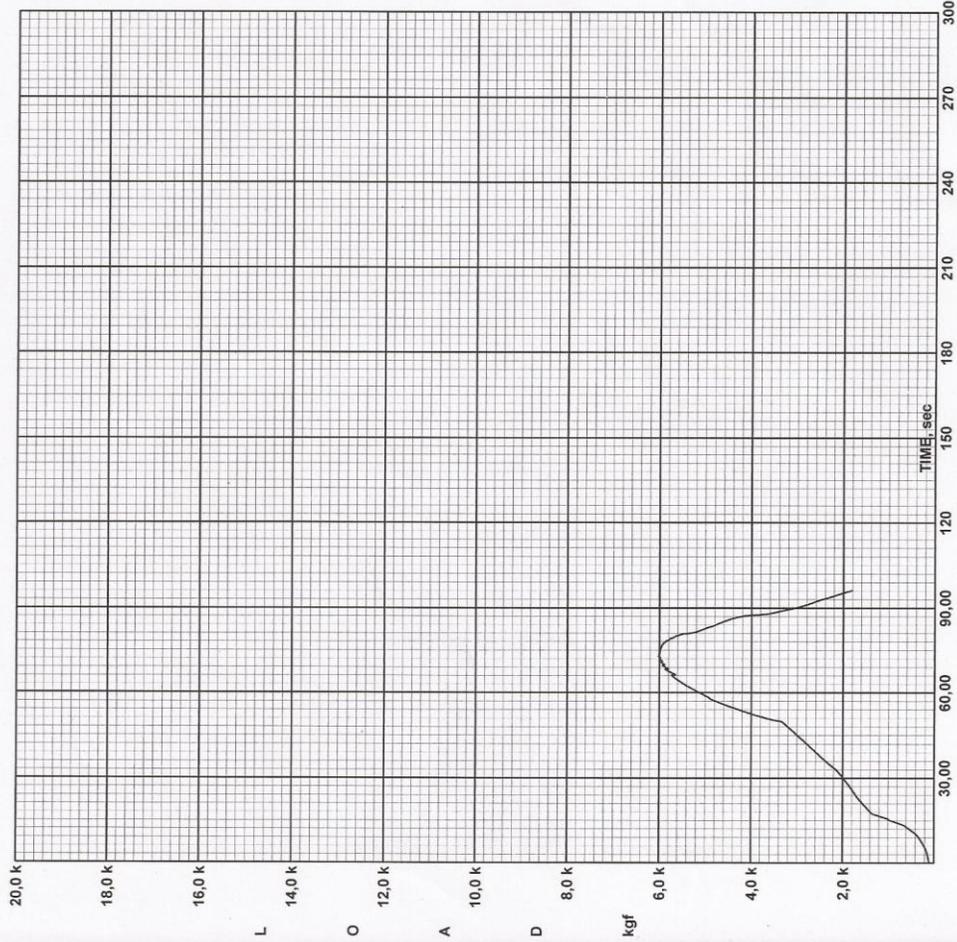


Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo de graduación
Proyecto: Tesis
Descripción: Compresión simple
Material: Prisma ladrillo suelo/cem
Operador: JG

Load Range: 20000 kgf
Stress Range: 300 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: mayo 24, 2012

Sample Number: C28D-3B
Max, kgf: 6020
Max, lbf: 13280



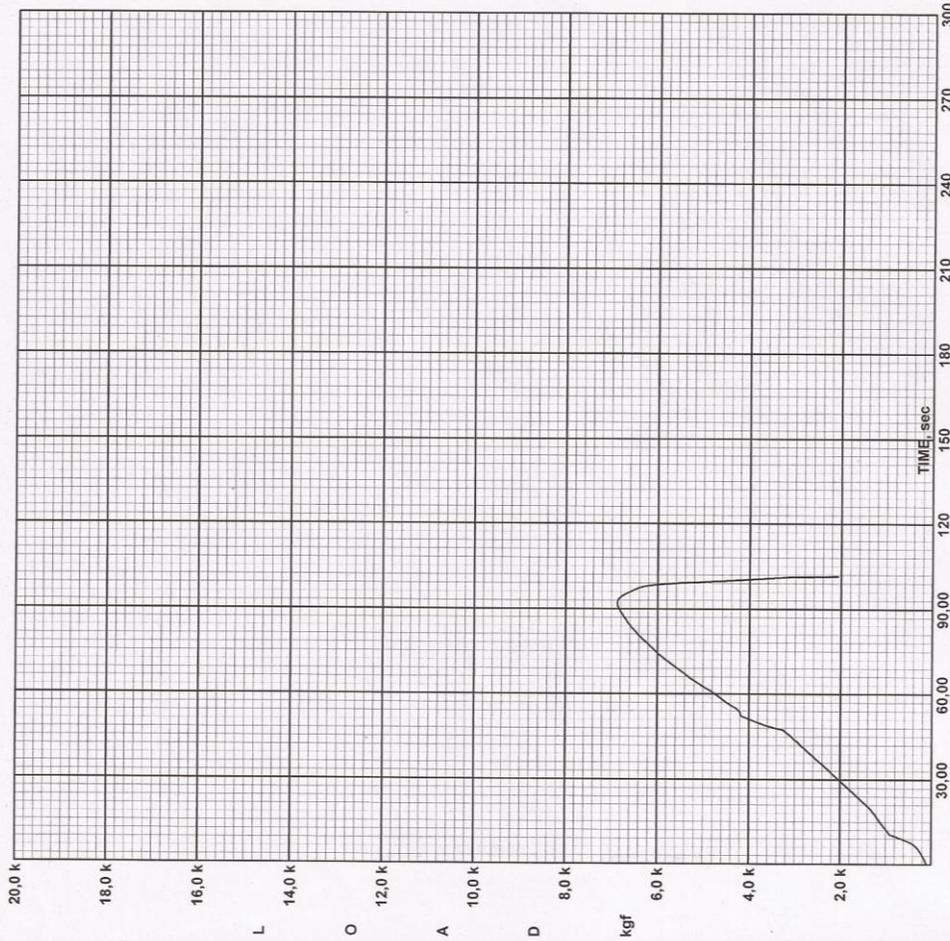
Specimen Break
may 24, 2012 1:38:15 PM



Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo tesis
Proyecto: Analisis Adherencia
Descripción: Prisma Comp. simple
Material: Mortero suelo/cemento
Operador: JG
Load Range: 20000 kgf
Stress Range: 300 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: junio 20,2012

Sample Number: C56D-1B
Max, kgf: 6870
Max, lbf: 15150



Specimen Break
Jun 20, 2012 1:53:15 PM



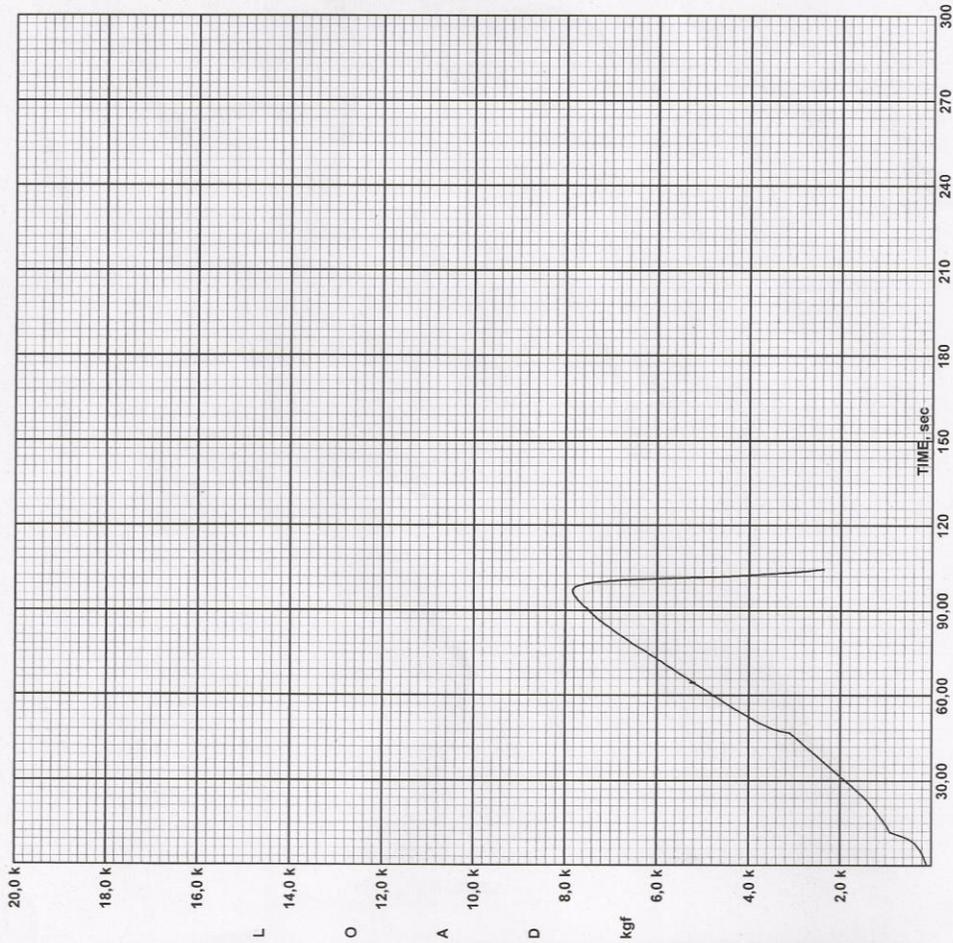
Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0

Interesado: Trabajo tesis
Proyecto: Analisis Adherencia
Descripción: Prisma Comp. simple
Material: Mortero suelo/cemento
Operador: JG

Load Range: 20000 kgf
Stress Range: 300 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: junio 20, 2012

Sample Number: C56D-2B
Max, kgf: 7840
Max, lbf: 17270



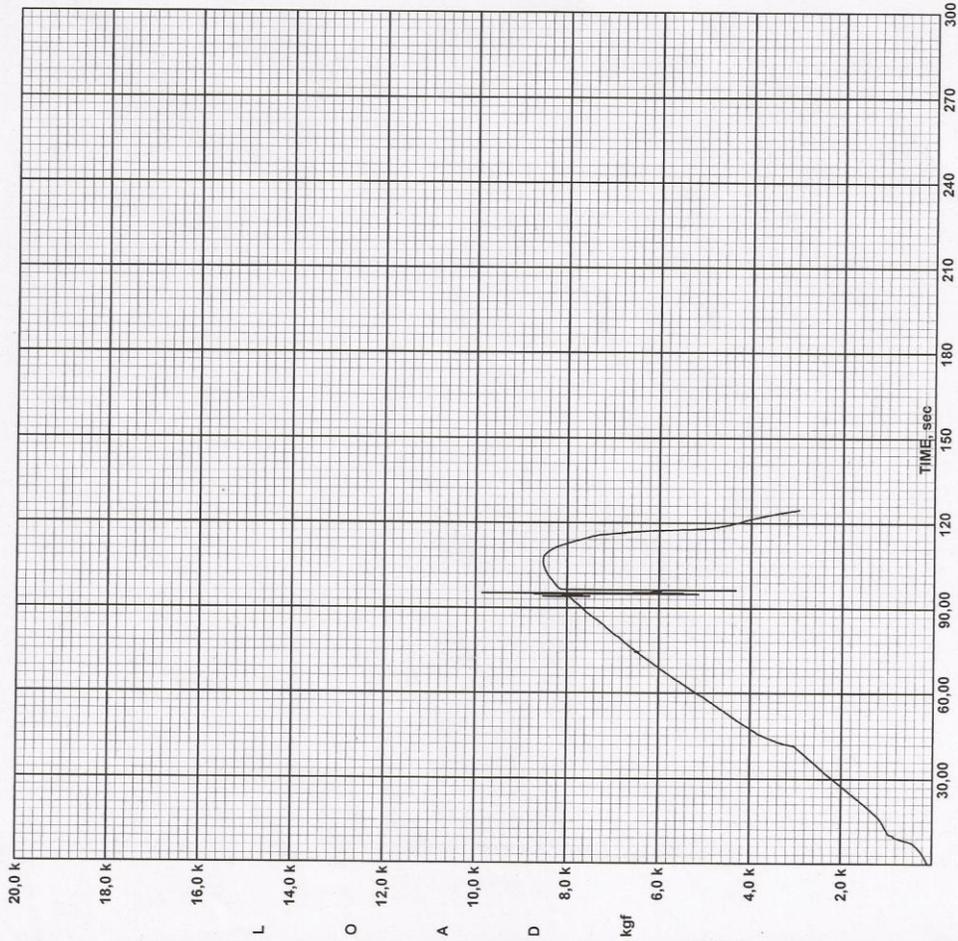
Specimen Break
jun 20, 2012 1:58:13 PM



Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo tesis
Proyecto: Análisis Adherencia
Descripción: Prisma Comp. simple
Material: Mortero suelo/cemento
Operador: JG
Load Range: 20000 kgf
Stress Range: 300 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: junio 20, 2012

Sample Number: C56D-3B
Max, kgf: 9860
Max, lbf: 21700



Specimen Break
jun 20, 2012 2:03:26 PM



APENDICE 3

Resultados obtenidos de ensayo de flexo compresión de especímenes de ladrillos de suelo cemento en laboratorio de mecánica estructural de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.



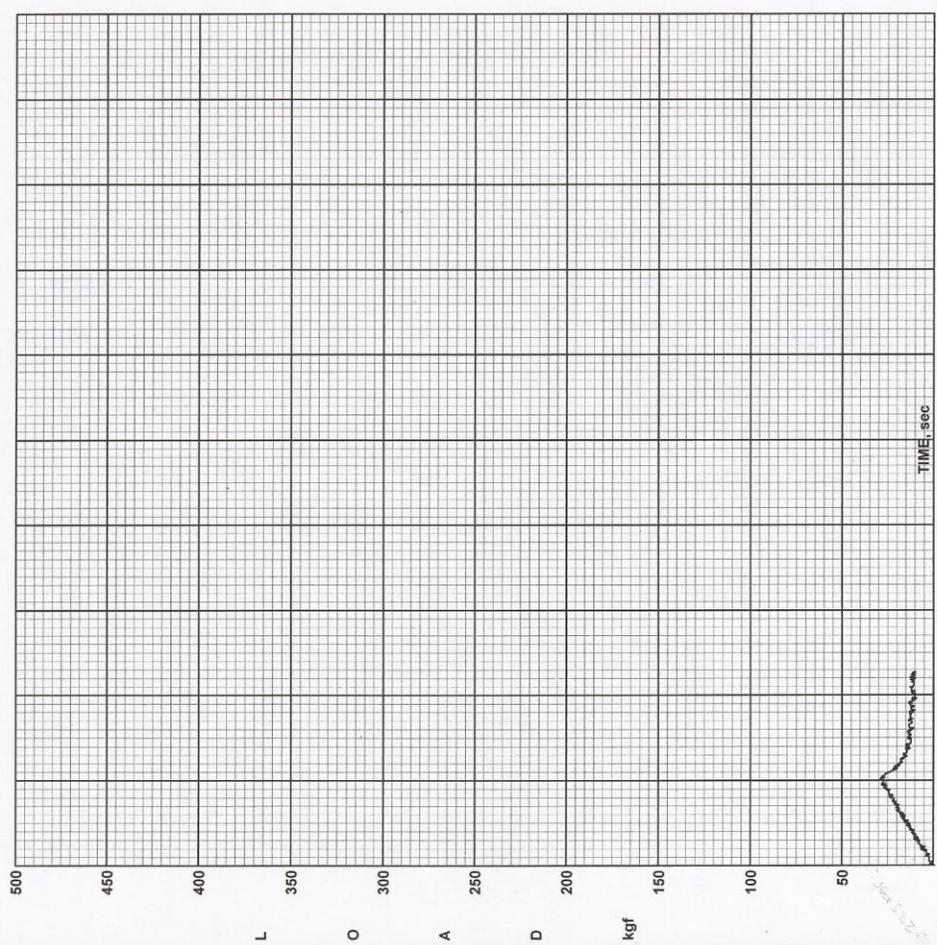
Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0

Interesado: Trabajo tesis
Proyecto: Analisis adherencia
Descripción: Mortero/suelo-cemento
Material: Flexo compresión
Operador: JG

Load Range: 500 kgf
Stress Range: 250 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: mayo 11, 2012

Sample Number: FC16D-1A
Max. kgf: 29.5
Max. lbf: 65



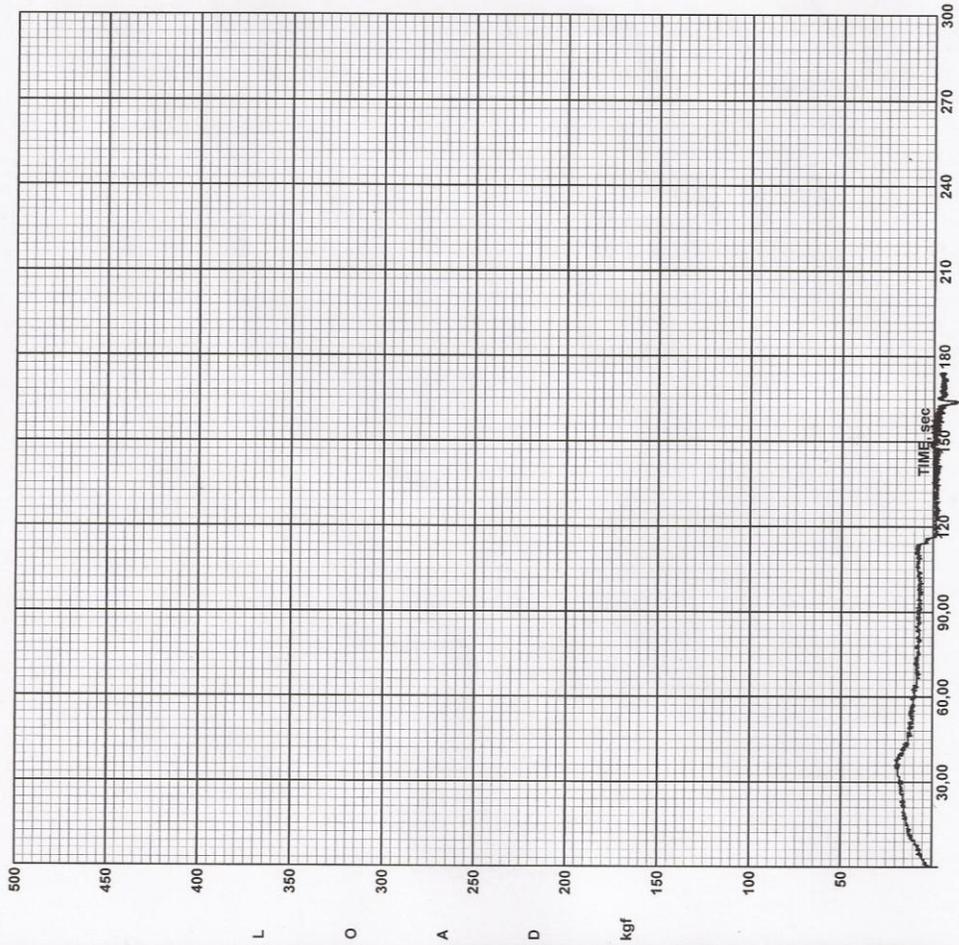
Specimen Break
may 11, 2012 11:23:41 AM



Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo tesis
Proyecto: Análisis adherencia
Descripción: Mortero/suelo-cemento
Material: Flexo compresión
Operador: JG
Load Range: 500 kgf
Stress Range: 250 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: mayo 11, 2012

Sample Number: FC16D-2A
Max. kgf: 20.6
Max. lbf: 45.4



Test Interrupted
may 11, 2012 11:37:39 AM



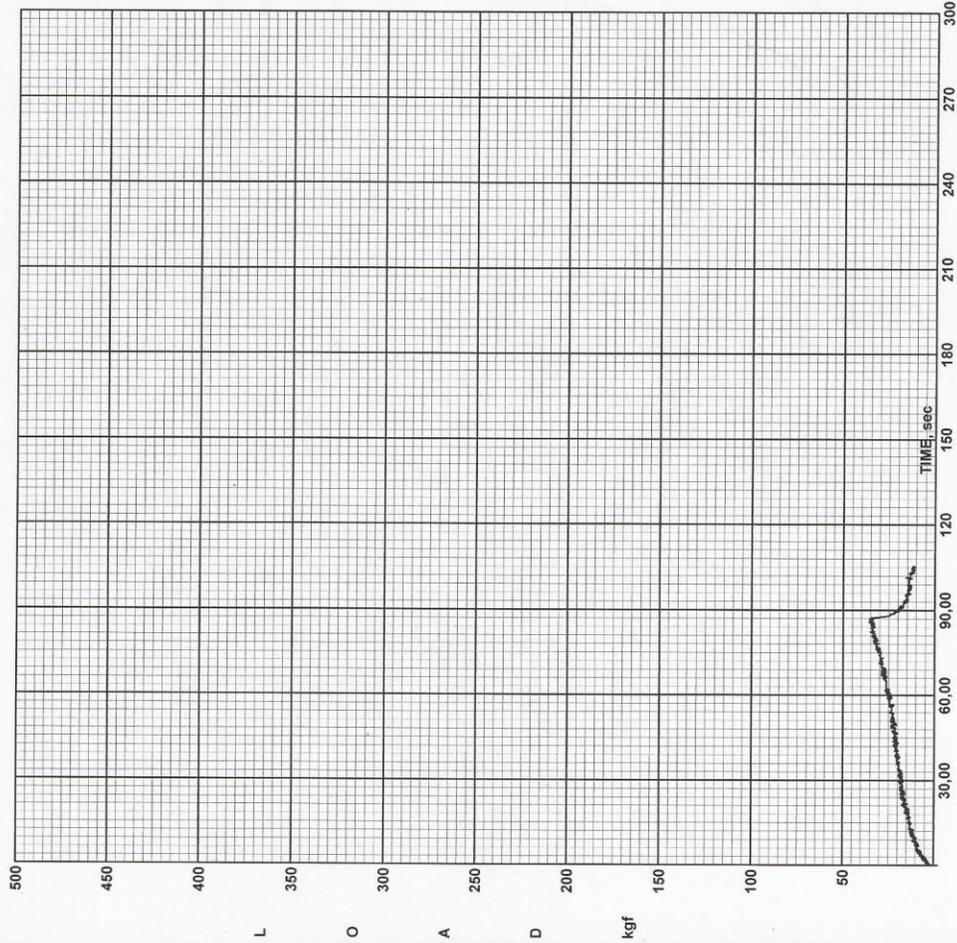
Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0

Interesado: Trabajo tesis
Proyecto: Analisis adherencia
Descripción: Mortero/suelo-cemento
Material: Flexo compresión
Operador: JG

Load Range: 500 kgf
Stress Range: 250 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: mayo 11, 2012

Sample Number: FC16D-3A
Max, kgf: 35.8
Max, lbf: 78.8



Specimen Break
may 11, 2012 11:47:59 AM

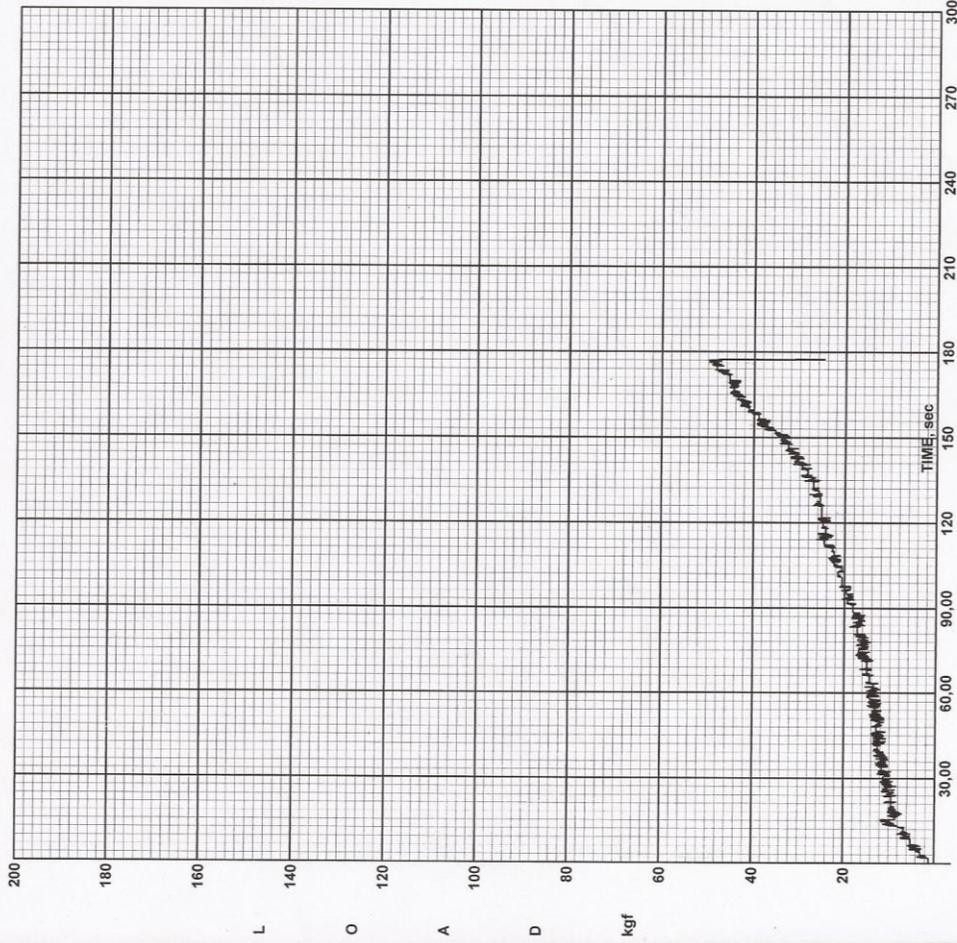


Universidad Centroamericana
Jose Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo de graduación
Proyecto: Tesis
Descripción: Adherencia FC
Material: Prisma ladrillo suelo/cem
Operador: JG
Load Range: 200 kgf
Stress Range: 300 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: mayo 24, 2012

Sample Number: FC28D-1A
Max, kgf: 50
Max, lbf: 110.1

Specimen Break
may 24, 2012 10:50:41 AM

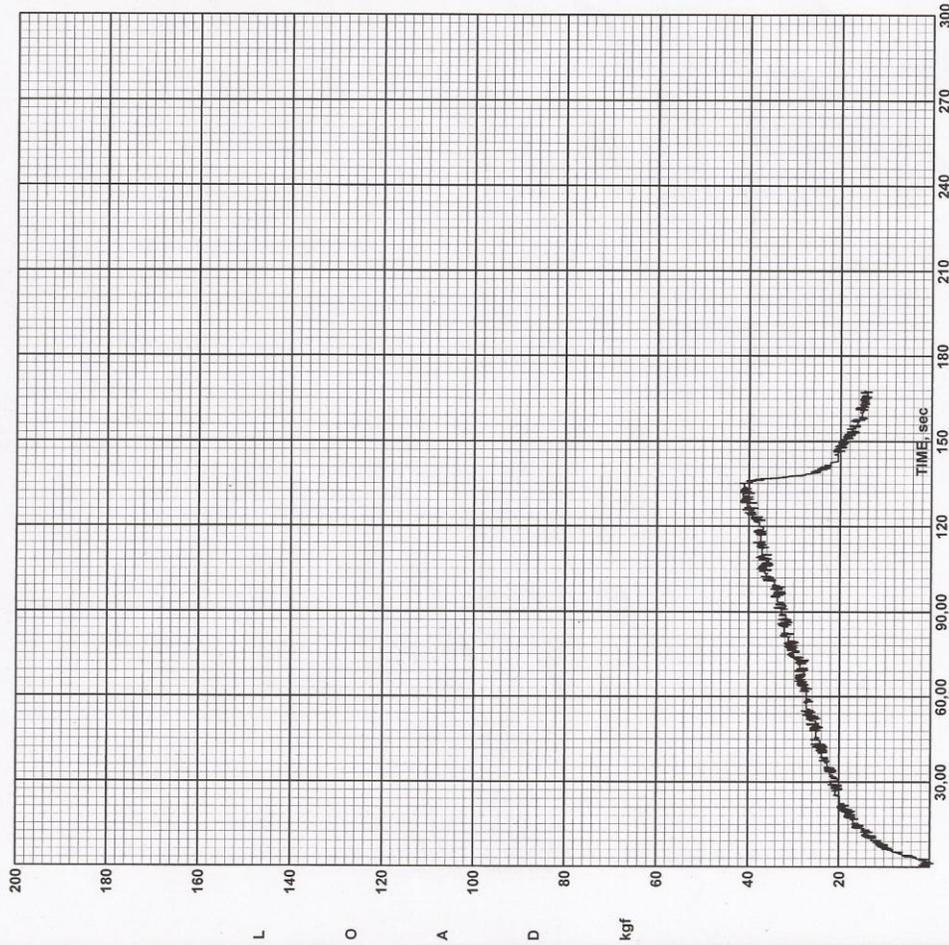




Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo de graduación
Proyecto: Tesis
Descripción: Adherencia FC
Material: Prisma ladrillo suelo/cem
Operador: JG
Load Range: 200 kgf
Stress Range: 300 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: mayo 24, 2012

Sample Number: FC28D-2A
Max. kgf: 42
Max. lbf: 92.6



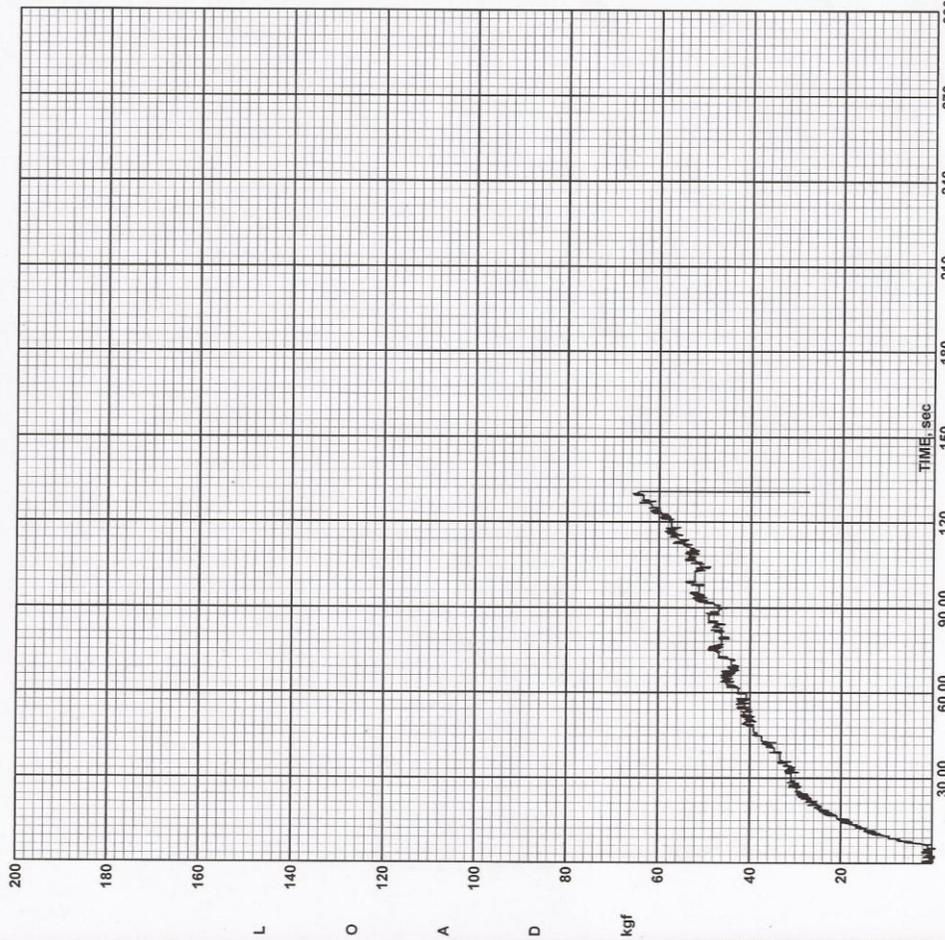
Test Interrupted
may 24, 2012 11:06:50 AM



Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo de graduación
Proyecto: Tesis
Descripción: Adherencia FC
Material: Prisma ladrillo suelo/cem
Operador: JG
Load Range: 200 kgf
Stress Range: 300 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: mayo 24, 2012

Sample Number: FC28D-3A
Max, kgf: 65.7
Max, lbf: 144.9



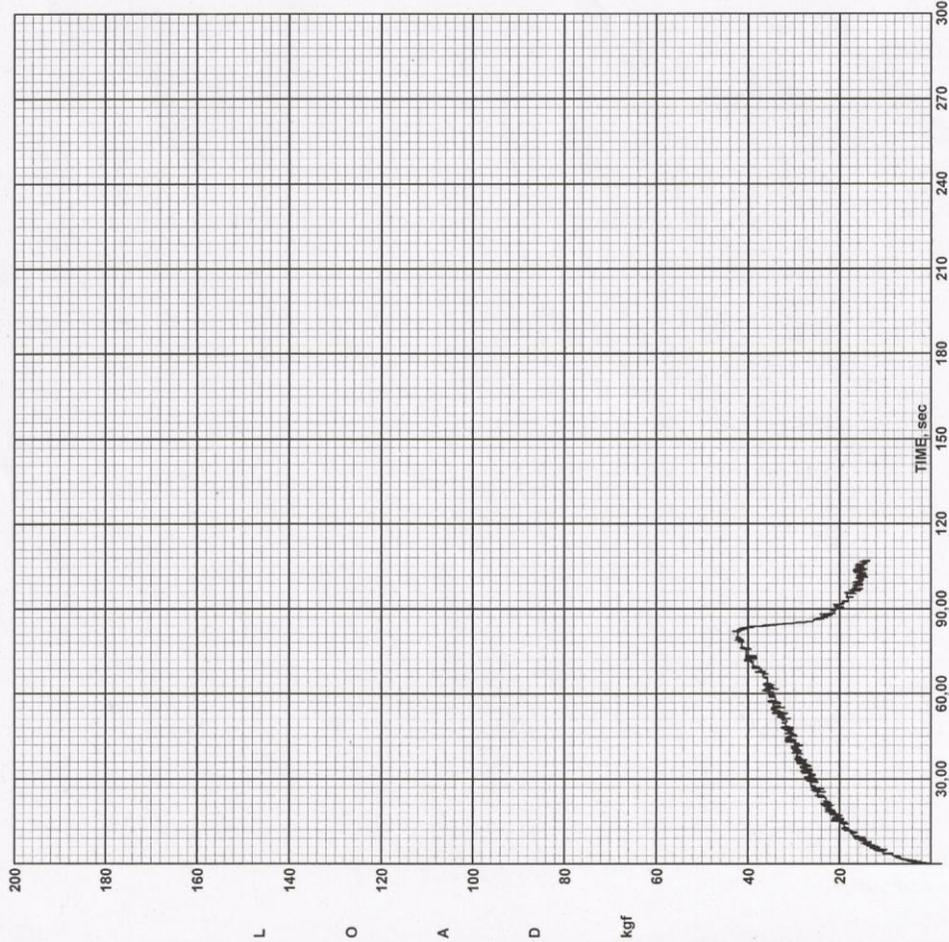
Specimen Break
may 24, 2012 11:20:36 AM



Universidad Centroamericana
Jose Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo graduación
Proyecto: Tesis
Descripción: Adherencia FC
Material: Prisma ladrillo suelo/cem
Operador: JG
Load Range: 200 kgf
Stress Range: 300 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: junio 20, 2012

Sample Number: FC56D-1A
Max, kgf: 43.4
Max, lbf: 95.7



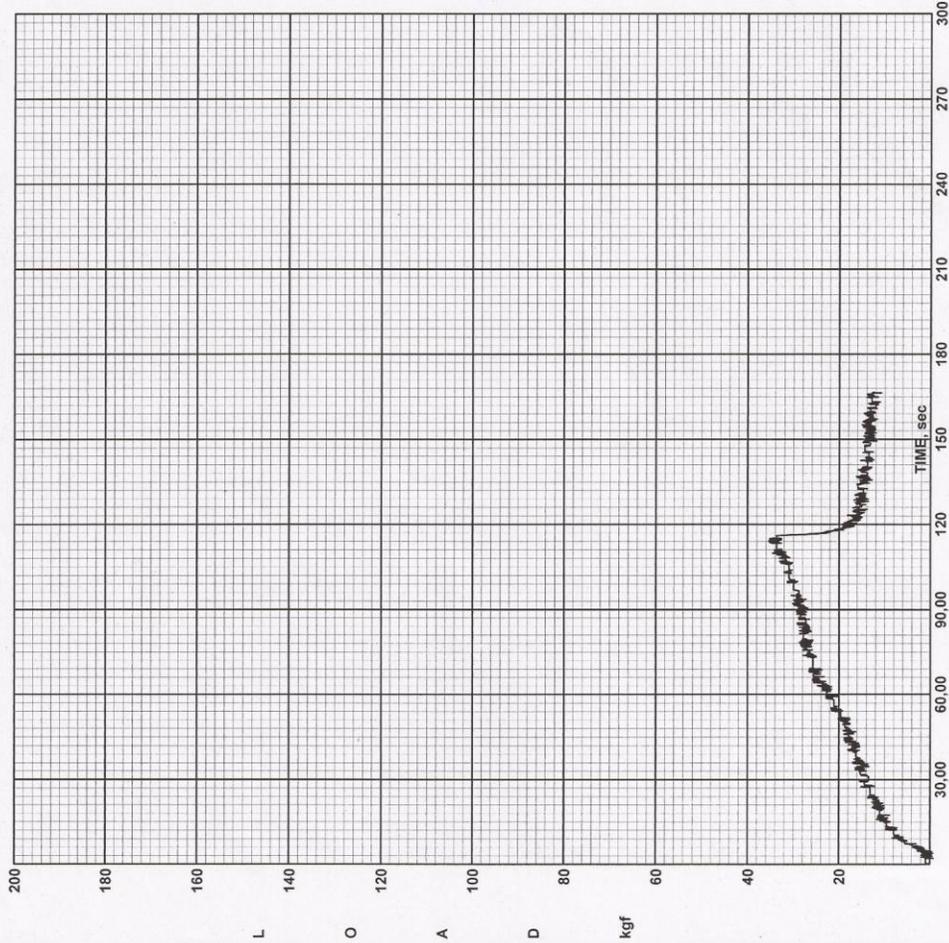
Specimen Break
jun 20, 2012 11:57:56 AM



Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo graduación
Proyecto: Tesis
Descripción: Adherencia FC
Material: Prisma ladrillo suelo/cem
Operador: JG
Load Range: 200 kgf
Stress Range: 300 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: Junio 20, 2012

Sample Number: FC56D-2A
Max, kgf: 35.5
Max, lbf: 78.3



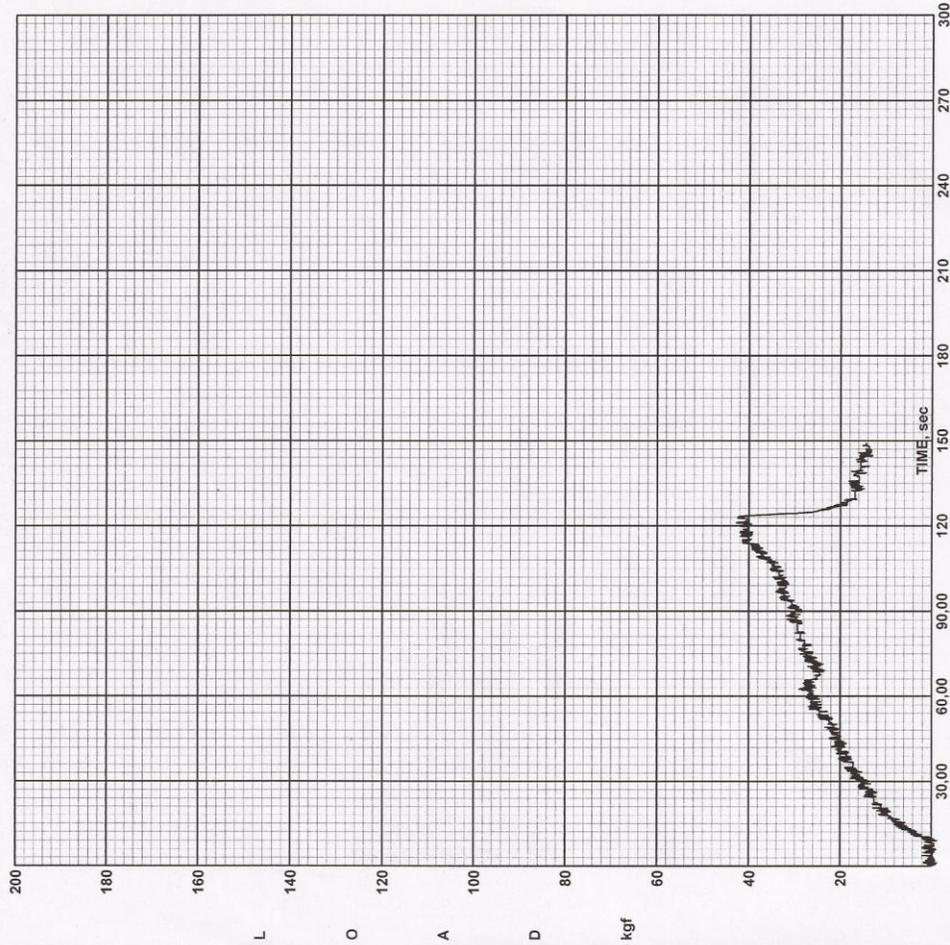
Test Interrupted
Jun 20, 2012 12:12:22 PM



Universidad Centroamericana
José Simeón Cañas
Depto de Mecánica Estructural

Comp/Shear Test
Program #199,577-R0
Interesado: Trabajo graduación
Proyecto: Tesis
Descripción: Adherencia FC
Material: Prisma ladrillo suelo/cem
Operador: JG
Load Range: 200 kgf
Stress Range: 300 kg/cm²
X-Axis Ranges: 300 sec
Test Set: Comp Shr
Print Date: junio 20, 2012

Sample Number: FC56D-3A
Max, kgf: 42.8
Max, lbf: 94.5



Test Interrupted
jun 20, 2012 12:23:07 PM