

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN

TEMA:

**"ANÁLISIS DE ADHERENCIA EN MORTEROS PARA REPELLO
EN MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE CONCRETO"**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

**AVELAR DURÁN, EDWIN ALFREDO
BINUEZA, FRANCISCO JOSÉ
SOLANO CRISTALES, BERTA MARÍA**

DOCENTE DIRECTOR:

ING. JORGE WILLIAM ORTIZ SÁNCHEZ

SEPTIEMBRE DE 2010

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. Y MSC. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

VICE-RECTOR ACADÉMICO:

ARQ. Y MÁSTER MIGUEL ÁNGEL PÉREZ RAMOS

VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO:

LICDO. Y MÁSTER OSCAR NOÉ NAVARRETE

SECRETARIO GENERAL:

LICDO. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FISCAL GENERAL:

DR. RENÉ MADECADEL PERLA JIMÉNEZ

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DECANO:

LICDO. JORGE MAURICIO RIVERA

VICE-DECANO:

LICDO. Y MÁSTER ELADIO EFRAÍN ZACARÍAS ORTEZ

SECRETARIO DE FACULTAD:

LICDO. VÍCTOR HUGO MERINO QUEZADA

JEFE DE DEPARTAMENTO:

ING. RAÚL ERNESTO MARTÍNEZ BERMÚDEZ

DOCENTE DIRECTOR:

ING. JORGE WILLIAM ORTIZ SÁNCHEZ

TRABAJO DE GRADO APROBADO POR:

DOCENTE DIRECTOR:

ING. JORGE WILLIAM ORTIZ SÁNCHEZ

AGRADECIMIENTOS GENERALES.

A todas las personas que desinteresadamente nos ayudaron a culminar este Trabajo de Grado, suministrándonos sus conocimientos y alta sabiduría que a lo largo de su experiencia laboral han adquirido.

A la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente, a través del Departamento de Ingeniería y Arquitectura por aprobar desde el inicio el tema de la investigación. Además de todos aquellos docentes, que compartieron los conocimientos necesarios para obtener nuestro grado académico.

Al Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC) por su apoyo logístico, bibliográfico y técnico para la realización de dicho proyecto. En especial al Ing. Rafael Alejandro González Magaña e Ing. Jaime Omar Avalos Mendoza, así como también al personal técnico del laboratorio del CI-ISCYC.

AGRADECIMIENTOS.

A Diosito y a Nuestra Señora de Belén por rodearme de personas maravillosas que han estado conmigo siempre y en el momento preciso, así como también, por permitirme lograr uno de mis máximos sueños llenándome siempre de fortaleza y confianza para lograrlo.

A mis padres, por darme su apoyo, brindarme siempre ayuda oportuna e incondicionalmente, y sobre todo, por amarme y ser uno de las principales razones para seguir adelante.

A mis hermanos y a mis abuelitos, por ser una de las tantas bendiciones que Dios me ha regalado, mostrándome siempre su valioso apoyo, sabiendo que para ellos, mi logro es de entera satisfacción.

A mis compañeros de trabajo de grado, por ser unos excelentes compañeros, pero sobre todo amigos, que facilitaron el desarrollo de nuestro proyecto de graduación.

A mis amigos y compañeros de la carrera, por haber sido un gran apoyo durante los años de estudio, siendo una muestra clara de la perseverancia y el deseo de ser profesionales.

A mis Asesores de Trabajo de Graduación, por guiarnos y compartir sus conocimientos a fin de llevar a cabo este trabajo de investigación.

BERTA MARÍA SOLANO CRISTALES.

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS todo poderoso, que siempre nos guía en un mundo cambiante e imprevisto, como también nos brinda sabiduría, salud y fortaleza para culminar una meta más en nuestra vida.

A mis padres y mi hermana, que siempre estuvieron a mi lado apoyándome en mis decisiones, confiando en todo momento en lo que debo cumplir. Gracias por regalarme sus conocimientos y todo lo que siempre he necesitado.

A toda mi familia (Mis abuelos, abuelas, tías, tíos, primas y primos), a todos muchas gracias por ayudarme a culminar con éxito este trabajo de grado.

A mis amigos y compañeros de Trabajo de Grado, Berta María y Binueza, les agradezco por ayudarme a finalizarlo con *éxito*; también a mis demás amigas y amigos, compañeros y conocidos, que en su debido momento convivimos y disfrutamos un momento de la vida, sean estos buenos o malos. Gracias a todos por su ayuda desinteresada.

Dedico este Trabajo de Grado, primeramente a DIOS por su eterno amor, y a mis *Padres* por regalarme este privilegio de alcanzar el título de Ingeniero Civil, les agradezco profundamente por ser parte de este logro y que DIOS nos bendiga.

EDWIN ALFREDO AVELAR DURÁN.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios Todopoderoso, por permitirme saber diferenciar entre lo bueno de lo malo, darme sabiduría y fortaleza para estudiar Ingeniería Civil, y la paciencia necesaria para terminar esta investigación.

A mi Familia, especialmente a mi madre Nuria Suleyma y mi abuela Rosa de los Milagros, quienes me han brindado su invaluable apoyo durante este largo camino, que ha culminado con este logro tan importante.

A mis amigos y compañeros de la carrera, mártires de ingeniería, solo alguien que estudie esta especialidad sabría valorar lo difícil que es terminar y no perderse en el intento, y por todos los años en los que compartimos tristezas y alegrías, que se convertirán en recuerdos para la posteridad.

A mis asesores de Trabajo de Grado, Ingenieros Jorge William Ortiz y Jaime Avalos, quienes nos guiaron durante el desarrollo de esta investigación, con toda la disposición y buena voluntad que este proceso requería.

A mis catedráticos, que durante todos estos años me han brindado todos sus conocimientos, que aunque no siempre he estado de acuerdo con sus métodos, tengo la certeza de que son estas experiencias las que forjan nuestro carácter.

A mis compañeros de Trabajo de Grado, Edwin y Berta María, que me han soportado durante estos últimos meses, y con los que hemos tenido una y mil aventuras para llevar a cabo esta investigación, no hubiera sido lo mismo sin ustedes, gracias por todo.

FRANCISCO JOSÉ BINUEZA.

ÍNDICE GENERAL.

CONTENIDO.	PÁGINA.
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xviii
RESUMEN EJECUTIVO	xix
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	21
1.1 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	22
1.1.1 ANTECEDENTES.....	22
1.1.1.1 GENERALIDADES DEL ISCYC.....	22
1.1.1.2 CENTRO DE INVESTIGACIONES DEL ISCYC.....	23
1.1.1.3 REFERENCIA CONCEPTUAL.....	24
1.1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	27
1.1.3 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	27
1.1.4 HIPÓTESIS.....	28
1.2 OBJETIVOS.....	29
1.2.1 GENERAL.....	29
1.2.2 ESPECÍFICOS.....	29
1.3 ALCANCES.....	29
1.4 LIMITACIONES.....	30
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	31
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	33
2.1 INTRODUCCIÓN.....	34
2.2 MORTERO.....	35
2.2.1 CONCEPTO.....	35
2.2.2 PROPIEDADES.....	35

2.2.3 COMPONENTES.....	38
2.2.4 CLASIFICACIÓN.....	40
2.3 BLOQUE DE CONCRETO.....	42
2.3.1 CONCEPTO.....	42
2.3.2 FABRICACIÓN.....	43
2.3.3 CARACTERÍSTICAS.....	43
2.3.4 CLASIFICACIÓN.....	45
2.3.5 MAMPOSTERÍA.....	47
2.3.5.1 PROCESO CONSTRUCTIVO.....	47
2.4 MORTERO PARA REPELLO.....	52
2.4.1 CONCEPTO.....	52
2.4.2 CARACTERÍSTICAS.....	53
2.4.3 TIPOS DE REPELLO.....	53
2.4.4 DOSIFICACIONES.....	56
2.4.5 PROCESOS CONSTRUCTIVOS.....	59
2.4.6 CAUSAS Y TIPOS DE DETERIORO.....	61
2.5 REGLAMENTOS Y NORMAS APLICABLES.....	66
2.5.1 NORMAS DE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.....	67
2.5.2 NORMA TÉCNICA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURAL DE MAMPOSTERÍA.....	68
2.5.3 NORMA TÉCNICA PARA CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES ESTRUCTURALES.....	69
CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES.....	70
3.1 INTRODUCCIÓN.....	71
3.2 BLOQUES DE CONCRETO.....	71
3.2.1 ABSORCIÓN (ASTM C-140).....	72
3.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C-140).....	74
3.3 AGREGADO FINO.....	75

3.3.1	GRANULOMETRÍA Y MODULO DE FINURA (ASTM C-136).	76
3.3.2	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (ASTM C-128).	78
3.4	AGUA.	81
3.5	CEMENTO.	81
3.5.1	GRAVEDAD ESPECÍFICA (ASTM C-188).	82
3.5.2	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CEMENTO ASTM C-91 TIPO “M” (ASTM C-109).	85
3.6	MORTERO EN ESTADO PLÁSTICO Y ENDURECIDO.	89
3.6.1	FLUIDEZ (ASTM C-1437 Y ASTM C-109).	90
3.6.2	TIEMPO DE FRAGUADO (ASTM C-403).	92
3.6.3	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO CON PROPORCIÓN 1:3 (ASTM C-109).	96
	CAPÍTULO IV: PAREDES DE PRUEBA.	99
4.1	INTRODUCCIÓN.	100
4.2	DESCRIPCIÓN DE PAREDES DE PRUEBA.	100
4.2.1	DIMENSIONAMIENTO.	101
4.2.2	MATERIALES CONSTRUCTIVOS.	101
4.3	ESPECIFICACIÓN DE MANO DE OBRA.	102
4.4	PROCESO CONSTRUCTIVO.	102
4.4.1	PAREDES REFORZADAS DE BLOQUE DE CONCRETO.	102
4.4.2	REPELLO Y AFINADO.	103
4.4.3	ADOBADO.	104
4.4.4	CONDICIONES DE COLOCACIÓN DE LOS REPELLOS.	105
4.5	PRUEBAS DE CAMPO.	106
4.5.1	TIEMPO DE FRAGUADO (ASTM C-403).	106
4.5.2	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C-109).	111
4.5.3	ADHERENCIA O PULL OFF (ASTM D-4541).	112
	CAPÍTULO V: PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.	117
5.1	INTRODUCCIÓN.	118

5.2	EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MORTERO.....	118
5.2.1	CEMENTO.....	119
5.2.2	ARENA.....	119
5.3	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO.....	120
5.3.1	COMPARACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO, ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD POR TIPO DE BLOQUE.....	120
5.3.2	COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR TIPO DE BLOQUE.	122
5.4	COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO Y CAMPO, DEL MORTERO CON PROPORCIÓN 1:3.	123
5.4.1	TIEMPO DE FRAGUADO.....	123
5.4.2	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	125
5.5	EVALUACIÓN DE LA ADHERENCIA O PULL OFF DE LOS RECUBRIMIENTOS POR TIPO DE MANO DE OBRA.....	126
5.5.1	ADHERENCIA O PULL OFF PARA REPELLO.	127
5.5.2	ADHERENCIA O PULL OFF EN ADOBADO.....	131
	CONCLUSIONES	136
	RECOMENDACIONES	138
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	139
	GLOSARIO	141
	ANEXOS	146

ÍNDICE DE TABLAS.

CONTENIDO.	PÁGINA.
Tabla 1: Características de los Materiales Empleados.....	25
Tabla 2: Parámetros Medioambientales.....	25
Tabla 3: Granulometría de Arena Natural, ASTM C-897.....	40
Tabla 4: Dimensiones del Bloque de Concreto.....	45
Tabla 5: Requisitos de Resistencia y Absorción, ASTM C-90.....	45
Tabla 6: Proporciones para Morteros para la Capa Base.....	57
Tabla 7: Proporciones para Morteros para la Capa de Afinado.....	58
Tabla 8: Proporciones de Mortero para Repello.....	58
Tabla 9: Resultados de Prueba de Absorción en Bloques de Concreto, ASTM C-140.....	73
Tabla 10: Resultados de Prueba de Resistencia a la Compresión en Bloques de Concreto, ASTM C-140.....	75
Tabla 11: Análisis Granulométrico para Arena del Río Jiboa, ASTM C-136.....	78
Tabla 12: Gravedad Específica y Absorción de Arena de Río Jiboa, ASTM C-128.....	81
Tabla 13: Cálculo de Gravedad Especifica del Keroseno.....	84
Tabla 14: Medición de Gravedad Específica del Cemento, ASTM C-188.....	84
Tabla 15: Medición de Fluidéz del Cemento ASTM C-91 Tipo “M”, ASTM C-109.....	87
Tabla 16: Esfuerzo de Compresión de Cubos de Cemento ASTM C-91 Tipo “M”, ASTM C-109.....	89

Tabla 17: Medición de Fluidéz para Mortero con Proporción 1:3, ASTM C-109	92
Tabla 18: Tiempo de Fraguado por Resistencia a la Penetración, ASTM C-403	94
Tabla 19: Esfuerzo de Compresión de Cubos de Mortero con Proporción 1:3, ASTM C-109	98
Tabla 20: Tiempo de Fraguado por Resistencia a la Penetración, Mano de Obra “A”, ASTM C-403	107
Tabla 21: Tiempo de Fraguado por Resistencia a la Penetración, Mano de Obra “B”, ASTM C-403	109
Tabla 22: Tiempo de Fraguado por Resistencia a la Penetración, Mano de Obra “C”, ASTM C-403	110
Tabla 23: Esfuerzo de Compresión de Cubos de Mortero con Proporción 1:3, Mano De Obra “A”, ASTM C-109.....	111
Tabla 24: Esfuerzo de Compresión de Cubos de Mortero con Proporción 1:3, Mano de Obra “B”, ASTM C-109.....	112
Tabla 25: Esfuerzo de Compresión de Cubos de Mortero con Proporción 1:3, Mano de Obra “C”, ASTM C-109	112
Tabla 26: Esfuerzo de Adherencia para Repellos Hechos por Mano de Obra “A”, ASTM D-4541	115
Tabla 27: Esfuerzo de Adherencia para Repellos Hechos por Mano de Obra “B”, ASTM D-4541	115
Tabla 28: Esfuerzo de Adherencia para Repellos Hechos por Mano de Obra “C”, ASTM D-4541	116
Tabla 29: Comparación de Resultados de Prueba de Resistencia a la Compresión con Requisitos de ASTM C-91.....	119

Tabla 30: Comparación de Propiedades de Bloques de Concreto con Requisitos de Norma ASTM C-90.....	121
Tabla 31: Comparación de Resistencia a la Compresión de Bloques de Concreto con Requisitos de Norma ASTM C-90.....	122
Tabla 32: Comparación de Tiempos de Fraguado	124
Tabla 33: Comparación de Resistencia a la Compresión del Mortero con Proporción 1:3 Elaborados en Campo y Laboratorio	125
Tabla 34: Esfuerzo Promedio de Adherencia en Repello sobre Pared Hecha con Bloque Comercial.....	127
Tabla 35: Esfuerzo Promedio de Adherencia en Repello sobre Pared hecha con Bloque Bajo Norma.....	129
Tabla 36: Adherencia Máxima de Repello por Tipo de Bloque.....	130
Tabla 37: Esfuerzo Promedio de Adherencia en Adobado sobre Pared hecha con Bloque Comercial.....	131
Tabla 38: Esfuerzo Promedio de Adherencia en Adobado sobre Pared Hecha con Bloque Bajo Norma	133
Tabla 39: Adherencia Máxima de Adobado por Tipo de Bloque	134

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

CONTENIDO.	PÁGINA.
Ilustración 1: Repello Rugoso.	54
Ilustración 2: Repello Liso.	54
Ilustración 3: Hormigoneado.	55
Ilustración 4: Afinado o Pulido.	55
Ilustración 5: Adobado.	56
Ilustración 6: Manchas por Humedad.	64
Ilustración 7: Grietas y Fisuras.	65
Ilustración 8: Desprendimiento en Repello.	66
Ilustración 9: Eflorescencias.	66
Ilustración 10: Bloques de Concreto Bajo Norma y Comercial.	72
Ilustración 11: Bloques de Concreto Dentro de Tanque con Agua.	73
Ilustración 12: Bloque de Concreto Sometido a Compresión.	74
Ilustración 13: Arena Proveniente del Río Jiboa Secada al Horno.	76
Ilustración 14: Juego de Tamices.	77
Ilustración 15: Arena del Río Jiboa Secada al Sol.	79
Ilustración 16: Prueba del Cono.	80
Ilustración 17: Picnómetro.	80
Ilustración 18: Muestras de Cemento dentro de frasco Le Chatelier.	83
Ilustración 19: Mesa de Flujo.	87
Ilustración 20: Apisonado del Mortero para Especímenes.	88
Ilustración 21: Cubos de Mortero Sometidos a Carga de Compresión.	89

Ilustración 22: Mesa de Flujo.	91
Ilustración 23: Molde con Muestra para Prueba de Tiempo de Fraguado.....	93
Ilustración 24: Equipo para la Penetración del Espécimen.	94
Ilustración 25: Molde para Cubos.	97
Ilustración 26: Cubo Sometido a Carga de Compresión.	98
Ilustración 27: Equipo de Prueba para Realizar Tiempo de Fraguado.....	107
Ilustración 28: Equipo Para Perforar las Paredes de Ensayo.	113
Ilustración 29: Equipo de Medición de la Adherencia.	114

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

CONTENIDO.	PÁGINA.
Gráfico 1: Esfuerzo de Penetración vrs Tiempo, Laboratorio	95
Gráfico 2: Esfuerzo de Penetración vrs Tiempo, Mano de Obra “A”	108
Gráfico 3: Esfuerzo de Penetración vrs Tiempo, Mano de Obra “B”	109
Gráfico 4: Esfuerzo de Penetración vrs Tiempo, Mano de Obra “C”	110
Gráfico 5: Comparación de Peso Volumétrico y Absorción de Bloques de Concreto	121
Gráfico 6: Esfuerzo de Penetración vrs Tiempo	123
Gráfico 7: Resistencia a la Compresión del Mortero con Proporción 1:3.....	126
Gráfico 8: Adherencia en Repello sobre Pared hecha con Bloque Comercial	128
Gráfico 9: Adherencia en Repello sobre Pared hecha con Bloque Bajo Norma	129
Gráfico 10: Comparación de Adherencia Máxima en Repello por Tipo de Bloque.....	130
Gráfico 11: Adherencia en Adobado sobre Pared hecha con Bloque Comercial	132
Gráfico 12: Adherencia en Adobado sobre Pared hecha con Bloque Bajo Norma	133
Gráfico 13: Comparación de Adherencia Máxima en Adobado por Tipo de Bloque.....	134

RESUMEN EJECUTIVO.

El mortero, en la mayor parte de sus aplicaciones constructivas, debe actuar como elemento de unión resistente y de recubrimiento de los distintos componentes de la obra; así como también, disminuye la infiltración y brinda una apariencia estética uniforme.

Específicamente el mortero para repello es bastante utilizado dentro de la construcción de edificaciones, donde generalmente se emplea sobre mampostería de bloques de concreto.

Aunque existen investigaciones acerca de los morteros de recubrimiento hay un escaso conocimiento sobre las propiedades del mismo y las implicaciones que su uso conlleva, aunado a esto, no se encuentran normados los criterios mínimos para los valores de dichas propiedades, tales como resistencia, cohesión y especialmente adherencia; con el propósito de contribuir a la difusión de dichas características y de las condiciones que afectan la elaboración y colocación del mortero para repello en el ámbito de la construcción, se desarrolló la investigación “Análisis de Adherencia en Morteros para Repello en Mampostería de Bloque de Concreto”.

La base para llevar a cabo este Trabajo de Grado, se aborda en el Capítulo I: *Generalidades*, en el cual se presenta un resumen del anteproyecto elaborado previamente como punto de partida de esta investigación.

Luego, en el Capítulo II: *Fundamentos Teóricos*, se detalla los conocimientos básicos que el lector necesita poseer para la correcta interpretación de los conceptos y procedimientos desarrollados a lo largo de este documento.

Posteriormente en el Capítulo III: *Caracterización de Materiales*, tal como su nombre lo indica, se detalla el material, equipo y procedimiento de los ensayos realizados a los insumos más importantes para la investigación, tales como bloque de concreto, agregado fino, cemento de albañilería y el mortero.

En el Capítulo IV: *Paredes de Prueba*, se presenta la parte más importante del estudio, debido a que son la base para la colocación de los recubrimientos, se describen en esta sección los procedimientos constructivos y las manos de obra utilizadas, además de los ensayos realizados en campo, tomando mayor importancia, la Prueba de Adherencia o Pull Off.

Con los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio y campo, en el Capítulo V: *Procesamiento y Análisis de Resultados*, se llevó a cabo la interpretación de los mismos, partiendo de la evaluación de los componentes del mortero, la comparación entre los tipos de bloque de concreto, los ensayos realizados al mortero tanto en campo como en laboratorio, finalizando con los resultados de la Prueba de Adherencia o Pull Off tomando en cuenta la influencia de los factores ambientales que intervinieron durante los procesos constructivos.

Con toda la información anteriormente descrita se corroboran las metas trazadas inicialmente para el desarrollo de esta investigación.



**“ANÁLISIS DE ADHERENCIA EN MORTEROS PARA
REPELLO EN MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE
CONCRETO”**

**CAPÍTULO I:
GENERALIDADES.**

1.1 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

Dentro de los procesos constructivos, el mortero debe actuar como elemento de unión resistente y de recubrimiento de los componentes de la obra que lo requieran; así como también, disminuir la infiltración.

Considerando específicamente el mortero para repello, deberá cumplirse con propiedades determinadas, tales como resistencia, consistencia y adherencia, con el propósito de satisfacer el comportamiento esperado en el momento de su aplicación y durante el funcionamiento de dichas capas de repello en el transcurso de su vida útil; siendo la adherencia, la propiedad más importante, ya que de ella depende la estabilidad del mismo.

1.1.1 ANTECEDENTES.

Desde su fundación en 1,994, el Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto conocido por sus siglas “ISCYC”, ha efectuado un intenso trabajo institucional, logrando a través de diversas actividades, obtener reconocimientos tanto a nivel nacional como internacional en sus diferentes campos de acción.

1.1.1.1 GENERALIDADES DEL ISCYC.

El ISCYC nació como El Centro Salvadoreño de Información del Cemento y del Concreto, conocido con las siglas “CESICC”, el 22 de junio de 1,984 por iniciativa de Cemento de El Salvador, con la finalidad principal de divulgar los conocimientos y avances tecnológicos relacionados con el cemento y el concreto, funcionando por 10 años en el edificio “La Fuente”.

Después de 10 años, el 17 de noviembre de 1,994, apoyándose en el Centro Salvadoreño de Información del Cemento y del Concreto, nace el Instituto

Salvadoreño del Cemento y del Concreto, efectuando la presentación pública y la firma del acta de constitución del ISCYC, como una fundación de utilidad pública, apolítica, no lucrativa y sin fines religiosos, cuyo principal objetivo es el de promover técnicamente el adecuado uso del cemento y del concreto, el cual está orientado a la investigación, enseñanza y aplicaciones del mismo.

1.1.1.2 CENTRO DE INVESTIGACIONES DEL ISCYC.

El Centro de Investigaciones del ISCYC, conocido por las siglas “CI-ISCYC”, abrió sus puertas en julio de 2,003, para ofrecer un Laboratorio dedicado a la investigación y desarrollo en la tecnología del cemento y del concreto.

El trabajo que realiza el CI-ISCYC se divide en cuatro grandes áreas:

- A. Investigación y Desarrollo, donde se realizan las pruebas, ensayos y experimentación.
- B. Revisión de Normas y Especificaciones, relacionadas con la industria de la construcción.
- C. Capacitación, donde se colabora en el desarrollo de cursos, seminarios y actualización para todos aquellos vinculados con la construcción en concreto.
- D. Asesoría Técnica, apoyado con un Centro de Información para todos aquellos interesados en conocer documentos actualizados sobre la tecnología del concreto, sus aplicaciones y avances más recientes.

Actualmente, el Centro de Investigaciones realiza las siguientes labores:

- A. Asesoría Técnica.
- B. Investigación de Agregados para Concretos: Pruebas no Destructivas.
- C. Investigaciones referentes a Cemento, Concreto y Morteros: Agregados, Concreto fresco y Concreto endurecido.

1.1.1.3 REFERENCIA CONCEPTUAL.

Con el propósito de llevar a cabo la investigación “Análisis de Adherencia en Morteros para Repello en Mampostería de Bloque de Concreto”, se presenta a continuación una breve reseña sobre un estudio previamente realizado en el ISCYC, que fue documentado en la *Revista ISCYC. N° 53, Año 14*, el cual inició en febrero de 2,009.

1.1.1.3.1 MORTEROS PARA REPELLO: Técnicas de Aplicación y Medición de La Adherencia.

La investigación en mención, tiene las premisas de estudio enfocadas a conocer el comportamiento del mortero para repello en sus estados fresco y endurecido; así como también, el determinar los factores influyentes en la durabilidad del mismo.

A. PROCESO DE ESTUDIO: Para el desarrollo de este estudio de adherencia del mortero para repello, se parte de la evaluación del desempeño de la mezcla de mortero, en la que se consideran como variables los cementos ASTM C-91 y ASTM C-1157 tipo “GU”.

La investigación fue desarrollada en dos etapas, de las cuales, la primera fue la construcción de un modelo experimental de campo que permitiera realizar las pruebas establecidas, para luego, en una segunda instancia, llevar a cabo los ensayos.

B. CONDICIONES DE EVALUACIÓN: Las paredes de bloque de concreto construidas tenían una orientación norte y oriente, de las cuales, en las caras exteriores se aplicó un espesor de repello de 10 mm, y en las caras interiores una capa con espesor de 5 mm; los repellos de los modelos experimentales con orientación norte, fueron fabricados con Cemento Portland ASTM C-1157 tipo “GU” y para las paredes ubicadas hacia el oriente, se usó Cemento Portland ASTM C-91.

En lo referente al bloque, siempre para la evaluación de los recubrimientos, se establecieron tres condiciones: Bloque saturado, húmedo y seco, para el último caso, se consideró como seco al poseer la humedad en su estado natural.

C. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

TABLA 1: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS			
MATERIAL	ENSAYO	NORMATIVA	RESULTADO
ARENA NATURAL	Granulometría	ASTM C-136	Cumple ASTM C-897
	Módulo de finura	ASTM C-136	2.534
	Gravedad específica	ASTM C-128	2.50
	Absorción	ASTM C-128	4.44%
CEMENTO	Gravedad específica	ASTM C-188	2.885 (ASTM C-1157)
	Gravedad específica	ASTM C-188	2.873 (ASTM C-91)
BLOQUE	Absorción	ASTM C-140	208 kg/m ³
AGUA	-----	-----	Potable

FUENTE: REVISTA ISCYC Nº 53, AÑO 14, PÁG. 20

D. REALIZACIÓN DE PRUEBAS AL MORTERO PARA REPELLO: Una vez colocado el repello sobre las paredes, se procedió a la toma de muestras de mortero en su estado plástico, chequeando los parámetros ambientales influyentes, durante un período de 28 días.

❖ *Parámetros Medioambientales Influyentes:* A partir de las mediciones en el período antes mencionado, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 2: PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES			
Temperatura	<i>Máxima: 33.5° C</i>	<i>Mínima: 23.0° C</i>	Promedio: 27.6° C
Humedad Relativa	<i>Máxima: 78.0%</i>	<i>Mínima: 60.0%</i>	Promedio: 69.3%

FUENTE: REVISTA ISCYC Nº 53, AÑO 14, PÁG. 20

- ❖ *Medición de La Adherencia:* La medición de la adherencia del mortero se realizó a los 28 días de edad, justo después de realizado el afinado, aplicando el Método Estándar para la Determinación de la Adherencia entre Capas (Pull Off) ASTM D-4541. Este método cubre el procedimiento de evaluación de adherencia entre capas sobre bases rígidas tales como metal, concreto o madera.

E. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN: A partir de la comparación del desempeño de los morteros para repello mediante la variación de los tipos de cemento; se concluyó que el Cemento Portland de mampostería ASTM C-91 proporciona un mejor desempeño, tanto en los estados plástico y endurecido, el cual proporciona a su vez, una reacción superior frente a los cambios volumétricos producidos al emplear mortero para repello. Por otra parte, en las paredes donde se empleó el repello a base de Cemento Portland ASTM C-1157 tipo “GU”, la adhesión presentó problemas tanto en los estados plástico y endurecido.

Con la variación de espesores, demostraron tener un mejor desempeño, en términos de adherencia y estabilidad volumétrica, las capas de repello de 5 mm, presentando resultados mayores en la condición de superficie seca; puesto que de acuerdo a la investigación, las condiciones de humedad de las superficies cercanas a la saturación generan problemas en los estados plástico y endurecido.

Sosteniendo lo anterior, se obtuvo que los valores más altos de adherencia fueron obtenidos cuando se empleó Cemento Portland de Mampostería ASTM C-91, dando los valores de resistencia de 10.50 y 9.83 kg/cm² para los espesores de 5 y 10 mm respectivamente; en tanto para los repellos a base de Cemento Portland ASTM C-1157 tipo “GU”, se obtuvieron valores inferiores, es decir, 4.62 y 3.15 kg/cm², para espesores de 5 y 10 mm respectivamente.

1.1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los morteros para repello son muy utilizados dentro de la construcción de edificaciones, que en la actualidad son usualmente realizados sobre mampostería de bloque de concreto y otros. Pero por lo general se cometen errores al utilizarlos, al no darle la debida importancia en su elaboración y colocación, y en el caso más común esta acción es delegada al albañil, quien la lleva a cabo de forma empírica, sin ningún control establecido, generando desperdicio de material y por ende un aumento sustancial en los costos.

A pesar de que existen investigaciones acerca de los Morteros para Repello y más aún sobre la mampostería como sistema constructivo, existe un escaso conocimiento sobre las propiedades de dicho mortero y las implicaciones que su uso conlleva, aunado a esto, no se encuentran establecidos los valores mínimos de resistencia, cohesión y especialmente adherencia, en ninguna norma nacional e internacional.

Con base en lo anteriormente descrito, la investigación referente al “Análisis de Adherencia en Morteros para Repello en Mampostería de Bloque de Concreto”, contribuirá a ampliar y dar a conocer los resultados acerca de este estudio.

1.1.3 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.

A iniciativa del ISCYC se promueve la documentación de una serie de ensayos al mortero para repello, con el fin de conocer el desempeño de estos, ante diversas condiciones de fabricación y colocación.

Para desarrollar la investigación es necesario someter a análisis todos los componentes o materiales a utilizar, tales como Bloque de Concreto, Arena del Río Jiboa, el Cemento de Mampostería ASTM C-91 tipo “M” y el Mortero para Repello. La etapa subsecuente consiste en la construcción de seis paredes de ensayo con dimensiones de 1.6 m x 1.0 m, de las cuales, las primeras tres

hechas con bloques de concreto bajo norma y las otras tres con bloques comerciales o artesanales, siendo éstas construidas por un obrero capacitado del ISCYC.

El mortero para repello es uno de los elementos más importantes de la investigación, se llevará a cabo una serie de pruebas para caracterizarlo, en estado fresco y endurecido, las cuales se realizarán en las instalaciones del CI-ISCYC y en el Plantel de HOLCIM, y deberán cumplir con los estándares requeridos por la American Society for Testing and Materials (ASTM) o Sociedad Americana para Pruebas y Materiales en español, y Portland Cement Association (PCA) o Asociación del Cemento Portland en español.

Por lo previamente expuesto, el Grupo Formador del Trabajo de Grado propone el empleo de tres manos de obra diferentes, destinadas únicamente para la realización del repello de las paredes; una que cumpla con las características ideales de laboratorio y las dos restantes, que representen la mano de obra tradicionalmente utilizada en el ámbito de la construcción.

Con todo lo anteriormente mencionado se obtendrán los insumos necesarios para llevar a cabo la investigación denominada “Análisis de Adherencia en Morteros para Repello en Mampostería de Bloque de Concreto”.

1.1.4 HIPÓTESIS.

Con la limitada información que se tiene para realizar la investigación “Análisis de Adherencia en Morteros para Repello en Mampostería de Bloque de Concreto”, se formula lo siguiente:

- A. La adherencia será el aspecto más importante para evaluar la eficiencia del mortero para repello en estado endurecido.
- B. El uso de espesores mínimos conllevará a un mejor desempeño de la capa de repello y a un ahorro económico sustancial.

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 GENERAL.

- ❖ Analizar experimentalmente las propiedades físicas y mecánicas de los morteros para repello del sistema de mampostería de bloque de concreto, utilizado en la construcción en El Salvador.

1.2.2 ESPECÍFICOS.

- ❖ Evaluar bajo condiciones de laboratorio los elementos que conforman las paredes de ensayo, tales como arena y mortero para repello.
- ❖ Evaluar el comportamiento de los repellos, por medio de la variación de la mano de obra en la elaboración y colocación de la mezcla de mortero.
- ❖ Observar el comportamiento en un período de 60 días, del desempeño de las muestras de repello ensayadas en campo.
- ❖ Determinar la mejor combinación de condiciones de fabricación y colocación del mortero para repello, por medio de la recopilación de los resultados de las pruebas realizadas.

1.3 ALCANCES.

Con la propuesta del “Análisis de Adherencia en Morteros para Repello en Mampostería de Bloque de Concreto” se pretende caracterizar las condiciones de fabricación y colocación de las mezclas para repello de paredes, teniendo lo siguiente:

- A. Analizar granulométricamente arena procedente del Río Jiboa, para conocer la incidencia que tiene la composición de ella, en el comportamiento del mortero para repello, tanto en estado fresco como endurecido.

- B. Construir seis paredes que servirán como modelos de prueba para llevar a cabo los ensayos requeridos, las cuales serán hechas con mampostería de bloque de concreto de diez centímetros de espesor, utilizando unidades del tipo comercial de una fábrica Semi-artesanal y los fabricados bajo norma de la empresa Saltex S.A. de C.V.
- C. Evaluar el desempeño de diversos espesores para las capas de repello, utilizando más de un tipo de mano de obra para su construcción y verificando a su vez, el efecto que ésta tiene en los mismos.
- D. Determinar la adherencia entre las capas de repello y la superficie de la pared, a través de pruebas realizadas a los 7, 28, y 60 días de edad.
- E. Recopilar los resultados de las pruebas al mortero para repello a realizar sobre las distintas superficies, para determinar la mejor combinación de condiciones.

1.4 LIMITACIONES.

Actualmente la información sobre adherencia en morteros para repello es mínima por lo que el estudio “Análisis de Adherencia en Morteros para Repello en Mampostería de Bloque de Concreto”, conlleva a las siguientes restricciones:

- A. Pocos estudios realizados en El Salvador sobre el desempeño de los morteros para repello tradicionalmente usados en el ámbito de la construcción.
- B. Debido a la disponibilidad del equipo para la medición de la adherencia o Pull Off en esta investigación, únicamente se realizarán dos pruebas de adherencia por espesor de repello, a cada edad de ensayo.
- C. Las paredes de ensayo se construirán con los materiales proporcionados por el ISCYC, y únicamente a éstos se les realizarán las pruebas

correspondientes, dejando cualquier otro insumo para futuras investigaciones.

- D. Considerando el corto tiempo establecido para realizar la investigación, la cantidad de pruebas a realizar será la mínima necesaria, que garantice la confiabilidad de los resultados.
- E. La investigación a desarrollar no busca la formulación de un manual o guía metodológica para la elaboración y colocación del mortero para repello.
- F. El mortero para pegado de bloque, el concreto a utilizar en el llenado de celdas y para la fundación, así como sus respectivos refuerzos, no serán sometidos a pruebas de laboratorio; pues en la investigación no se incluye el estudio del comportamiento de la pared.

1.5 JUSTIFICACIÓN.

La mampostería de bloque de concreto, es el sistema constructivo más utilizado en El Salvador para diversas edificaciones, debido al fácil acceso a los materiales que lo constituyen y a la amplia difusión que los derivados del cemento tienen en la actualidad.

La aceptación de este tipo de sistema constructivo, se complementa con el uso de mortero para repello, el cual consta de capas delgadas de una mezcla de materiales pétreos y cementantes, que son colocadas sobre el bloque que conforma muros o paredes; dicha capa de mortero, provee protección contra la lluvia, el calor y la luz solar, aportando además un mejor aspecto estético.

Uno de los inconvenientes más significativos en el empleo del mortero para repello, es la inexistencia de una normativa nacional o internacional que establezcan las propiedades mínimas que debe poseer dicho material; así como también, el limitado acceso a estudios respecto al comportamiento del mismo,

especialmente de la adherencia, que es una de sus más importantes propiedades, ya que de ella depende la estabilidad del repello.

El Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, constantemente realiza procesos de investigación para promover un mejor y más eficiente uso del cemento y sus productos derivados, con el objetivo de brindar estándares de calidad para la industria de la construcción. Por lo cual mediante el aprovechamiento del equipo medidor de adherencia con que cuenta el ISCYC, se plantea la construcción de una serie de paredes de ensayo, que permitan evaluar diversos espesores y condiciones de elaboración y colocación del repello, cuyos resultados puedan ser utilizados como base para futuras investigaciones que sean accesibles al constructor en general.

Por todo lo anteriormente mencionado, se justifica la investigación denominada: “Análisis de Adherencia en Morteros para Repello en Mampostería de Bloque de Concreto”.



**“ANÁLISIS DE ADHERENCIA EN MORTEROS PARA
REPELLO EN MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE
CONCRETO”**

**CAPÍTULO II:
FUNDAMENTOS
TEÓRICOS.**

2.1 INTRODUCCIÓN.

Los fundamentos teóricos para la investigación denominada “Análisis de Adherencia en Morteros para Repello en Mampostería de Bloque de Concreto”, abarcan en su desarrollo, la temática desde lo referente al mortero en sus aspectos generales, partiendo del concepto de mortero como tal; para luego proseguir con la descripción de sus componentes y la clasificación que el mismo posee.

Seguido de esto, se describe otro de los elementos importantes en la investigación, es decir el bloque de concreto, área donde se desarrollan también aspectos como su definición, características que determinan los requerimientos de calidad de los mismos, su proceso de fabricación y clasificaciones, para terminar describiendo el sistema de mampostería conformado por bloques de concreto, enfocado en los procesos constructivos que son más ampliamente utilizados en El Salvador.

Abordado lo referente a Mortero y Bloque de Concreto, se detalla de lleno el tema de mortero para repello, definiéndolo concretamente mediante la descripción de sus características y tipos comúnmente empleados y conocidos en el ámbito de la construcción nacional; así como también, se presentan las dosificaciones de los mismos para las capas base y de afinado, ambos tomados de la Portland Cement Association (PCA), acompañado de las dosificaciones de morteros de acuerdo al uso, que son las más empleadas en El Salvador, también, se presentan los procesos constructivos para la elaboración de los mismos, abordando además las causas y tipos de deterioro de las que pueden ser sujetos los repellos durante su desempeño.

De acuerdo al carácter investigativo de la temática a abordar, es necesario hacer hincapié en la normativa que estandariza los ensayos a realizar en los elementos, por lo que se aborda lo referente a la Normativa aplicable, mencionando algunos de los ensayos con sus respectivas asignaciones.

2.2 MORTERO.

Los morteros forman parte de los materiales de construcción que se han venido utilizando desde la más remota antigüedad, habiendo seguido la evolución de los conocimientos empíricos y, sobre todo, de los científicos y técnicos a lo largo del tiempo, tanto en lo que se refiere a sus componentes como a la tecnología de su fabricación y puesta en obra. Dentro de una pared de mampostería, el mortero forma solamente entre el 10% y 20% del volumen total de material que conforma la misma, sin embargo, su efecto en el comportamiento en dicha mampostería, es mucho mayor que lo que indica este porcentaje. Estéticamente, el mortero puede añadir un colorido adicional o un acabado muy particular a las paredes; y funcionalmente, liga las unidades de mampostería y sirve de sello para impedir la penetración de aire y agua.

2.2.1 CONCEPTO.

MORTERO: Es un conglomerado o mezcla compuesta de agregado fino, materiales cementantes y agua, (*Barahona Garrido, Rubén.1, 999*). Dentro de los materiales cementantes más utilizados se pueden mencionar el Cemento Hidráulico y el Cemento de Albañilería, que pueden ser parte del mortero en diferentes proporciones para conformar una mezcla capaz de unir o recubrir unidades de mampostería, tales como bloque de concreto, ladrillo de barro y piedra natural.

2.2.2 PROPIEDADES.

El mortero debe poseer ciertas propiedades, tanto en el estado plástico como en el endurecido (*Gallegos H. 1,999*), para ser totalmente satisfactorio durante la aplicación y en el servicio. Las propiedades plásticas determinan la adaptabilidad de un mortero en la construcción; mientras que las propiedades

del mortero endurecido ayudan a determinar el comportamiento de la mampostería terminada, como a continuación se enlistan:

A. MORTERO PLÁSTICO: La mezcla de mortero en estado plástico es un material fresco, fácil de trabajar, puede aplicarse a mano o con máquina para conformarse a cualquier forma. A continuación se muestran algunas propiedades:

- i) *Trabajabilidad*: Cualidad que lo hace adoptar cualquier forma, de manera que se deslice de la cuchara; pero que no se desprende de las juntas. La trabajabilidad tiene que ver con la consistencia, retención de agua, tiempo de fraguado, adhesión, peso, penetración, entre otras. Además esta propiedad se mide en laboratorio mediante la prueba de fluidez, revenimiento y penetrabilidad.
- ii) *Retención de Agua*: Característica que representa la medida de la habilidad de un mortero de conservar el agua de mezcla, bajo condiciones de succión y evaporación. Esta propiedad del mortero provee al albañil tiempo para ajustar las unidades de mampostería sin que el mortero alcance su fraguado.
- iii) *Tiempo de Fraguado*: Propiedad físico-química, por medio de la cual el cementante se endurece en una mezcla con otros agregados. Durante este período el mortero se mantiene en estado plástico, permitiendo la manejabilidad óptima del mismo.
- iv) *Fluidez*: Esta propiedad define la trabajabilidad del mortero y la consistencia adecuada se consigue en obra, mediante la adición de cierta cantidad de agua que varía en función de la granulometría y cantidad de finos de la arena, y el empleo de aditivos.
- v) *Peso Volumétrico*: Se denomina peso volumétrico del mortero, al peso que alcanza una mezcla en un determinado volumen unitario. Este valor

es requerido para convertir cantidades en volumen y viceversa, cuando la mezcla se maneja en volumen.

vi) *Cohesión*: La capacidad del mortero para mantenerse junto o adherirse a sí mismo, también es desarrollada por la pasta de cemento. Durante la aplicación del mortero gobierna su capacidad de permanecer fijo en el lugar.

B. MORTERO ENDURECIDO: El mortero en estado endurecido es un material conveniente: Duro, fuerte, resistente al fuego, a la corrosión y a los hongos, que pueden retener el color y es durable bajo ciclos climáticos húmedos y secos. A continuación se enlistan algunas de las propiedades del mortero en estado endurecido:

i) *Adherencia*: Es considerada la propiedad más importante del mortero, pues mantiene los bloques unidos entre sí, como también al mortero para repello con la pared, siendo además la más impredecible.

ii) *Cambio Volumétrico*: Estos cambios pueden ser provocados por cambios de temperatura (Expansión y contracción de la mampostería) o por cambios diferenciales en los materiales.

iii) *Resistencia a La Compresión*: La capacidad del mortero para soportar su propio peso muerto más la carga de servicio y las cargas por viento, es una propiedad física de interés. Depende en gran parte del tiempo y del material cementante, aumenta con el cemento y disminuye con el incremento del aire atrapado.

iv) *Durabilidad*: Se puede decir que es la habilidad para soportar las condiciones a lo largo del tiempo. La idoneidad de los morteros de albañilería para utilizarlos en un ambiente determinado es fundamental, ya que deben ser suficientemente duraderos para resistir las condiciones de exposición local, así como las climáticas.

- v) *Resistencia a la Tensión*: La resistencia a la tensión o flexión, es la capacidad del mortero para soportar esfuerzos de tensión, ya sea que estos se desarrollen interna o externamente. El buen curado aumenta la resistencia a la tensión y la capacidad para soportar el agrietamiento en recubrimientos hechos con mortero.

2.2.3 COMPONENTES.

El constructor experto sabe cuán importante es la selección y uso apropiado de los materiales para el rendimiento funcional del mortero, por lo que, es necesario que estos sean los apropiados para producir los resultados deseados; todos los materiales usados en el mortero deben satisfacer los requerimientos del producto, establecidos en las especificaciones. Los principales componentes (*Portland Cement Association. 1, 992*) utilizados en las mezclas de mortero se enumeran a continuación:

A. CEMENTO: Los materiales denominados como cementantes, tienen como función servir de aglutinante y dar la resistencia esperada a la mezcla. A continuación se muestran los más utilizados:

- i) *Cementos Hidráulicos para Uso General*: Consisten en una mezcla homogénea de clinker, yeso y otros componentes minerales, producidos por la molienda conjunta o separada de dichos materiales, que como su nombre lo indica, son los utilizados para llevar a cabo la gran mayoría de obras estructurales, los más usuales son los cementos que cumplen con la norma ASTM C-150 o la norma ASTM C-1157.

Al momento de ser utilizado en la mezcla de mortero, los cementos hidráulicos contribuyen a su resistencia y durabilidad; pero que no provee la trabajabilidad y elasticidad que necesita la mezcla para su elaboración y colocación, presentando además, problemas cuando la mezcla

endurece, por lo cual se recomienda su uso combinado con cal hidratada, para proveer dichas características a la mezcla de mortero.

- ii) *Cemento Hidráulico de Albañilería*: Es el que se emplea para elaborar morteros de cemento, el cual consiste en una mezcla de cemento hidráulico o tipo Portland y un material que le otorga plasticidad (Como caliza, yeso y cal hidráulica o hidratada) junto a otros materiales introducidos para aumentar una o más propiedades, tales como el tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad, que son determinantes en el uso del mortero en la mampostería, y dicho tipo de cemento cumple con la norma ASTM C-91.

B. AGREGADO (Arena): La cantidad y el tipo del agregado usado, afectan grandemente la calidad y rendimiento funcional del mortero, tanto para repello como para pega. El agregado debe ser bien graduado y limpio, libre de impurezas orgánicas, tierra negra, arcilla y materia vegetal. Estas materias extrañas pueden interferir con el fraguado y endurecimiento (Ganancia de resistencia) de la pasta de cemento y su adhesión a las partículas agregadas.

La arena llena prácticamente la mayor parte del volumen de mezcla, mientras que la pasta de cemento llena todos los espacios vacíos entre las partículas de arena; por lo cual es primordial obtener una arena limpia, adecuada, con la granulometría apropiada de las partículas.

Para producir mortero con estándares de calidad para la capa base, en el caso del repello, el agregado debe cumplir con los requisitos químicos y físicos de ASTM C-897 de los agregados para mezclas de trabajo para repello a base de Cemento Portland; además, la granulometría recomendada de la arena que será usada en los recubrimientos de Cemento Portland para la capa base, deben ser como se da en la siguiente tabla:

TABLA 3: GRANULOMETRÍA DE ARENA NATURAL, ASTM C-897		
PORCENTAJE DEL MATERIAL RETENIDO (Por Peso)		
MALLA	ARENA NATURAL	
	Máxima	Mínima
Nº 4 (4.75 mm)	0	0
Nº 8 (2.36 mm)	10	0
Nº 16 (1.18 mm)	40	10
Nº 30 (600 µm)	65	30
Nº 50 (300 µm)	90	70
Nº 100 (150 µm)	100	95
Nº 200 (75 µm)	100	97

FUENTE: NORMA ASTM C-897

C. AGUA: El agua para la mezcla debe ser limpia y apropiada para beber, también debe estar libre de cantidades dañinas de cualquier sustancia mineral u orgánica que afectaría el fraguado o decoloraría el repello. Si ésta se encuentra sucia o con apariencia dudosa debe ser probada. Los morteros de prueba de laboratorio se hacen con agua de dudosa calidad para comparación con morteros similares hechos con agua pura, destilada, para observar el efecto de la pureza del agua a la hora del fraguado (ASTM C-191) y el desarrollo de la resistencia (ASTM C-109).

2.2.4 CLASIFICACIÓN.

Los morteros se usan en la edificación en una gran variedad de aplicaciones, requiriendo cada una de ellas de niveles específicos de comportamiento, por lo cual, a partir de dichos requerimientos, existen diversas clasificaciones de los morteros que engloban los usos generales en la construcción. Las clasificaciones más usuales (*Gallegos H.1999*) se presentan a continuación:

A. MORTEROS SEGÚN SU CEMENTANTE: En esta sección se identifican los morteros a partir del tipo de aglomerante o material cementante, que es utilizado para su fabricación.

- i) *Morteros Hidráulicos*: Son los obtenidos con cales o cementos hidráulicos, siendo su característica la de poder fraguar en aire y en agua.
 - ii) *Morteros Aéreos*: Son aquellos que por la naturaleza del aglomerante utilizado, que puede ser yeso o cal; tan solo puede fraguar en el aire, y tiene como desventaja que este tipo de mortero no tiene resistencia al agua.
- B. MORTERO SEGÚN SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN: Según su uso en la construcción, existen diversos tipos de mortero, ya que cada actividad constructiva exige el uso de determinados tipos de mezcla.
- i) *Morteros para Pega*: Son aquellos que sirven como asiento de las unidades de mampostería, como también para las juntas de unión de las mismas, a los que con el tiempo les brindará fijeza y estabilidad. También se les denomina morteros para mampostería.
 - ii) *Mortero para Repello*: En nuestro medio se entiende como mortero para repello a aquel cuya finalidad principal es la de uniformar las irregularidades de la superficie vista de la mampostería, o más específicamente, las uniones de los bloques o unidades colocadas, los repellos pueden ser utilizados en interiores o exteriores.

Los morteros para repellos deben ser por lo general capaces de deformarse, para poder evitar en lo posible las fisuras, mientras que a la altura de los zócalos deben poseer cierta resistencia al desgaste.
 - iii) *Mortero para Afinado*: Es el utilizado sobre la capa de azote o directamente sobre la mampostería, que sirve para regularizar dicha superficie y puede utilizarse para colocar encima pintura u otro acabado, aunque también puede emplearse como acabado final en la pared. Esta capa tiene como propósito, cubrir las juntas de construcción, para

aumentar la adherencia del material empleado, unificar la superficie obtenida y ofrecer un mejor acabado de obra.

- iv) *Mortero para Pisos*: Debe poseer una buena resistencia al desgaste y a la compresión, por lo tanto deberá usarse una dosificación rica en pasta.

C. **MORTEROS SEGÚN SU FABRICACIÓN**: Estos dependen de la forma en la que han sido fabricados, dependiendo de los requerimientos que tienen las obras en la que dichos morteros serán utilizados.

- i) *Mortero Industrial*: Es aquel que ha sido hecho en una fábrica y comercializado como seco en polvo o húmedo el cual está listo para usarse.
- ii) *Mortero Semi-terminado*: Es el que ha sido elaborado en una fábrica, pre-dosificado o premezclado de cal o cemento y arena.

2.3 BLOQUE DE CONCRETO.

El bloque de concreto es utilizado ampliamente en la construcción, desde viviendas de interés social a edificaciones comerciales e industriales. Suelen ser piezas que favorecen la unión de las mismas, se presentan con variedad de texturas: Rayadas, porosas, picadas, estriadas, entre otras.

2.3.1 CONCEPTO.

BLOQUES DE CONCRETO: Son elementos modulares pre-moldeados diseñados para la albañilería confinada y armada (*Morante Portocarrero, Álvaro Artidoro. 2,008*), además son en general más pesados y menos aislantes que los ladrillos de barro, a su vez, permiten levantar paredes con mayor rapidez y lograr una gran variedad de formas, tamaños y texturas con diferentes tipos de diseños, que en algunos conllevan a la reducción del costo del repello.

2.3.2 FABRICACIÓN.

La fabricación de los bloques de concreto (*San Bartolomé A. 1,998*) se realiza para diferentes dimensiones y formas adaptadas a los distintos usos, pueden ser elementos macizos o perforados. La composición clásica de este bloque responde a una mezcla de arena, cemento y agua, que es vertida sobre moldes metálicos. Una vez fraguada la pasta, se desmoldan y se almacenan para su distribución y colocación en obras. Los bloques utilizados en muros o paredes, según su colocación, pueden ser portantes cuando trabajan juntamente con varillas de acero ubicadas en el interior de sus cavidades, las cuales son rellenas con hormigón, conformando un todo monolítico de alta capacidad estructural.

2.3.3 CARACTERÍSTICAS.

Los bloques de concreto se caracterizan por tener un tamaño más grande que el tradicional ladrillo de barro. Las principales características (*Renderos Martínez, José Roberto. 2,008*) que determinan la calidad de los bloques de concreto, se presentan a continuación:

A. **ABSORCIÓN:** Es la propiedad del bloque de concreto para absorber agua hasta llegar al punto de saturación, que además representa la densidad del concreto usado en su fabricación.

Dicha característica afecta la calidad del mortero a necesitar, si la unidad de mampostería absorbe agua demasiado rápido, el mortero necesitará mayor retención de agua necesaria para darle tiempo al albañil para que ajuste y coloque la pieza antes que el mortero se endurezca. Asimismo, si el bloque absorbe mucha agua del mortero habrá una menor hidratación del cemento y por lo tanto una inadecuada adherencia de los bloques de concreto con el mortero. Si la unidad es impermeable, habrá un nulo intercambio de

humedad entre el bloque y el mortero dándose una unión de baja resistencia.

La absorción permitida por la Norma ASTM C-90 está relacionada con el peso volumétrico de los bloques secados al horno, siendo mayor la absorción permitida en los bloques de menor peso volumétrico seco, y menor en los bloques de mayor peso volumétrico seco, como se aprecia en la Tabla 5, Requisitos de Resistencia y Absorción, ASTM C-90.

Los bloques con mayor peso volumétrico seco y menor absorción, por tener menos humedad requieren menor tiempo para su secado y en consecuencia experimentan menos contracciones por pérdida de humedad. La humedad de los bloques de concreto puede tener dos causas:

- i) Por no haber fraguado todavía.
- ii) Por haberse mojado posteriormente al fraguado.

Siendo la más grave la primera causa, porque las máximas contracciones se producen durante el fraguado.

- B. CONTENIDO DE HUMEDAD: A diferencia de la absorción, el contenido de humedad no es una propiedad del concreto de la unidad, sino un estado de presencia de humedad dentro de la masa del bloque. El contenido de humedad es fundamental pues debido a que el concreto se expande y se contrae con el aumento o disminución de la humedad, la colocación de unidades muy húmedas conlleva su contracción posterior y la aparición de fisuras.
- C. DIMENSIONAMIENTO: Los bloques tienen forma prismática, con dimensiones normalizadas y uniformes para facilitar la modulación, en lo alto y lo largo de 20 y 40 cm respectivamente; variando únicamente en el ancho, que en nuestro medio puede ser 10, 15 o 20 cm, expresados en detalle en la siguiente tabla:

TABLA 4: DIMENSIONES DEL BLOQUE DE CONCRETO			
Dimensión Nominal (cm)	10x20x40	15x20x40	20x20x40
Dimensión Real (cm)	9.2x19x39	14.2x19x39	19.2x19x39
Nota: Las dimensiones nominales incluyen el espesor modular de la junta, la cual es 1 cm			

FUENTE: PÁG. WEB: WWW.GRUPOSALTEX.COM

D. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: La resistencia a la compresión representa el valor del esfuerzo unitario de carga que pueden soportar los bloques de concreto, dato que se determina en la tabla de la Norma ASTM C-90, que a continuación se reproduce:

TABLA 5: REQUISITOS DE RESISTENCIA Y ABSORCIÓN, ASTM C-90				
Resistencia Mínima de ruptura a la compresión en psi (MPa)		Máxima absorción de agua lb/pie ³ (kg/m ³) (Promedio de tres unidades)		
Área neta promedio		Peso del concreto secado al horno lb/pie ³ (kg/m ³)		
Promedio de tres unidades	Unidad individual	CLASIFICACIÓN POR PESO		
		Peso Ligero	Peso Medio	Peso Normal
		Menos que 105 (1,680)	Menos que 125 a 105 (2,000 a 1,680)	125 (2,000) o más
1,900 (13.1)	1,700 (11.7)	18 (288)	15 (240)	13 (208)

FUENTE: NORMA ASTM C-90

2.3.4 CLASIFICACIÓN.

Tradicionalmente los bloques de concreto para mampostería reforzada, se clasifican (*Ministerio de Obras Públicas. 1,997*) de la siguiente manera:

A. SEGÚN SU PESO: De acuerdo al peso los bloques se clasifican en:

- i) *De Peso Ligero*: Que van de 1,360 kg/m³ a menos de 1,680 kg/m³.
- ii) *De Peso Medio*: Que van de 1,680 kg/m³ a menos de 2,000 kg/m³.

iii) *De Peso Normal*: de 2,000 kg/m³ o más.

El peso de la clasificación anterior, se entiende como promedio de tres unidades de bloque de concreto secadas al horno. Además la clasificación por peso de los bloques de concreto es importante, porque del peso depende la máxima absorción permitida a los mismos.

B. SEGÚN SU USO: De acuerdo a su uso los bloques de concreto se clasifican en dos grados:

i) *Grado “N”*: Son bloques para uso general en paredes exteriores o interiores, que pueden o no estar sujetas a la intemperie o la humedad, y paredes que se encuentren sobre la rasante o bajo ella.

ii) *Grado “S”*: Son bloques cuyo uso está limitado a paredes exteriores protegidas contra la humedad y sobre la rasante, o paredes no expuestas a la humedad.

La clasificación por grado de los bloques de concreto es importante, porque la resistencia mínima de ruptura a la compresión y la máxima absorción permitida, que son las características relevantes de la calidad de los bloques de concreto, están reguladas en función de la clasificación por grado de los mismos.

C. SEGÚN SU GRADO DE HUMEDAD: Para cada uno de los grados de bloques por uso, N y S, existen dos tipos de bloques:

i) *Tipo I*: Corresponde a bloques con humedad controlada, N-I y S-I.

ii) *Tipo II*: Corresponde a bloques con humedad no controlada, N-II y D-II.

La importancia de la clasificación por grado de humedad se debe a que la humedad está directamente relacionada con el coeficiente de expansión de los bloques. Por tanto el control de humedad en los bloques de concreto tiene por finalidad evitar grietas en los bloques y en el mortero.

2.3.5 MAMPOSTERÍA.

Uno de los sistemas constructivos más ampliamente utilizados en El Salvador, lo constituye la construcción de paredes de mampostería (*Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto. 2,000*). Por mampostería, se entiende toda obra de construcción hecha con ladrillos o bloques de concreto.

Una de las principales ventajas del uso de este sistema es que se agiliza el proceso constructivo, esto en comparación con la mampostería confinada, pues no requiere moldeo de columnas, tiempo de espera para el fraguado ni un posterior desmoldaje; y en comparación con otras alternativas, el número de unidades de concreto necesarias por metro cuadrado es menor.

Por otra parte, los huecos de los bloques ofrecen facilidad para la colocación de diversos ductos de instalaciones eléctricas e hidráulicas y refuerzos verticales y horizontales; en cuanto a las paredes terminadas, poseen un espesor uniforme y muy buena apariencia, permitiendo la obtención de diferentes tipos de acabados, bien sea por el aprovechamiento de las texturas y colores de las unidades o por la aplicación de morteros para repello.

2.3.5.1 PROCESO CONSTRUCTIVO.

En general, la construcción de obras a base de mampostería de bloques de concreto puede describirse de la siguiente manera (*Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto. 2,000*):

- A. Verificación de la superficie de fundación, se debe revisar que tenga una buena nivelación para que la pared mantenga un plano vertical apropiado cuando ésta sea levantada, y que las juntas estén uniformemente alineadas al mismo.
- B. Limpieza de la superficie para eliminar la suciedad que pueda haberse acumulado.

- C. Identificación en la primera hilada (Colocada inicialmente sin mortero) para realizar la modulación preliminar de los huecos de las puertas, ventanas, celdas donde irán los ductos eléctricos e hidráulicos y bloques donde se dejarán ventanas de registro, aunque esta modulación ya se encuentre definida en los planos.
- D. Colocación del acero de refuerzo: El acero de refuerzo que deben llevar las paredes va unido al refuerzo de la fundación, generalmente es una actividad previa a la colocación de los bloques, el procedimiento para colocarlos es el siguiente:
- i) Antes de colar la fundación, se debe verificar la posición del refuerzo vertical de las paredes (bastones), longitud de empalme y su fijeza a la armadura de fundación para resistir las fuerzas para la que ha sido diseñado y evitar el desplazamiento.
 - ii) Los bloques se deben colocar con la ayuda de herramientas especiales denominadas comúnmente en obra como “Diablo”, teniendo el cuidado de no doblar la varilla por ningún motivo.
 - iii) El refuerzo horizontal de las paredes generalmente es colocado a cada dos hiladas, y para ello se debe tomar en cuenta que:
 - ❖ Para asegurar la correcta posición del acero, se deberá amarrar la varilla en la parte superior e inferior de la pared con alambre de amarre, y para asegurar su adecuado posicionamiento se puede hacer uso de espaciadores (estribos).
 - ❖ En caso de que las varillas de empalme se encuentren fuera de posición por 15 cm o menos, se puede corregir con una suave inclinación de 1 cm en horizontal por 6 cm en vertical.
- E. Elaboración del mortero de pega: El mortero puede hacerse manualmente o en equipo mezclador de eje horizontal con tambor fijo (Concreteira), en

ambos casos, se recomienda sólo mezclar la cantidad suficiente para 1.5 horas de aplicación.

- i) Mezclado Manual: Este método es recomendado sólo cuando son obras pequeñas, se procede colocando primero la arena, formando una capa de 15 cm de altura y sobre esa capa colocar el cemento de mampostería y mezclar en seco, para luego revolver hasta formar una mezcla uniforme y añadir un poco de agua y revolver hasta lograr una humedad homogénea, luego adicionar el agua necesaria para alcanzar la consistencia deseada y mezclar nuevamente.
- ii) Mezclado en Equipo o Concretera: Se recomienda mezclar inicialmente, 3/4 del agua a utilizar, la mitad de la arena y todo el cemento en el mezclador por unos pocos minutos y luego se agrega el resto de la arena y el agua suficiente para producir la consistencia deseada, mezclar nuevamente como mínimo 3 minutos y 5 como máximo.

F. Configuración de las Paredes: El método comúnmente empleado en El Salvador para levantar paredes es el *Procedimiento por hiladas*, el que generalmente se usa cuando el muro no se entrelaza en las esquinas, ni en cualquier punto intermedio y la pared se eleva hilada por hilada.

- i) Una vez el trazo esté listo, se coloca mortero sobre la cara inferior y los extremos del bloque, colocando posteriormente la pieza sobre la fundación, empezando por las esquinas.
- ii) Debe evitarse que el área debajo de las celdas que lleven refuerzo quede cubierta con mortero, ya que el grout debe quedar en contacto directo con la fundación.
- iii) Después de colocar de 3 a 4 bloques de forma horizontal se deberá verificar para cada uno de ellos, la ubicación de acuerdo a los ejes de los muros para garantizar alineamiento y perpendicularidad de los mismos.

Como también alineamiento individual, horizontal, vertical y plomo, haciendo uso de la plomada.

- iv) Posteriormente se colocarán los bloques intermedios, alineados con ayuda del trazo y los primeros bloques colocados, debe tenerse especial cuidado con la colocación de los bloques de la primera hilada pues cualquier error significa continuar con los problemas en toda la elevación de la pared. Además las dos primeras hiladas por lo general se llenan con concreto debido a que van enterradas, a fin de evitar la infiltración.
- v) Se continuará con la elevación de la pared por hiladas completas, verificando sistemáticamente el nivel, altura y verticalidad del muro.
- vi) Siempre debe verificarse que la cantidad de mortero sea la suficiente, para que el sobrante salga a presión cuando el bloque sea colocado, lo cual indicará que las juntas están adecuadamente llenas, así como también, evitar que el mortero salga del interior del bloque, para que éste no se introduzca en los huecos del bloque que serán llenados con grout, dejando vacíos que son perjudiciales para el correcto desempeño estructural de la pared.
- vii) Aplicar mortero en los extremos del bloque a acondicionar, así como también, en el extremo del bloque que estará en contacto con éste y que ya está colocado para asegurar un eficiente y adecuado lleno de juntas verticales, siendo éstas más vulnerables que las horizontales a la penetración de agua.

El exceso de mezcla debe ser retirado con la cuchara regresándolo a la bandeja para ser reutilizado, tomando en cuenta que el mortero que caiga al suelo o a los andamios no se volverá a usar.

El espesor de junta recomendado, tanto para las horizontales como para las verticales es de 1.0 a 1.5 cm.

- viii) El bloque debe ser colocado en su posición final en la pared mientras el mortero esté suave y plástico a fin de lograr una adecuada unión, de lo contrario, se originarán grietas entre el bloque y la mezcla rompiéndose la unión.
 - ix) No debe intentar alinearse un bloque cuando ya existan hiladas de bloques superiores.
 - x) Al colocar un bloque de cierre debe medirse la longitud de la abertura, y si es necesario se debe medir y tallar el bloque para que no queden juntas muy apretadas o muy anchas, y el mortero se debe colocar en todos los bordes del hueco y del bloque.
 - xi) El acabado en las juntas es básico para asegurar el contacto entre el mortero y los bloques, ya que el mortero tiende a agrietarse y a salirse por las esquinas de los bloques, además del acabado de las juntas debe sellarse contra la intemperie antes de que el mortero endurezca, es decir cuando todavía se pueda dejar impresa una huella con la presión del dedo sin que se adhiera a éste el mortero.
 - xii) Se limpia la pared de derrames de mortero con un cepillo de cerdas de nylon o con un trozo de bloque, además se deben curar las juntas.
- G. Construcción de Soleras de Amarre: La fabricación de vigas de amarre o soleras se logra fácilmente mediante bloques solera, los cuales son especialmente fabricados o modificados para tal fin, luego de colocados los bloques en la pared, se acomodan varillas de refuerzo y finalmente se procede a vaciar concreto en las soleras.
- El refuerzo de las vigas de amarre deberá satisfacer requerimientos estructurales para los cuales se tiene que las vigas deberán amarrarse por lo menos con varillas de 3/8” y grapas con varillas de 1/4” a cada 20 cm.
- H. Consideraciones para la Colocación de Repello sobre Mampostería: Durante el proceso de colocación de bloques para construir un muro o pared, se

desea que éstos queden bien aplomo, nivelados y rectificadas. Sin embargo, es normal que durante este proceso se presenten diferentes inconvenientes prácticos, que dificultan una elevación totalmente alineada. Donde surge la primera razón para emplear un acabado de recubrimiento, el cual va a ayudar a brindar el acabado necesario para eliminar estas pequeñas imperfecciones de la superficie.

La mampostería debe inspeccionarse para darse cuenta de posibles deslizamientos, condiciones superficiales desfavorables o posibles deterioros. La desviación del verdadero alineamiento de la pared indicara la necesidad del grosor del mortero para restaurar una superficie plana.

Debe examinarse la superficie para ver los daños por la contaminación; por ejemplo, el polvo transportado y depositado por el aire, la eflorescencia, aceites, pinturas, selladores o escurrimientos de mortero, deben ser removidos. Si la superficie muestra una absorción satisfactoria después de que es limpiada, el mortero puede aplicarse directamente a la mampostería.

2.4 MORTERO PARA REPELLO.

La primera etapa para realizar el acabado en las paredes la constituye el repello, brindando un acabado rugoso, el cual consiste en una mezcla de cemento para mampostería, agregado fino y agua, que sirve de base para el afinado, como también para recibir los revestimientos posteriores que se le quieran dar a la pared.

2.4.1 CONCEPTO.

MORTERO PARA REPELLO: Es la mezcla de cemento, agregado fino y agua, utilizada como revestimiento monolítico (*Simba Cumbajín, Edwin Santiago. 2,007*); que consiste en una capa superficial que aplicada

sobre la cara externa de otro elemento constructivo, cumple una doble función: La primera de ellas es el recubrimiento de paredes, sean éstas exteriores o interiores; además, en una segunda función, sirve en la ornamentación de fachadas e interiores, y plafones o entrepisos que sirven como techos, contribuyendo notablemente con la estética y confort de los edificios.

2.4.2 CARACTERÍSTICAS.

Siendo el repello una capa de mortero aplicada sobre superficies comúnmente de mampostería bien sea de ladrillo, de aglomerados o de concreto, una de sus principales características es proveer de protección el interior, de las aguas de lluvia empujadas por el viento. Por otra parte, permite la evacuación de la humedad interior de la pared hacia el exterior. Además, ofrece ciertas cualidades de estética, exigidas para la construcción, así como servir de base para obtener un buen acabado. Se usa como base niveladora de la superficie y para evitar que sean evidentes las sisas del levantado.

Los morteros para repello poseen una capacidad de adherencia y plasticidad más alta que los morteros de pega, así como también son capaces de soportar esfuerzos de tensión generados por los movimientos del muro, y esfuerzos de contracción originados por los cambios de temperatura sin mostrar fisuras o agrietamientos, sin dejar de lado la resistencia al desgaste específicamente en la zona cercana a los zócalos.

2.4.3 TIPOS DE REPELLO.

El repello de paredes puede clasificarse de varias formas (*Borrayo del Valle, Byron René. 2,004*), en cuanto a su ubicación, se divide en exterior y en interior.

Los repellos de exterior se conforman con morteros de distintas clases, mientras que los repellos de interior pueden ser de mortero o de yeso.

Una de las principales ventajas de realizar un recubrimiento es su amplia gama de acabados, que permite una diversidad de texturas bastante amplia.

Algunos de los tipos de acabados son los siguientes:

- A. **REPELLO RUGOSO:** Es la capa de mortero que se coloca sobre la superficie a recubrir dándole un acabado rústico y ligeramente irregular. Para este caso se tiene que utilizar para su aplicación, según la textura que se desea darle, llana o plancha, y se trabaja mientras la mezcla esté húmeda.

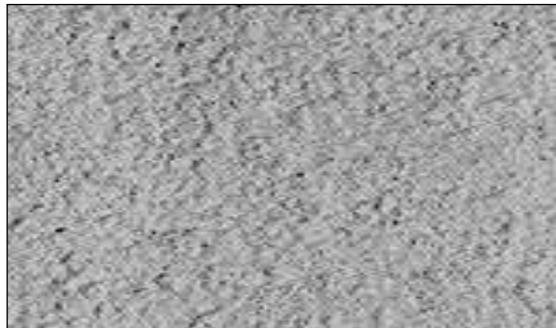


ILUSTRACIÓN 1: REPELLO RUGOSO.

- B. **REPELLO LISO:** La característica principal de este repello es que admite diferentes acabados. Es un tipo de revestimiento continuo que se realiza con mortero de cal, yeso, cemento o mixto, que consta de varias capas de mortero.



ILUSTRACIÓN 2: REPELLO LISO.

- C. AGREGADO PROYECTADO U HORMIGONEADO: Es el que se coloca sobre el repello aún en estado fresco, se proyecta el agregado, de un mismo color o con una mezcla de varios. Se trata de un acabado rugoso, de características pétreas que mejoran la resistencia y mantenimiento de la fachada.



ILUSTRACIÓN 3: HORMIGONEADO.

- D. AFINADO O PULIDO: Es una capa de mortero, que oscila entre 1 y 2 mm, que brinda un acabado liso, se utiliza la llana y la esponja para regularizar la superficie del repello rugoso, de tal manera que la mezcla mantenga el contenido óptimo de agua, que provea la trabajabilidad necesaria para su colocación sobre la capa base de repello.



ILUSTRACIÓN 4: AFINADO O PULIDO.

- E. ADOBADO: Este acabado posee las mismas características que el afinado, su única variación es que no se aplica sobre una capa base de repello, sino directamente sobre el muro o pared que se desea recubrir.



ILUSTRACIÓN 5: ADOBADO.

2.4.4 DOSIFICACIONES.

El mortero para repello puede ser proporcionado, usando una variedad de materiales cementantes y agregados para producir una superficie dura y resistente a la abrasión, que no es afectada por la humedad. La proporción de las mezclas debe adaptarse al uso y condiciones climatológicas que prevalecen en el sitio del trabajo. Las proporciones adecuadas de los materiales de una mezcla, afectarán su rendimiento funcional, en estados fresco y endurecido, para su aplicación a mano y a máquina.

La dosificación de la mezcla de mortero, se expresa comúnmente por una relación volumétrica entre el material cementante y la arena; y ésta depende de la importancia y magnitud de la obra, el agua a utilizar y el tipo de aglomerante dependen del clima en el que se fabrique la mezcla, el uso que se le vaya a dar, la trabajabilidad y otros.

Una mezcla de mortero para repello correctamente proporcionada, puede reconocerse por su trabajabilidad, facilidad en el manejo con la llana, capacidad de adherencia a las bases.

La Portland Cement Association (PCA), ha propuesto las siguientes dosificaciones para las capas de base y afinado, las cuales sirven para la selección del tipo de mortero a utilizar.

A continuación se presenta las proporciones para la capa base:

TABLA 6: PROPORCIONES PARA MORTEROS PARA LA CAPA BASE (Proporciones por Volumen)¹						
TIPO DE MORTERO PARA REPELLO	MATERIALES CEMENTANTES³				ARENA²	
	Cemento, C	Cal, L	Cemento de Albañilería, M	Cemento Plástico, P	1 ^a Capa ⁴	2 ^a Capa ⁴
C	1	0 a ½			2½ a 4	3 a 5
CM	1		1		2½ a 4	3 a 5
L	1	½ a 1¼			2½ a 4	3 a 5
M			1		2½ a 4	3 a 5
CP	1			1	2½ a 4	3 a 5
P				1	3 a 5	4 a 5
¹ Los contenidos de cal y arena permiten ajustar cada mezcla para optimizar la trabajabilidad, usando materiales locales						
² La misma cantidad o una cantidad mayor de arena, que la usada, al preparar la primera capa debe usarse cuando se esté preparando la segunda capa. 21 paladas N° 2 son igual aproximadamente a 0.08 m ³						
³ El tipo de cemento seleccionado debe estar determinado por las condiciones del clima durante la aplicación del mortero, la disponibilidad de materiales y la exposición						
⁴ Volumen de arena por volumen de los materiales cementantes usados						

FUENTE: REVISTA ISCYC N° 53, AÑO 14, PÁG. 16

Por economía y simplicidad, es mejor seleccionar el mismo tipo de mortero tanto para la aplicación de la primera capa (Azote) como para la de la segunda capa (Sacado); generalmente utilizado en campo para repellos mayores a 1cm.

A continuación se presenta las dosificaciones propuestas por la PCA para la capa de afinado:

TABLA 7: PROPORCIONES PARA MORTEROS PARA LA CAPA DE AFINADO (Proporciones por Volumen)¹					
TIPO DE MORTERO	MATERIALES CEMENTANTES				AGREGADO⁴
	Cemento²	Cal	Cemento de Albañilería	Cemento Plástico	
F ³	1	½ a 1¼			3
FL	1	1¼ a 2			3
FP				1	1½
FM			1		1½
¹ Los componentes colorantes deben agregarse por peso de cemento como una adición a las mezclas dadas					
² Debe seleccionarse cemento blanco o gris, usando el color del mortero endurecido como un criterio de aceptación					
³ La superficie sujeta a abrasión deben tener un revestimiento con mortero del tipo F o FP					
⁴ Volumen de arena usado por volumen de materiales cementantes para la capa de acabado. La cantidad y granulometría dependen de la textura superficial deseada					

FUENTE: REVISTA ISCYC Nº 53, AÑO 14, PÁG. 16

Así mismo, en la práctica existen dosificaciones utilizadas comúnmente en el ámbito de la construcción de El Salvador, que son los estándares para muchos albañiles. Como se muestra en la tabla siguiente:

TABLA 8: PROPORCIONES DE MORTERO PARA REPELLO				
DOSIFICACIONES DE MORTEROS (Componentes por Metro Cubico)				
Tipo de Mortero	Usos	Bolsas de Cemento	Arena (m³)	Agua (Litros)
1:1	Afinados	24.7	0.70	380
1:2		16.6	0.93	300
1:3	Repellos	12.4	1.05	260
1:4		9.9	1.12	230
1:5		8.1	1.17	220

FUENTE: GUÍA DE CONSTRUCCIONES A BASE DE CEMENTO, ISCYC, PÁG.32

Los morteros para la capa final mezclados en el sitio de trabajo deben seleccionarse de la *Tabla 7*, que se obtuvieron de la *Portland Cement Association*.

El agregado usado para el mortero de la capa final no necesita cumplir con los requisitos de granulometría para los morteros de la capa base. A menos que se especifique en otro sentido, todo el agregado debe pasar la malla # 16 (1.18 mm) y debe estar uniformemente graduado de grueso a fino. La arena debe seleccionarse por su capacidad para producir la textura superficial deseada. El revestimiento exitoso depende de la mezcla y bachada apropiadas de los materiales individuales y combinados.

2.4.5 PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

El mortero debe poseer tanto como una consistencia apropiada, así como cuerpo para poder ser aplicado tanto a máquina como a mano. Aunque la dosificación por el número de cubetas es aún el procedimiento más común, dicha dosificación debe verificarse por medidas de volumen para establecer tanto el número requerido de cubetas de cada ingrediente como el volumen de mortero en la mezcladora cuando una dosificación es proporcionada adecuadamente. Las adiciones de agua también deben ser dosificadas por volumen, con medidas calibradas (Recipientes de un volumen conocido). La mezcla debe producir una combinación uniforme de todos los materiales.

Idealmente, el mezclado debe completarse en una mezcladora de tipo paleta, de 3 a 5 minutos después que todos los ingredientes estén dentro de la misma. Durante la aplicación a máquina, este período de mezclado puede disminuir la operación de la aplicación de modo que la velocidad de la mezcladora debe ajustarse para permitir períodos más cortos de mezclado. La prueba de un mezclado adecuado y la uniformidad del mortero es cuando recibe y juzga el albañil que aplica el mortero.

El contenido de agua de la mezcla debe ser determinado por el albañil. Él puede juzgar mejor el contenido correcto de agua del mortero observando su facilidad de aplicación y el grado de adherencia al sustrato. La adherencia al sustrato puede evaluarse fácilmente quitando algo del mortero aplicado y observando el grado de humedad, o mojado del sustrato. Sólo deben usarse reducciones o adiciones de agua durante los ajustes de la mezcla de mortero.

En el ámbito de la construcción en El Salvador, existen dos tipos de recubrimiento más utilizados (*Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto. 2,001*), los cuales se enlistan a continuación:

- A. REPELLO: Es la primera etapa para realizar el acabado en las paredes, es una mezcla de cemento para mampostería, agregado fino y agua, y sirve de base para el afinado o pulido, como también para recibir los revestimientos posteriores que se le quieran dar a la pared. A continuación se muestra la aplicación del repello:
- i) Se colocan cordeles que indicarán el espesor que tendrá el repello, utilizando la plomada se verifica la verticalidad de los mismos.
 - ii) Humedecer un poco la pared tratando de no saturar la superficie de los bloques, para evitar que la pared pueda absorber el agua de la mezcla.
 - iii) Hechura de fajas o fajeado, el cual consiste en azotar la mezcla sobre la pared, a manera de formar un listón vertical que tenga el espesor deseado para el repello. Para darle la forma de una faja, se utiliza una regla pacha para emparejar la mezcla azotada y con la cuchara se forman las aristas de la misma. Se recomienda una distancia de 1.5 ó 2.0 m entre faja y faja.
 - iv) Posteriormente se realiza el relleno entre las fajas con mortero. Esta operación se realiza por capas y se va realizando por etapas hasta llegar al espesor deseado del repello.

- v) Luego se utiliza una regla conocida como codal, la cual se apoya entre las fajas, para eliminar los excesos de mezclas, el codal se desliza hasta dejar toda la superficie a nivel de las guías.
 - vi) Finalmente se cura la superficie varias veces, hasta que la superficie esté humedecida.
- B. AFINADO: La función del afinado consiste en sellar los poros de asperezas dejadas en el repello para darle una apariencia uniforme y lisa a la pared. El espesor es entre 1 y 2 mm, aunque es muy difícil de controlar. El afinado se aplica de la siguiente manera:
- i) Humedecer la superficie repellada para lograr la adherencia.
 - ii) Se procede a colocar la mezcla sobre la plancha de madera, para ser distribuida o untada sobre la superficie.
 - iii) Posteriormente con la misma plancha y a base de movimientos circulares o verticales se logra el afinado.
 - iv) Después de sellados los poros de la superficie, se puede utilizar la llana metálica, para dar un mejor acabado. Otra alternativa es utilizar una esponja húmeda para botar la arenilla que queda sobre la superficie.
 - v) Finalizado el afinado, éste se debe curar por varios días, una o dos veces al día, para evitar agrietamientos.

2.4.6 CAUSAS Y TIPOS DE DETERIORO.

La causa del deterioro en el repello se define como aquel agente, activo o pasivo, que actúa como origen del problema y que desemboca en uno o varios perjuicios, aunque en ocasiones, varias causas pueden actuar conjuntamente para producir un mismo deterioro (*Villa, Pablo. 2000*), a continuación se presentan las principales causas y deterioros que se presentan en el repello.

A. CAUSAS PRINCIPALES: Se puede establecer una primera división entre causas directas e indirectas, las primeras, son aquellas que producen el origen inmediato del deterioro, ya sean por esfuerzos mecánicos, agentes atmosféricos, contaminación, entre otros; y por otra parte, las causas indirectas que son aquellas en las que pueden englobarse los diferentes aspectos patológicos que responden a un inadecuado diseño o ejecución constructiva de la obra.

i) *Causas Directas*: Se conoce como causas directas a todas aquellas que corresponden con el desencadenante que inicia la degradación de los diferentes elementos o sistemas constructivos de una unidad de obra ejecutada o en proceso. A continuación se definirán las causas directas existentes más comunes:

- ❖ *Causas mecánicas*: Son todas las acciones que presentan una interacción no controlada sobre la superficie del material, ya sea por una acción no prevista o superior a la calculada. Algunos de los ejemplos más comunes son la transmisión de acciones mecánicas por deformación de la estructura, falta de adhesión interna de la mezcla de mortero, impactos y rozamientos provocados por el uso.
- ❖ *Causas físicas*: Engloban el conjunto de agentes atmosféricos que pueden llegar a actuar sobre el edificio y, en especial, sobre el medio circundante como la lluvia, el viento, el sol y las oscilaciones térmicas. El nivel de afectación de los diferentes agentes, variará en función de las condiciones de cada edificación, como pueden ser la orientación de las fachadas o la altura de los edificios.
- ❖ *Causas químicas*: Referidas a todo tipo de productos químicos y sus reacciones, ya se apliquen de manera accidental, por organismos vivos o se produzcan en el propio ambiente. En este sentido, habrá

de atender a los diferentes contaminantes ambientales que reaccionan con algunos elementos pétreos de las fachadas.

❖ *Lesiones previas:* En muchas ocasiones la causa inmediata de un deterioro secundario es otro previo de origen primario, como puede suceder con la humedad, las deformaciones estructurales, las grietas, las fisuras, los desprendimientos y la corrosión en diferentes elementos de la edificación.

ii) *Causas Indirectas:* Las causas indirectas podrían definirse como los factores inherentes a la unidad constructiva como factores de composición química, de forma o de disposición; producto de su selección o de un diseño defectuoso, y que uniéndose a la acción directa, posibilita la aparición del proceso patológico. Su clasificación es la siguiente:

❖ *Causas de proyecto:* Engloban el conjunto de errores cometidos a la hora de elegir los materiales aptos para ejecutar la obra, así como aquellos referentes al mal diseño de las unidades constructivas.

❖ *Causas de ejecución:* Comprenden todas las acciones que tienen como desencadenante una incorrecta puesta en obra a partir de unas instrucciones de proyecto que sí eran adecuadas. En general, se debe a una mala elección de la técnica constructiva para realizar la unidad constructiva que presenta el problema.

❖ *Causas de material:* Hacen alusión a todos aquellos elementos constructivos que llegan a la obra de manera defectuosa o inadecuada para una correcta puesta en obra de los mismos. Es necesaria la práctica de controles de calidad para verificar este aspecto.

- ❖ *Causas de mantenimiento:* Establecen una doble problemática, por un lado, la utilización del edificio para una labor que no se había concebido en el estado de proyecto; y por otro, el incorrecto mantenimiento del mismo por parte de los usuarios y el incumplimiento de los diferentes requisitos marcados para su revisión.

B. TIPOS DE DETERIOROS EN EL REPELLO: Las causas anteriormente mencionadas, generan una serie de daños a la superficie de repello de mortero endurecido, los cuales afectan tanto su estabilidad como su apariencia.

A continuación se presentan algunos de los principales deterioros que se presentan en los repellos:

- i) *Humedades:* Éstas afectan con mucha frecuencia a las construcciones y pueden darse tanto porque ascienda por capilaridad por las paredes, sobre todo en las plantas inferiores, como por efecto de las condiciones climáticas, tanto en exteriores como en interiores, o incluso por averías o problemas de fontanería. Es un problema que da lugar a procesos de tipo químico, tales como manchas o disgregación del material, o de tipo biológico, como por ejemplo manchas blanquecinas o negras, que pueden debilitar la estructura y producir fisuras, fracturas o desprendimientos de elementos constructivos.



ILUSTRACIÓN 6: MANCHAS POR HUMEDAD.

ii) *Aparición de Grietas y Fisuras*: Se denomina fisura a toda apertura longitudinal que afecta sólo a la parte exterior del elemento constructivo.

Todos los problemas relacionados con fisuraciones, se derivan del hecho de que los materiales se mueven. Este movimiento puede deberse a causas mecánicas, hidrotérmicas o químicas.

Si los materiales que trabajan juntos en un elemento constructivo tienen movimientos armónicos, o sea del mismo tipo, orden y magnitud, como reacción a las causas citadas, dicho movimiento será similar en todos ellos y no afectará su durabilidad; pero si los movimientos son inarmónicos, los materiales del mismo elemento se moverán de diferente modo y antes o después se producirá la fisura.

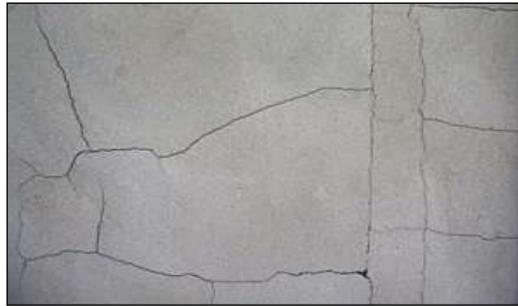


ILUSTRACIÓN 7: GRIETAS Y FISURAS.

iii) *Desprendimientos*: Este tipo de deterioro es causado por la falta de adherencia motivada por un proceso defectuoso en la ejecución del repello, el cual impidió la debida penetración de la pasta o del mortero, en estado plástico antes del fraguado, por la red capilar del soporte. Esta falta de penetración se puede deber a exceso de humedad, falta de limpieza o gran compacidad en la base. La falta de adherencia también puede deberse a un envejecimiento motivado por movimientos diferenciales cíclicos sucesivos, por variaciones de la humedad o de temperatura. Normalmente se produce en primer lugar una fisuración ramificada o en cuarteo, que progresa hasta aumentar de forma notable

los lados de las fisuras, que se flexionan produciendo abultamientos, que terminan por desprenderse.



ILUSTRACIÓN 8: DESPRENDIMIENTO EN REPELLO.

- iv) *Eflorescencias*: Son denominados así a los cristales de sales, generalmente de color blanco, que se depositan en la superficie de la obra al utilizar materiales que los contengan. Las eflorescencias se consideran como un problema de carácter puramente estético cuando aparecen en superficies destinadas a quedar vistas, como pueden ser por ejemplo, los repellos coloreados o las obras de ladrillo con cara vista.



ILUSTRACIÓN 9: EFLORESCENCIAS.

2.5 REGLAMENTOS Y NORMAS APLICABLES.

Existen una serie de normativas que tienen como propósito estandarizar los ensayos realizables dentro de la industria de la construcción, tales como las pruebas realizadas a los bloques de concreto, arena natural, cemento para albañilería y mortero para repello, tanto en estado fresco como endurecido. A

continuación se mencionan algunos de ellos, que son especificados con sus respectivas normas.

2.5.1 NORMAS DE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.

La American Society for Testing and Materials o Sociedad Americana para Pruebas y Materiales en español, conocida también como ASTM International, es una de las más grandes organizaciones de desarrollo de normas voluntarias en el mundo, una fuente confiable de requerimientos técnicos para los materiales, productos, sistemas y servicios. Conocida por sus altos estándares de calidad técnica y relevancia del mercado, las normas de ASTM International tienen un papel importante en la infraestructura de información que orienta el diseño, fabricación y comercio en la economía mundial.

A continuación se presentan las Normas aplicables a la investigación en estudio:

A. BLOQUES DE CONCRETO:

- i) ASTM C-90: Especificación estándar para unidades portantes de mampostería de concreto.
- ii) ASTM C-140: Métodos de prueba estándar para muestreo y pruebas de bloques de concreto y unidades similares.

B. ARENA:

- i) ASTM C-128: Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y absorción de áridos finos.
- ii) ASTM C-136: Método de prueba estándar para análisis granulométrico de agregados finos y gruesos.
- iii) ASTM C-897: Especificación estándar para los agregados para repellos elaborados en obra.

C. CEMENTO:

- i) ASTM C-91: Especificación estándar para cemento de albañilería.
- ii) ASTM C-188: Método de prueba estándar para la densidad del cemento hidráulico.

D. MORTERO EN ESTADO FRESCO:

- i) ASTM C-270: Especificación estándar de morteros para unidades de mampostería.
- ii) ASTM C-305: Prueba estándar para el mezclado mecánico de pastas y morteros de consistencia plástica, hechos con cemento hidráulico.
- iii) ASTM C-403: Método de prueba estándar para tiempo de fraguado de mezclas de concreto por resistencia a la penetración.
- iv) ASTM C-1437: Método de Prueba estándar para la fluidez del mortero de cemento hidráulico.

E. MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO:

- i) ASTM C-109: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico.
- ii) ASTM D-4541: Método estándar para la determinación de la adherencia entre capas (Pull Off).

2.5.2 NORMA TÉCNICA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURAL DE MAMPOSTERÍA.

Esta Norma Técnica (*Ministerio de Obras Públicas. 1,994*) establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras de mampostería y forma parte del "Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones", según su *Sección 3.2.4*, el bloque de concreto debe

cumplir con lo que establece el Capítulo 4 de la "Norma Técnica para Control de Calidad de Materiales Estructurales".

2.5.3 NORMA TÉCNICA PARA CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES ESTRUCTURALES.

Esta Norma Técnica (*Ministerio de Obras Públicas. 1,997*) establece los requisitos mínimos de calidad y procedimientos de control, que deben cumplir los principales materiales estructurales que se utilizan en la construcción y forma parte del Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones. En su *Capítulo 4: Mampostería*, se establecen los requerimientos mínimos de calidad que debe cumplir la mampostería y sus componentes, también los procedimientos de control que deben aplicarse para garantizar esa calidad. Su *Sección 4.5*, establece los requerimientos de las unidades de mampostería, y específicamente para las unidades huecas de concreto, los cuales se muestran en la Tabla 5 de este documento.



**“ANÁLISIS DE ADHERENCIA EN MORTEROS PARA
REPELLO EN MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE
CONCRETO”**

**CAPÍTULO III:
CARACTERIZACIÓN DE
MATERIALES.**

3.1 INTRODUCCIÓN.

La Caracterización de Materiales descrita a continuación, trata el desarrollo de la normativa abordada en el capítulo anterior, que estandariza los ensayos a realizar en los materiales de construcción empleados en la investigación.

Los componentes sometidos a análisis comprenden los bloques de concreto, el agregado fino, el cemento y el agua, para los cuales se describen características generales de los mismos, así como también para cada elemento, se nombra la asignación que la ASTM propone para identificar la prueba; además, se lista el material y equipo requerido, acompañado del procedimiento para su realización.

Otro elemento importante de la investigación sujeto a ensayo, es el mortero para repello, el cual fue analizado tanto en estado plástico como endurecido, describiéndose su proceso de caracterización, de la misma manera en que los componentes nombrados anteriormente fueron detallados.

La síntesis de los resultados se realizó mediante la interpretación de datos representada en tablas resumen y gráficas, que servirán como parámetros para el posterior análisis de resultados.

3.2 BLOQUES DE CONCRETO.

Con el propósito de extender los alcances de la investigación, se utilizaron dos tipos de bloques para mampostería, los primeros fabricados por Saltex S.A. de C.V., cuyos productos cumplen con las normas ASTM C-140 y ASTM C-90, para la elaboración de los mismos, y los segundos, fueron obtenidos de una fábrica Semi-artesanal, ubicada sobre la Carretera Panamericana, km 23, donde las condiciones de fabricación de dichos bloques, no son controladas rigurosamente.

Los bloques de concreto utilizados tienen dimensiones nominales de 40x20x10 cm, de los cuales se tomó una muestra de seis unidades para cada tipo de bloque, que posteriormente fueron ensayados con las siguientes pruebas:

A. ABSORCIÓN.

B. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

3.2.1 ABSORCIÓN (ASTM C-140).

A. MATERIAL Y EQUIPO:

- i) Bloques de Concreto de 40x20x10 cm.
- ii) Balanza de precisión.
- iii) Horno y Tanque con Agua.

B. PROCEDIMIENTO:

- i) Elegir seis bloques de concreto (Tres unidades comerciales elaboradas en una fábrica Semi-artesanal, y las otras tres bajo norma procedentes de Saltex S.A. de C.V.), marcar el tipo y número de muestra, y luego medir las dimensiones de los mismos.



ILUSTRACIÓN 10: BLOQUES DE CONCRETO BAJO NORMA Y COMERCIAL.

- ii) Colocar los bloques en el horno y dejarlos durante 24 horas.
- iii) Después del período establecido, dejar enfriar los bloques, y luego se pesan en la balanza de precisión.
- iv) A continuación se colocan los bloques de concreto en el tanque con agua, dejándolos reposar durante otras 24 horas.



ILUSTRACIÓN 11: BLOQUES DE CONCRETO DENTRO DE TANQUE CON AGUA.

- v) Medir los pesos sumergido y saturado superficialmente seco, para cada muestra.

C. RESULTADOS: A continuación se muestra un resumen de los resultados de esta prueba, cuyas hojas de datos se presentan en ANEXO 1:

TABLA 9: RESULTADOS DE PRUEBA DE ABSORCIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO, ASTM C-140						
Bloque N°	BLOQUES BAJO NORMA ¹			BLOQUES COMERCIALES ²		
	Peso Volumétrico, kg/m ³	Absorción, kg/m ³	Contenido de Humedad, %	Peso Volumétrico, kg/m ³	Absorción, kg/m ³	Contenido de Humedad, %
1	1,583.253	213.079	26.50	1,573.935	266.956	43.35
2	1,700.908	206.114	20.31	1,570.945	262.886	45.87
3	1,648.073	212.220	25.20	1,611.861	246.012	47.21
Origen	¹ Saltex S.A. de C.V.			² Fábrica Semi-artesanal		

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

De acuerdo a la *Tabla 5* de este documento, que pertenece a la Norma ASTM C-90, se determinó que tanto los bloques comerciales como los bajo norma, cumplen con la clasificación de Peso Ligero, ya que los resultados son menores a $1,680 \text{ kg/m}^3$ (ANEXO 1). Según se aprecia de la *Tabla 9*, los bloques comerciales poseen una mayor absorción que los bloques bajo norma.

3.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C-140).

A. MATERIAL Y EQUIPO:

- i) Bloques de Concreto de 40x20x10 cm.
- ii) Balanza de precisión.
- iii) Máquina de Ensayo (Máquina Universal).

B. PROCEDIMIENTO:

- i) Elegir seis bloques de concreto (Tres unidades comerciales elaboradas en una fábrica Semi-artesanal, y las otras tres bajo norma procedentes de Saltex S.A. de C.V.), marcar el tipo y número de muestra, y luego medir las dimensiones de los mismos.
- ii) Colocar los bloques en la máquina de ensayo universal, y aplicar la carga hasta que fallen.



ILUSTRACIÓN 12: BLOQUE DE CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN.

iii) Medir el área de contacto, y calcular el esfuerzo de compresión para cada bloque.

C. RESULTADOS: En la siguiente tabla se presenta un resumen de los resultados de esta prueba y las respectivas hojas de datos se muestran en ANEXO 2.

TABLA 10: RESULTADOS DE PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES DE CONCRETO, ASTM C-140					
BLOQUES BAJO NORMA¹			BLOQUES COMERCIALES²		
Bloque N°	Esfuerzo Área Neta, kg/cm ²	Esfuerzo Área Bruta, kg/cm ²	Bloque N°	Esfuerzo Área Neta, kg/cm ²	Esfuerzo Área Bruta, kg/cm ²
1	85.743	53.391	1	47.561	33.915
2	67.881	47.541	2	70.334	51.002
3	66.627	44.375	3	51.441	35.924
¹ Provenientes de Saltex S.A. de C.V.			² Provenientes de Fábrica Semi-artesanal		

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

3.3 AGREGADO FINO.

La arena es el mayor constituyente en una mezcla de mortero y es la que hace que ésta sea económica, además de proporcionar resistencia mecánica al mortero en estado endurecido y controlar los cambios volumétricos que normalmente tienen lugar durante el fraguado del cemento, así como el que se produce por las variaciones en el contenido de humedad de las estructuras. El agregado fino utilizado para el estudio de adherencia, es proveniente del Río Jiboa, a la cual se le realizaron los siguientes ensayos:

- A. GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA.
- B. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN.

3.3.1 GRANULOMETRÍA Y MODULO DE FINURA (ASTM C-136).

La prueba de análisis granulométrico, consiste en determinar la clasificación de un material por sus tamaños de partículas individuales; valiéndose de la curva granulométrica.

La prueba se realiza por medio del tamizado del material a través de diferentes mallas, lo cual se conoce como *Análisis Granulométrico Mecánico*.

A. MATERIAL Y EQUIPO:

- i) Arena procedente del Río Jiboa.
- ii) Juego de tamices estándar.
- iii) Vibrador electrónico (Rop-Tap).
- iv) Balanza de precisión.
- v) Recipiente para muestras, Brocha y Cepillo.
- vi) Horno.

B. PROCEDIMIENTO:

- i) Tamizar la arena por la malla # 4 y luego colocarla en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$.



ILUSTRACIÓN 13: ARENA PROVENIENTE DEL RÍO JIBOA SECADA AL HORNO.

- ii) Pesar una muestra que como mínimo debe ser de 300 gramos (Se utiliza una masa inicial de 359.7 gramos).

- iii) Efectuar el tamizado mecánico del material utilizando las siguientes mallas: # 8, # 16, # 30, # 50 y # 100.



ILUSTRACIÓN 14: JUEGO DE TAMICES.

- iv) Calcular los porcentajes de material retenido en cada tamiz, dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos, entre el peso total de la muestra seca; y con los retenidos parciales, se calculan los porcentajes retenidos acumulados y los que pasan.
- v) Trazar la curva granulométrica del material en una gráfica, donde la abertura de las mallas se sitúa en las abscisas a escala logarítmica y en las ordenadas los porcentajes de material que pasan por dichas mallas, a escala natural.
- vi) Los resultados del análisis granulométrico se resumen en el dato de Módulo de Finura, que se define como la suma de los porcentajes acumulados en cada una de las mallas dividido entre 100.
- C. RESULTADOS: Los resultados de esta prueba se presentan en la siguiente tabla, presentando en ANEXO 3 la hoja de datos y la curva granulométrica del agregado.

TABLA 11: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA ARENA DEL RÍO JIBOA, ASTM C-136					
Malla #	Masa Retenido Parcial (g)	Masa Retenida (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa la Malla (%)	Rangos ASTM C-897
# 4 (4.75 mm)	0	0	0	100	100
# 8 (2.36 mm)	16.10	4.50	4.50	96	90-100
# 16 (1.18 mm)	39.10	10.90	15.40	85	60-90
# 30 (600 µm)	80.70	22.40	37.80	62	35-70
# 50 (300 µm)	117.20	32.60	70.40	30	10-30
# 100 (150 µm)	78.00	21.70	92.10	8	0-5
# 200 (75 µm)	---	---	---	---	0-3
Fondo	28.60	7.90	100.00		
Sumas	359.70	100.00			

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

La granulometría de la arena que se utilizó es aceptable, debido a que se encuentra dentro de los límites establecidos por la Norma ASTM C-897, según la curva granulométrica de ANEXO 3, y dicho agregado presenta un módulo de finura de 2.202, lo que indica que es una Arena Fina.

3.3.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (ASTM C-128).

La gravedad específica y la absorción son propiedades físicas de los agregados, que brindan gran ayuda en las propiedades de la mezcla de mortero.

A. MATERIAL Y EQUIPO:

- i) Arena procedente del Río Jiboa tamizada por la malla # 4 secada al horno.
- ii) Horno y Balanza de precisión.

- iii) Picnómetro y Taras.
- iv) Equipo para prueba de cono de arena.

B. PROCEDIMIENTO:

- i) Tomar dos muestras de material que pasen la malla # 4, y colocarlas en taras con pesos conocidos, para luego sumergirlas en agua hasta cubrir por completo la muestra, dejándolas reposar por 24 horas.
- ii) Pasado este período, se quita el exceso de agua, teniendo cuidado de que la muestra no se pierda; luego se dejan secar al sol, moviendo regularmente hasta que se alcance la condición saturada superficialmente seca.



ILUSTRACIÓN 15: ARENA DEL RÍO JIBOA SECADA AL SOL.

- iii) Pesar por separado el picnómetro vacío en la balanza de precisión, y luego colocando agua en el mismo recipiente se pesa el conjunto.
- iv) Cuando la arena posea la condición saturada superficialmente seca (SSS), realizar la prueba del cono, la cual consiste en colocar la arena dentro del cono metálico, compactándola con 25 golpes, posteriormente se retira el cono para observar la consistencia de la arena.



ILUSTRACIÓN 16: PRUEBA DEL CONO.

- v) Pesar 500 gramos de arena y colocarla dentro del picnómetro con agua, batirla hasta que salga el aire contenido, y luego se termina de llenar el recipiente hasta la marca de aforo y se pesa el conjunto.



ILUSTRACIÓN 17: PICNÓMETRO.

- vi) A continuación se coloca el contenido del picnómetro en una tara de peso conocido, y se coloca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ durante 24 horas.

vii) Se sacan las taras con las muestras de agregado, y se pesan en la balanza, y con estos datos se calculan la Gravedad Específica y la Absorción de la arena.

C. RESULTADOS: A continuación se presenta un resumen de los datos obtenidos de esta prueba, los cuales se detallan en la hoja de resultados en ANEXO 4.

TABLA 12: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE ARENA DE RÍO JIBOA, ASTM C-128	
Gravedad Específica Promedio de la condición Seca	2.51
Gravedad Específica Promedio de la condición Saturado Superficialmente Seco	2.59
Absorción Promedio	3.44%

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

3.4 AGUA.

La Norma ASTM C-270 establece que el agua que se utilice para la fabricación de los morteros, debe ser limpia, libre de impurezas perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, minerales y materia orgánica o cualquier otra sustancia que pueda ser nociva; se sugiere utilizar agua potable.

El agua utilizada en los ensayos de laboratorio y campo fue potable, apta para el consumo humano, suministrada por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA); por lo cual no fue necesario hacer ningún tipo de prueba.

3.5 CEMENTO.

El material cementante utilizado en la investigación es el que se rige bajo la denominación ASTM C-91 tipo “M”, sugerido para las obras de mampostería, al que se le realizaron las siguientes pruebas:

- A. GRAVEDAD ESPECÍFICA.
- B. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

3.5.1 GRAVEDAD ESPECÍFICA (ASTM C-188).

La gravedad específica es la relación entre el peso de un volumen dado de material a cierta temperatura, con respecto al peso de un volumen igual de agua a esa misma temperatura. En este caso, la temperatura a la cual se haga la prueba no ocasiona mucha diferencia en los resultados; pero es importante que la temperatura del frasco, del líquido y del cemento se mantenga constante durante toda la prueba.

A. MATERIAL Y EQUIPO:

- i) Cemento de Mampostería ASTM C-91 Tipo “M”.
- ii) Balanza de precisión, Keroseno (Gas líquido).
- iii) Frasco de Le Chatelier y Termómetro de precisión.
- iv) Picnómetro, Espátula y Embudo de Papel.

B. PROCEDIMIENTO:

- i) Pesar individualmente en el picnómetro volúmenes iguales de agua y keroseno, y con esos datos calcular la gravedad específica de éste último (Debe ser mayor a 0.73),
- ii) A continuación se procede a calcular la gravedad específica del cemento, con el keroseno se llenan dos frascos de Le Chatelier, hasta llegar a una marca entre 0 y 1, normalmente de 0.5; la temperatura que debe poseer el keroseno es $23 \pm 2^{\circ} \text{C}$.
- iii) Pesar dos muestras de 64 gramos de cemento, con la balanza de precisión, y con ayuda de un embudo de papel se coloca dentro de los

respectivos frascos de Le Chatelier, teniendo cuidado de que el cemento no quede pegado en las paredes de éstos.



ILUSTRACIÓN 18: MUESTRAS DE CEMENTO DENTRO DE FRASCO LE CHATELIER.

- iv) Remover los frascos para hacer que las partículas de cemento sedimenten al fondo de los mismos y retirar el aire contenido en ellas.
- v) Se miden los volúmenes finales, y se calcula la gravedad específica del cemento con la siguiente fórmula:

$$G_s = \frac{D}{V_i - V_f}$$

Donde:

D: Peso de muestra de cemento (64 g).

V_i : Volumen inicial del líquido introducido al frasco Le Chatelier (ml).

V_f : Volumen final del líquido después de introducir los 64 g de cemento (ml).

G_s : Densidad del cemento (g/ml).

C. RESULTADOS: Para obtener la gravedad específica del cemento es necesario calcular previamente la gravedad específica del keroseno (Gas Líquido).

TABLA 13: CÁLCULO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL KEROSENO	
Peso Picnómetro	18.64 gramos
Peso Picnómetro + Agua	43.55 gramos
Peso Picnómetro + Keroseno	38.50 gramos
Peso Neto de Agua	24.91 gramos
Peso Neto de Keroseno	19.86 gramos

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Se utiliza la siguiente relación para calcular la gravedad específica del keroseno:

$$G_k = \frac{\text{Peso Neto del Keroseno}}{\text{Peso Neto del Agua}}$$

$$G_k = \frac{19.86 \text{ g}}{24.91 \text{ g}}$$

$$G_k = 0.79$$

Valor por el cual el keroseno cumple con la condición de ser mayor de 0.73 (Con base en la Sección 3.2 de la Norma ASTM C-188), requerimiento necesario para ser utilizado en la determinación de la gravedad específica del Cemento de Mampostería ASTM C-91 tipo “M”, cuyos resultados se presentan en la tabla siguiente:

TABLA 14: MEDICIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL CEMENTO, ASTM C-188					
Prueba	Lectura Keroseno Inicial (ml)	Peso Inicial de Cemento (g)	Lectura Keroseno + Cemento (ml)	Lectura Cemento (ml)	Gravedad Específica
		A		B	
1	0.7	64	22.5	21.8	2.94
2	0.6	64	22.5	21.9	2.92
Promedio					2.93

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Según los resultados obtenidos se verifica que entre las dos muestras de cemento no existe una diferencia mayor a 0.03, según la Norma ASTM C-188, por lo cual se obtiene una gravedad específica promedio de 2.93.

3.5.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CEMENTO ASTM C-91 TIPO “M” (ASTM C-109).

Este método de ensayo proporciona un medio para determinar la resistencia a la compresión del cemento hidráulico, a través de la ruptura de especímenes cúbicos de 2 pulg o 50 mm por cara, a edades de 7 y 28 días después de la elaboración de los mismos.

A. MATERIAL Y EQUIPO:

- i) Cemento de Mampostería ASTM C-91 Tipo “M”.
- ii) Arena Graduada Estándar.
- iii) Arena Estándar 20-30.
- iv) Probeta Graduada, Balanza de Precisión, Espátula, Franela y Cuchara.
- v) Moldes para Especímenes cúbicos de 2 pulg o 50 mm.
- vi) Mezclador electromecánico, equipado con pala y tazón para mezclar.
- vii) Mesa de Fluides, Molde de Fluides (Cono) y Pisón no absorbente.
- viii) Máquina de Ensayo (Máquina Universal).

B. PROCEDIMIENTO:

- i) Hacer la mezcla con las proporciones que menciona la norma ASTM C-91, los cuales son:
 - ❖ Cemento: 540 gramos.
 - ❖ Arena Graduada Estándar: 810 gramos.

- ❖ Arena Estándar 20-30: 810 gramos.
 - ❖ Agua: 228 ml.
- ii) Mezclar mecánicamente los materiales según la Norma ASTM C-305, en el siguiente orden:
- ❖ Colocar el agua en el tazón de la mezcladora.
 - ❖ Agregar el cemento en 30 segundos, a una velocidad baja de la mezcladora.
 - ❖ A continuación, agregar la arena combinada en un lapso de 30 segundos, manteniendo la misma velocidad.
 - ❖ Parar la mezcladora y cambiar a velocidad media durante 30 segundos.
 - ❖ Parar y limpiar los excesos de las paredes del tazón en 15 segundos, y dejar reposar 75 segundos, tapándolo con la franela húmeda.
 - ❖ Mezclar durante un minuto más, a velocidad media.
 - ❖ Bajar y dejar reposar la mezcla.
- iii) Inmediatamente después de mezclado el mortero, se procede a calcular la fluidez del mismo, sobre la mesa de flujo colocar el molde cónico el cual se llena en dos capas con la mezcla elaborada y con el pisón se compactan cada una, dando 20 golpes.
- iv) Enrasar el nivel superior del molde y limpiar el mortero en su exterior, luego quitar el cono levantándolo verticalmente de manera continua.
- v) Se acciona la maquina dando 25 golpes y se miden las lecturas, teniendo que cumplir, que la sumatoria de éstas dé como resultado 110 ± 5 (Con base en la sección 3.1 de la Norma ASTM C-109).



ILUSTRACIÓN 19: MESA DE FLUJO.

- vi) A continuación se presentan los resultados, variando la cantidad de agua, y haciendo la mezcla varias veces, hasta obtener la fluidez deseada:

TABLA 15: MEDICIÓN DE FLUIDEZ DEL CEMENTO ASTM C-91 TIPO “M”, ASTM C-109						
Prueba Nº	Cantidad de Agua (ml)	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Sumatoria de Lecturas
1	228	26	27	26	26	105
2	245	28.5	29.5	31	29	118
3	240	26	27.5	26.5	27	107

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

- vii) Con la última mezcla, se revuelve por 15 segundos más en la mezcladora.
- viii) Acomodar el mortero en los moldes cúbicos engrasados, hasta llenar la mitad de su altura (En todos los compartimientos). Y apisonar la capa de mortero dando 16 golpes en toda la superficie de cada molde.
- ix) Cuando el apisonado de la primera capa en todos los moldes es completado, llenar los compartimientos con el mortero restante y apisonar como lo especificado para la primera capa, procurando que el pisón no penetre más del espesor de la última capa.



ILUSTRACIÓN 20: APISONADO DEL MORTERO PARA ESPECÍMENES.

- x) Enrasar los moldes y dejar en un cuarto de curado entre 20 y 24 horas, cubiertos con una franela.
- xi) Después quitar los moldes y sumergir los cubos en un tanque con agua, dejándolos en estas condiciones hasta el vencimiento de la edad de prueba (7 y 28 días), tres en cada edad.
- xii) Para determinar el Esfuerzo a Compresión de los Cubos de Mortero, llegada la edad de prueba, sacar del tanque con agua los especímenes e inmediatamente llevarlos a la máquina de ensayo.
- xiii) Aplicar la carga a la cara del espécimen que estuvo en contacto con la superficie plana del molde. Cuidadosamente ubicar el espécimen en la máquina de ensayo abajo del centro en orientación con el bloque superior.
- xiv) Aplicar la carga hasta hacer fallar el espécimen en la máquina y anotar la carga máxima, para luego calcular el Esfuerzo a Compresión.



ILUSTRACIÓN 21: CUBOS DE MORTERO SOMETIDOS A CARGA DE COMPRESIÓN.

C. RESULTADOS: A continuación se presenta un resumen de los datos obtenidos en esta prueba y en ANEXO 5 se muestra la hoja de cálculos.

TABLA 16: ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE CUBOS DE CEMENTO ASTM C-91 TIPO “M”, ASTM C-109				
Cubo N°	EDAD (días)	ESFUERZO (psi)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO (kg/cm ²)
1	7	3,265.0	22.511	229.562
2	7	3,487.5	24.045	245.206
3	7	3,490.0	24.063	245.382
4	28	3,847.5	26.528	270.518
5	28	3,917.5	27.010	275.439
6	28	3,812.5	26.286	268.057

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

3.6 MORTERO EN ESTADO PLÁSTICO Y ENDURECIDO.

El mortero para mampostería es un material versátil capaz de satisfacer una variedad de requerimientos y presenta diversas propiedades, tanto en estado plástico como en estado endurecido.

Las propiedades plásticas de la mezcla determinan la adaptabilidad de un mortero en la construcción; mientras que las propiedades del mortero endurecido ayudan a determinar el comportamiento de la obra terminada. Por lo que es importante conocer ambos grupos de propiedades del mortero que será utilizado en el desarrollo de la investigación, las cuales se presentan a continuación:

- A. FLUIDEZ.
- B. FRAGUADO.
- C. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

3.6.1 FLUIDEZ (ASTM C-1437 Y ASTM C-109).

La fluidez se utiliza habitualmente en la prueba estándar del mortero, para calcular el contenido de agua que proporciona un nivel de flujo especificado para el desempeño óptimo de la mezcla el cual deberá estar en 110 ± 5 .

A. MATERIAL Y EQUIPO:

- i) Arena procedente del Río Jiboa tamizada por la malla # 4.
- ii) Cemento de Mampostería ASTM C-91 Tipo “M”.
- iii) Probeta Graduada y Balanza de Precisión.
- iv) Cuchara, Espátula, Brocha, Palangana Metálica y Franela.
- v) Mesa de Fluidez, Molde de Fluidez (Cono) y Pisón no absorbente.

B. PROCEDIMIENTO:

- i) La mezcla se hizo sobre una palangana metálica, y se realizó manualmente.
- ii) Se utilizó una proporción 1:3, por lo cual se pesaron 1,500 gramos de arena y 500 gramos de cemento.

- iii) Colocar la arena en la palangana, y distribuirla en una capa en el fondo de la misma, luego colocar el cemento y mezclar con la cuchara hasta obtener un color uniforme.
- iv) Después variar las cantidades de agua, a fin de que la mezcla sea manejable. Seguidamente colocarla en el molde cónico haciendo dos capas, y con el pisón compactar dando 20 golpes a cada una.
- v) Enrasar el nivel superior del molde y limpiar el mortero en su exterior, luego quitar el cono levantándolo verticalmente de manera continua.



ILUSTRACIÓN 22: MESA DE FLUJO.

- vi) Se acciona la máquina dando 25 golpes y se miden las lecturas, teniendo que cumplir que la sumatoria de estas de cómo resultado 110 ± 5 .
- C. RESULTADOS: A continuación se presentan los resultados, variando la cantidad de agua, y haciendo la mezcla varias veces, hasta obtener la fluidez deseada. De estos datos se obtiene, que la tercera mezcla cumple con la condición de 110 ± 5 (Con base en la sección 3.1 de la Norma ASTM C-109), razón por la cual ésta será utilizada en los siguientes ensayos al mortero.

TABLA 17: MEDICIÓN DE FLUIDEZ PARA MORTERO CON PROPORCIÓN 1:3, ASTM C-109						
Prueba	Cantidad de Agua	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Sumatoria de Lecturas
1	350 ml	31	31	34	31	127
2	300 ml	---	---	---	---	La mezcla era muy dura.
3	340 ml	27	28	30	28	113

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

3.6.2 TIEMPO DE FRAGUADO (ASTM C-403).

Es el tiempo que transcurre, desde que el mortero alcanza una resistencia inicial a la penetración de 500 psi, hasta que la mezcla presente una resistencia final de 4,000 psi.

A. MATERIAL Y EQUIPO:

- i) Arena procedente del Rio Jiboa tamizada por la malla # 4.
- ii) Cemento de Mampostería ASTM C-91 Tipo “M”.
- iii) Probeta Graduada.
- iv) Cuchara, Espátula y Franela.
- v) Balanza de Precisión.
- vi) Molde Metálico para Espécimen.
- vii) Agujas (Con áreas de 1/2, 1/4, 1/10, 1/20 y 1/40 pulg²), y Equipo para Penetración.

B. PROCEDIMIENTO:

- i) Elaborar mortero de proporción 1:3, midiendo 4,500 gramos de arena procedente del Rio Jiboa que pase la malla # 4, 1,500 gramos de

cemento de mampostería y 1,020 ml de agua, mezclándola de forma manual.

- ii) Con la mezcla realizada se llena el molde previamente engrasado, dejando alrededor de 10 mm de espacio libre entre la superficie del mortero y el borde superior del molde. Para compactar la mezcla se debe evitar el uso de apisonadores, por lo cual se levantan verticalmente las esquinas del molde ocasionando leves golpes, que favorezcan la auto compactación del mortero, hasta que presente una superficie regular y a nivel, como se puede apreciar en la siguiente ilustración.



ILUSTRACIÓN 23: MOLDE CON MUESTRA PARA PRUEBA DE TIEMPO DE FRAGUADO.

- iii) Se registra la hora de elaboración de la muestra, que será tomada como la hora de inicio en que el cemento entra en contacto con el agua.
- iv) Dejar el molde en el laboratorio alrededor de 2 o 3 horas, para que salga el exceso de agua y empiece el fraguado del mortero, manteniendo una temperatura constante.
- v) Luego de transcurrido el lapso anteriormente descrito, se inicia la penetración con la aguja de 1/2 pulg², colocando el molde en el penetrómetro y manteniendo la presión de la aguja sobre el mortero durante 11 segundos. Hasta alcanzar la resistencia inicial deseada de 500 psi, se irán tomando pruebas a intervalos de 20 minutos, hasta obtener los 4,000 psi o más.

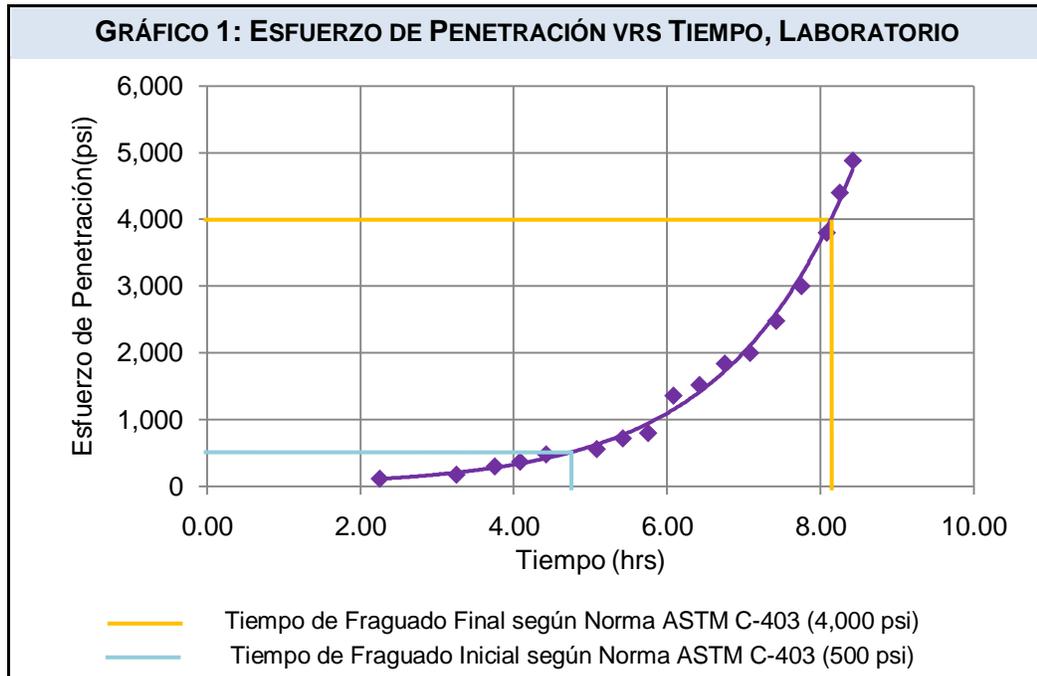


ILUSTRACIÓN 24: EQUIPO PARA LA PENETRACIÓN DEL ESPÉCIMEN.

C. RESULTADOS: A continuación se presenta un resumen y una gráfica de los datos obtenidos de esta prueba, cuya hoja de resultados se presenta en ANEXO 6.

TABLA 18: TIEMPO DE FRAGUADO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN, ASTM C-403			
Tiempo (hrs)	Resistencia (psi)	Tiempo (hrs)	Resistencia (psi)
2.25	116	6.42	1,520
3.25	176	6.75	1,840
3.75	300	7.08	2,000
4.08	370	7.42	2,480
4.42	480	7.75	3,000
5.08	560	8.08	3,800
5.42	720	8.25	4,400
5.75	800	8.42	4,880
6.08	1,360	---	---

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

De la gráfica anterior se obtiene que el tiempo de fraguado inicial, cuando la resistencia a la penetración es de 500 psi, dio como resultado 4.7 horas; y el tiempo de fraguado final, que es el que se obtiene al llegar a los 4,000 psi de resistencia a la penetración, dio como resultado 8.1 horas. Obteniéndose el tiempo de fraguado, con la siguiente fórmula:

$$T_f = T_{ff} - T_{fi}$$

Donde:

T_f = Tiempo de Fraguado (Horas)

T_{ff} = Tiempo de Fraguado Final (Horas)

T_{fi} = Tiempo de Fraguado Inicial (Horas)

Sustituyendo los datos se obtiene:

$$T_f = (8.1 - 4.7) \text{ Horas} \qquad T_f = 3.4 \text{ Horas}$$

El tiempo de fraguado obtenido en laboratorio, dio como resultado 3.4 horas

3.6.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO CON PROPORCIÓN 1:3 (ASTM C-109).

Este método de ensayo proporciona un medio para determinar la resistencia a la compresión de los morteros hidráulicos, y los resultados pueden ser utilizados para determinar el cumplimiento con las especificaciones.

A. MATERIAL Y EQUIPO:

- i) Arena procedente del Río Jiboa tamizada por la Malla # 4.
- ii) Cemento de Mampostería ASTM C-91 Tipo “M”.
- iii) Probeta Graduada.
- iv) Balanza de Precisión.
- v) Palangana Metálica, Cuchara, Espátula y Franela.
- vi) Moldes para Especímenes cúbicos de 2 pulg o 50 mm.
- vii) Mesa de Fluidéz, Molde de Fluidéz (Cono) y Pisón no absorbente.
- viii) Máquina de Ensayo (Máquina Universal).

B. PROCEDIMIENTO:

- i) Hacer la mezcla con las proporciones que cumplieron con la prueba de Fluidéz, utilizando 1,500 gramos de arena, 500 gramos de cemento y 340 ml de agua.
- ii) Acomodar el mortero en los moldes cúbicos engrasados, hasta llenar la mitad de su altura (En todos los compartimientos). Y apisonar la capa de mortero dando 16 golpes en toda la superficie de cada molde.
- iii) Cuando el apisonado de la primera capa en todos los moldes es completado, llenar los compartimientos con el mortero restante y

apisonar como lo especificado para la primera capa, procurando que el pisón no penetre más del espesor de la última capa.

- iv) Enrasar los moldes y dejar en un cuarto de curado entre 20 y 24 horas, cubiertos con una franela.
- v) Después quitar los moldes y sumergir los cubos en un tanque con agua, dejándolos en estas condiciones hasta el vencimiento de la edad de prueba (7 y 28 días), tres en cada edad.



ILUSTRACIÓN 25: MOLDE PARA CUBOS.

- vi) Para determinar el Esfuerzo a Compresión de los Cubos de Mortero, llegada la edad de prueba, sacar del tanque con agua los especímenes e inmediatamente llevarlos a la máquina de ensayo.
- vii) Aplicar la carga a la cara del espécimen que estuvo en contacto con la superficie plana del molde. Cuidadosamente ubicar el espécimen en la máquina de ensayo abajo del centro en orientación con el bloque superior.
- viii) Aplicar la carga hasta hacer fallar el espécimen en la máquina y anotar la carga máxima, para luego calcular el Esfuerzo a Compresión.



ILUSTRACIÓN 26: CUBO SOMETIDO A CARGA DE COMPRESIÓN.

C. RESULTADOS: A continuación se muestra un resumen de los datos obtenidos en ésta prueba, la hoja de cálculo se presenta en ANEXO 7.

TABLA 19: ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO CON PROPORCIÓN 1:3, ASTM C-109				
Cubo Nº	EDAD (días)	ESFUERZO (psi)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO (kg/cm ²)
1	7	955.0	6.584	67.146
2	7	967.5	6.671	68.025
3	7	975.0	6.722	68.552
4	28	3,182.5	21.943	223.762
5	28	2,872.5	19.805	201.965
6	28	3,182.5	21.943	223.762

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.



**“ANÁLISIS DE ADHERENCIA EN MORTEROS PARA
REPELLO EN MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE
CONCRETO”**

**CAPÍTULO IV: PAREDES DE
PRUEBA.**

4.1 INTRODUCCIÓN.

Las paredes de prueba son el componente primordial de la investigación abordada en el actual trabajo de grado, debido a que éstas fueron utilizadas para realizar las pruebas de adherencia a los recubrimientos empleados en dichas paredes, entre los cuales se encuentran el repello, el afinado y el adobado.

Para llevar a cabo la construcción de las paredes, se presenta la descripción de las características de las mismas, detallando su dimensionamiento y los materiales empleados para ello, a su vez, se especifica el tipo mano de obra a emplear, tanto para su construcción como para la elaboración de los distintos recubrimientos.

También se mencionan los procesos constructivos realizados por cada mano de obra, detallando las condiciones bajo las cuales trabajó cada una de ellas.

Además se presentan el material, equipo y procedimiento de las pruebas realizadas en el campo, correspondientes al mortero en estado fresco y endurecido.

Finalmente el capítulo muestra el resumen de los resultados por cada prueba, haciendo énfasis a los datos obtenidos en la medición de la adherencia de los recubrimientos ensayados.

4.2 DESCRIPCIÓN DE PAREDES DE PRUEBA.

Conforme a los requerimientos establecidos para llevar a cabo la investigación denominada “Análisis de Adherencia en Morteros para Repello en Mampostería de Bloque Concreto”, se propusieron los siguientes lineamientos para la construcción de las paredes de prueba.

4.2.1 DIMENSIONAMIENTO.

La etapa de experimentación exigió la construcción de seis paredes de ensayo, las cuales presentan dimensiones de 1.6 m de ancho por 1.0 m de altura, que fueron realizadas por un obrero capacitado por el ISCYC, siendo tres de ellas conformadas con bloques de concreto bajo norma y las otras tres con bloques comerciales; además todas las paredes fueron colocadas sobre vigas de concreto, que actúan como fundación de las mismas (ANEXO 8).

4.2.2 MATERIALES CONSTRUCTIVOS.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes materiales, de los cuales el cemento, la arena y el agua se mantienen constantes; siendo la única variable el bloque de concreto, tal como se enlista a continuación:

- A. CEMENTO: Como material cementante se utilizó únicamente Cemento de Mampostería, bajo la Norma ASTM C-91 tipo “M”, el cuál es el indicado para este tipo de obra.
- B. ARENA: Se utilizó arena proveniente del Rio Jiboa, presentando un estado húmedo al momento de ser usada para el mortero de la base de repello y en estado seco cuando se utilizó para el afinado y adobado.
- C. AGUA: El agua cumple con la condición de ser potable, ya que fue obtenida de las instalaciones del Plantel HOLCIM San Andrés, en donde fue realizada la investigación.
- D. BLOQUE DE CONCRETO: Se propuso el uso de unidades de mampostería a base de concreto, cuyas dimensiones nominales son 40x20x10 cm. A fin de ampliar la investigación se utilizaron dos clases de bloques de concreto, los fabricados bajo norma y los comúnmente llamados comerciales, estos últimos presentaban una superficie visiblemente más rugosa.

4.3 ESPECIFICACIÓN DE MANO DE OBRA.

Uno de las variables más importantes para la realización de esta investigación es la Mano de Obra, debido a que es uno de los aspectos que difícilmente pueden controlarse durante la construcción; en ANEXO 9 se presentan las utilizadas para la elaboración y colocación del mortero para repello, las cuales fueron nombradas “A”, “B” y “C” por motivos de denominación, no implicando que uno sea mejor que otro.

4.4 PROCESO CONSTRUCTIVO.

Durante el desarrollo de la investigación, fue necesaria la construcción de seis paredes de bloque de concreto y el recubrimiento con capas de mortero con diferentes espesores.

4.4.1 PAREDES REFORZADAS DE BLOQUE DE CONCRETO.

Esta actividad fue elaborada únicamente por la denominada Mano de Obra “A”, para evitar que dichas paredes conformen una variable de investigación adicional a las que se están estudiando, realizando el siguiente procedimiento:

- A. Se eligió que el sitio para la construcción de las paredes fuera el área externa del Plantel HOLCIM San Andrés, en una zona que posee una capa de concreto que sirve como superficie de soporte para las paredes.
- B. Debido a que no se realizarían excavaciones para construir las paredes, se utilizaron vigas de concreto con dimensiones de 60 x 15 x 15 cm, como base para las mismas, dichas vigas fueron elaboradas en el Centro de Investigaciones del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (CI-ISCYC).
- C. Para poder colocar el refuerzo vertical que llevarían las paredes, fue necesario perforar las vigas en los puntos en donde las varillas de acero

serían ubicadas, con un espaciamiento entre ellas de 60 cm y 80 cm (ANEXO 8).

- D. Las varillas de acero utilizadas fueron de 3/8”, y para que éstas quedaran fijas, fue utilizado un epóxico denominado “Loctite Epoxi Bonder”, el cual se colocó sobre la punta de la varilla a emplear, y luego se introdujo en la perforación con ayuda de un martillo.
- E. Los bloques fueron colocados con el procedimiento por hiladas, unidos por medio de una mezcla de mortero de proporción 1:3, que fue elaborada en el lugar de la obra con arena del Río Jiboa y cemento de mampostería.

4.4.2 REPELLO Y AFINADO.

Las seis paredes fueron recubiertas en una cara con un repello de 5 mm, el cual contó con una capa de afinado de 1 mm; dicho proceso fue realizado por las tres manos de obra utilizadas, y se trató que todos tuvieran las mismas condiciones de trabajo, el proceso utilizado en términos generales se presenta a continuación:

- A. Se utilizó una dosificación 1:3 de mortero para repello, utilizando arena del Río Jiboa, tamizada en la malla # 8, cemento de albañilería que cumple la norma ASTM C-91 y agua potable de las instalaciones del Plantel HOLCIM San Andrés.
- B. La mezcla fue realizada sobre una palangana metálica grande, se revolviaron la arena y el cemento hasta conseguir un color uniforme, y por último se colocó el agua hasta obtener la consistencia deseada.
- C. Se hicieron 2 pruebas de campo para verificar las condiciones de la mezcla del mortero:
 - i) *Prueba de la Pala:* En la cual se revuelve la mezcla con la pala y luego se enrasa la superficie de la mezcla, si ésta se ve brillante es porque está lista para usarse.

- ii) *Prueba de la Cuchara*: Consiste en tomar una cantidad de mortero con la cuchara, se sacude verticalmente 3 veces y luego se voltea, si la mezcla no se cae de ésta, quiere decir que está lista para ser utilizada.
- D. Como parte del proceso constructivo, previamente se colocaron 2 varillas de acero de 1/4”, que equivale aproximadamente a 6 mm, con una separación entre ellas de aproximadamente 1.4 m, por medio de las cuales se controló el espesor del repello.
- E. Con la mezcla lista, se empezó a azotar la pared, arrojando el mortero con la cuchara sobre la cara de la pared, dejando una superficie rugosa que se regularizó con un codal.
- F. Se procedió a sacar las varillas de 1/4” y luego se uniformizó el repello. Todo esto se realizó en el mismo instante, ya que el espesor es mínimo.
- G. Al día siguiente se continuó con el afinado, el cual es una mezcla de mortero con proporción 3:1, es decir 3 partes de cemento y 1 parte de arena que pasa el tamiz # 30, y el agua queda a la discreción del albañil debido a las condiciones del clima y de saturación de las respectivas paredes.
- H. No se permitió humedecer las paredes antes de aplicar la mezcla para el afinado, y las paredes fueron limpiadas del exceso de mortero u otro tipo de suciedad.
- I. La mezcla se colocó con una llana metálica directamente sobre la superficie de la pared, y se uniformizó con una esponja ligeramente húmeda hasta dar un acabado liso.

4.4.3 ADOBADO.

Este tipo de recubrimiento consiste en el mismo afinado que se mencionó anteriormente, con la única diferencia que es colocado directamente sobre la superficie de los bloques de concreto, y éste se utilizó en la otra cara de las

paredes de ensayo, cuyo procedimiento es explicado en los literales G, H e I, de la sección anterior.

4.4.4 CONDICIONES DE COLOCACIÓN DE LOS REPELLOS.

Debido a que se utilizaron diferentes tipos de mano de obra y que el clima fue inconstante durante la elaboración y colocación de los morteros para repello; se explican a continuación algunos de los aspectos prevalecientes para cada escenario:

- A. MANO DE OBRA “A”: La capa de repello de base fue colocada el 30 de abril, y debido a que es el albañil que trabaja según lineamientos del instituto; la forma en que él trabajó, determinó los procesos que los otros albañiles debían seguir; se tamizó la arena con la malla # 8 conservando la humedad natural de la misma, y se llevó a cabo la mezcla del mortero para repello con la proporción 1:3 a las 9:55 a.m. apreciándose un clima caluroso; no se humedecieron las paredes, pero éstas presentaban una leve humedad, especialmente en las sisas, debido a que había llovido en los días anteriores. El afinado y adobado fue realizado hasta el día 7 de Mayo, la mezcla fue realizada con la misma arena previamente puesta a secar y luego tamizada con la malla # 30, se tuvo un clima soleado y, al igual que con la colocación de la base de repello, no se permitió humedecer las superficies; presentando la pared hecha con bloques comerciales cierta humedad a la hora de colocación del mortero, debido a las lluvias de los días previos, mientras que la pared hecha con bloques bajo norma tenía una condición seca a la hora de realizar los recubrimientos.
- B. MANO DE OBRA “B”: Este albañil colocó el repello el 5 de mayo a las 10:10 a.m., utilizó las mismas proporciones que la Mano de Obra “A”, tampoco humedeció las paredes para colocar la mezcla de mortero y había un clima bastante caluroso. El afinado y adobado fue colocado al día siguiente el 6 de

mayo, utilizando una proporción 3:1, empleando la cantidad necesaria de agua para obtener una pasta manejable; debido al clima caluroso, se presentaron problemas para dar el acabado final en el adobado de la pared hecha con bloques bajo norma, por lo que quedó una superficie irregular en la misma, mientras que la pared hecha con bloques comerciales estaba ligeramente húmeda debido a la lluvia y a la hora de colocación de la mezcla.

- C. MANO DE OBRA “C”: El albañil que representa la Mano de Obra “C”, realizó el repello el día 10 de mayo a las 12:00 m.d., utilizando el proporcionamiento ya establecido, conservando las condiciones de humedad de la arena y evitando humedecer la superficie a repellar. Durante esta actividad se presentaron problemas en la pared hecha con bloques bajo norma, debido al fuerte sol que caía directamente sobre ella. El adobado y afinado fue realizado al día siguiente el 11 de mayo, sin humedecer las paredes y utilizando una esponja húmeda para regularizar la superficie de la mezcla colocada, en esta ocasión fue la pared hecha con bloques comerciales la que presentó problemas al secarse la mezcla rápidamente, debido a que estaba seca al igual que la pared hecha con bloque bajo norma.

4.5 PRUEBAS DE CAMPO.

Para cada uno de los repellos hechos por cada una de las manos de obra anteriormente especificadas, se realizaron pruebas al mortero tanto en estado fresco como en estado endurecido.

4.5.1 TIEMPO DE FRAGUADO (ASTM C-403).

Paralelamente a la construcción de los repellos, se tomó una muestra representativa del mortero elaborado por cada tipo de Mano de Obra, ésta

prueba se llevó a cabo con el material, equipo y procedimiento detallado en la sección: 3.6.2 Tiempo de Fraguado (ASTM C-403).



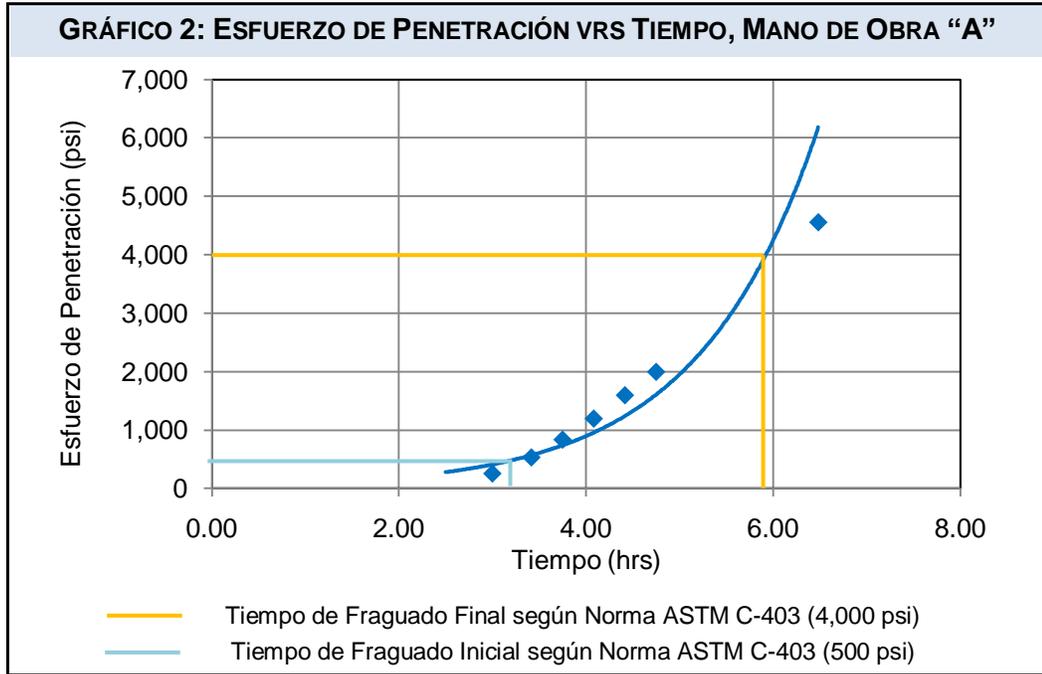
ILUSTRACIÓN 27: EQUIPO DE PRUEBA PARA REALIZAR TIEMPO DE FRAGUADO.

A. RESULTADOS: A continuación se presenta un resumen y una gráfica de los datos obtenidos de esta prueba, encontrándose las hojas de resultados en ANEXO 10.

Para la Mano de Obra “A”, se obtuvieron los siguientes esfuerzos de penetración al mortero:

TABLA 20: TIEMPO DE FRAGUADO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN, MANO DE OBRA “A”, ASTM C-403			
Tiempo (hrs)	ESFUERZO (psi)	Tiempo (hrs)	ESFUERZO (psi)
3.00	260	4.42	1,600
3.42	536	4.75	2,000
3.75	840	6.48	4,560
4.08	1,200	---	---

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

De esta gráfica se obtiene que el tiempo de fraguado inicial, cuando la resistencia a la penetración es de 500 psi, dio como resultado 3.20 horas; y el tiempo de fraguado final, que es el que se obtiene al llegar a los 4,000 psi de resistencia a la penetración, dio como resultado 5.90 horas. Obteniéndose el tiempo de fraguado, con la siguiente fórmula:

$$T_f = T_{ff} - T_{fi}$$

Donde:

T_f = Tiempo de Fraguado (Horas)

T_{ff} = Tiempo de Fraguado Final (Horas)

T_{fi} = Tiempo de Fraguado Inicial (Horas)

Sustituyendo los datos se obtiene:

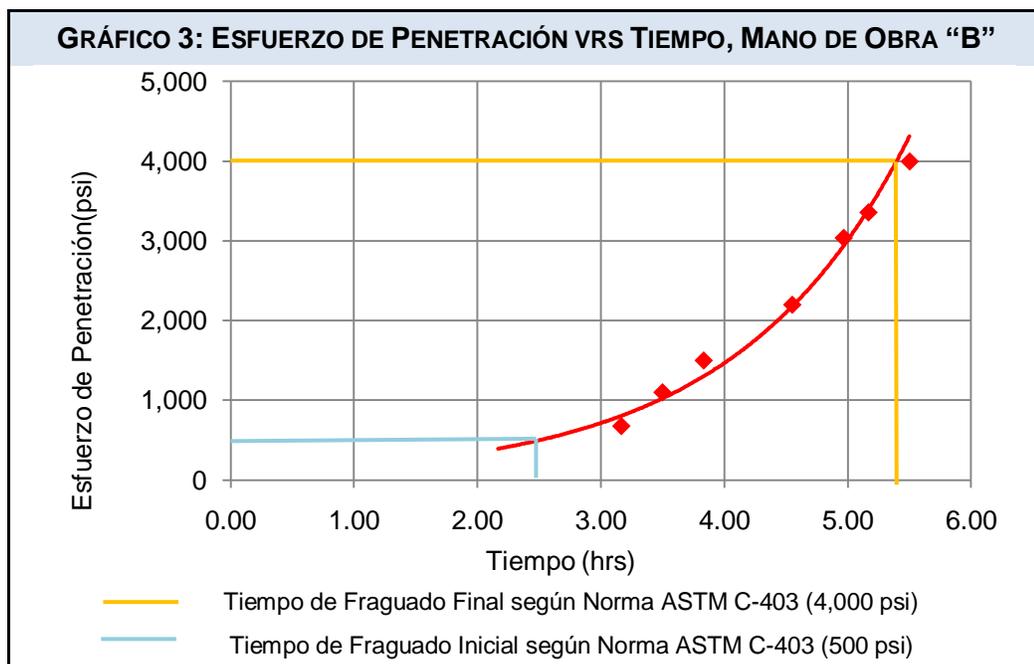
$$T_f = (5.90 - 3.20) \text{ Horas} \qquad \qquad \qquad T_f = 2.70 \text{ Horas}$$

El tiempo de fraguado para la Mano de Obra “A”, dio como resultado 2.7 horas.

Para la Mano de Obra “B”, se obtuvieron los siguientes Esfuerzos de penetración al mortero:

TABLA 21: TIEMPO DE FRAGUADO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN, MANO DE OBRA “B”, ASTM C-403			
Tiempo (hrs)	ESFUERZO (psi)	Tiempo (hrs)	ESFUERZO (psi)
3.17	676	4.97	3,040
3.50	1,100	5.17	3,360
3.83	1,500	5.50	4,000
4.55	2,200	----	----

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

De la gráfica anterior, se obtuvo un tiempo de fraguado inicial y final de 2.50 y 5.40 horas, respectivamente; obteniéndose así, el tiempo de fraguado como se muestra a continuación:

$$T_f = T_{ff} - T_{fi} \qquad T_f = (5.40 - 2.50) \text{ Horas}$$

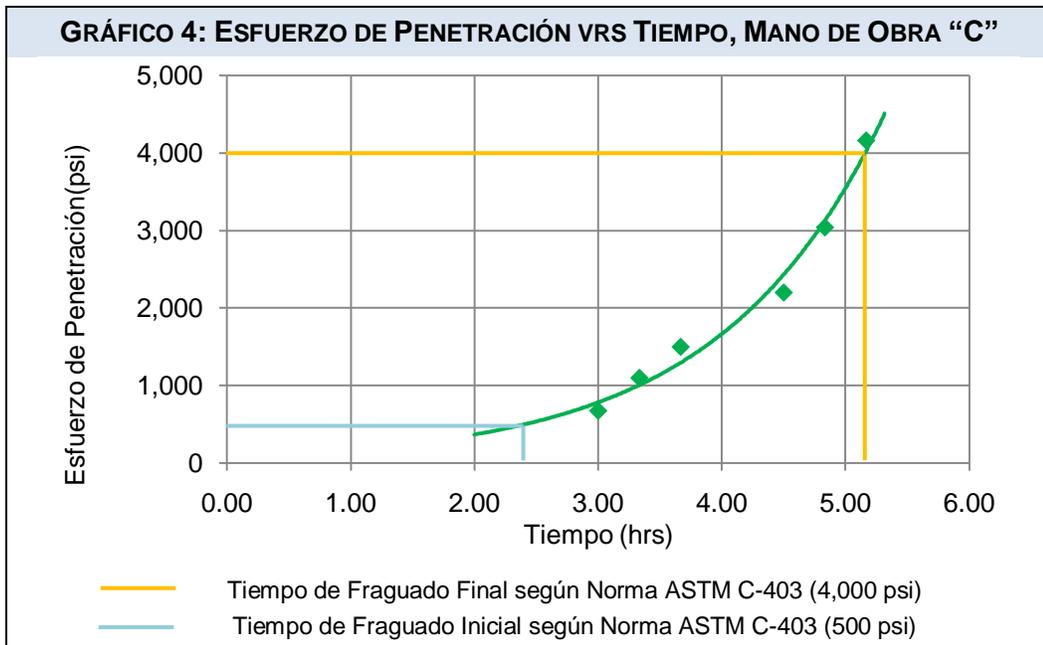
$$T_f = 2.90 \text{ Horas}$$

El tiempo de fraguado para la Mano de Obra “A”, dio como resultado 2.9 horas.

Para la Mano de Obra “C”, se obtuvieron los siguientes Esfuerzos de penetración al mortero:

TABLA 22: TIEMPO DE FRAGUADO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN, MANO DE OBRA “C”, ASTM C-403			
Tiempo (hrs)	ESFUERZO (psi)	Tiempo (hrs)	ESFUERZO (psi)
3.00	676	4.50	2,200
3.33	1,100	4.83	3,040
3.67	1,500	5.17	4,160

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

A partir de la gráfica anterior, se obtuvo un tiempo de fraguado inicial y final de 2.40 y 5.20 horas, respectivamente; obteniendo como tiempo de fraguado el siguiente:

$$T_f = T_{ff} - T_{fi}$$

$$T_f = (5.20 - 2.40) \text{ Horas}$$

$$T_f = 2.80 \text{ Horas}$$

El tiempo de fraguado para la Mano de Obra “C”, dio como resultado 2.80 horas.

4.5.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C-109).

Se tomaron muestras de mortero por cada tipo de Mano de Obra para la prueba de resistencia a la compresión; elaborando los especímenes y curándolos bajo condiciones de campo, utilizando el material, equipo y procedimiento detallado en la sección: 3.6.3 Resistencia a la Compresión (ASTM C-109).

A. RESULTADOS: En las siguientes tablas se presenta un resumen de los datos obtenidos de esta prueba, las hojas de resultados se presentan en ANEXO 11.

Para la Mano de Obra “A”, se obtuvieron los siguientes Esfuerzos de compresión al mortero:

TABLA 23: ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO CON PROPORCIÓN 1:3, MANO DE OBRA “A”, ASTM C-109				
Cubo Nº	EDAD (días)	ESFUERZO (psi)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO (kg/cm ²)
1	7	1,635.0	11.273	114.957
2	7	1,715.0	11.824	120.582
3	7	1,515.0	10.446	106.520
4	28	2,220.0	15.306	156.088
5	28	2,197.5	15.151	154.506
6	28	2,142.5	14.772	150.639

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Para la Mano de Obra “B”, se obtuvieron los siguientes Esfuerzos de compresión al mortero:

TABLA 24: ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO CON PROPORCIÓN 1:3, MANO DE OBRA “B”, ASTM C-109				
Cubo Nº	EDAD (Días)	ESFUERZO (psi)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO (kg/cm ²)
1	7	1,090.0	7.515	76.637
2	7	1,155.0	7.963	81.208
3	7	1,140.0	7.860	80.153
4	28	1,805.0	12.445	126.909
5	28	1,455.0	10.032	102.301
6	28	1,777.5	12.255	124.976

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Para la Mano de Obra “C”, se obtuvieron los siguientes Esfuerzos de compresión al mortero:

TABLA 25: ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO CON PROPORCIÓN 1:3, MANO DE OBRA “C”, ASTM C-109				
Cubo Nº	EDAD (días)	ESFUERZO (psi)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO (kg/cm ²)
1	7	1,087.5	7.498	76.462
2	7	1,057.5	7.291	74.353
3	7	1,067.5	7.360	75.056
4	28	1,545.0	10.652	108.629
5	28	1,560.0	10.756	109.684
6	28	1,640.0	11.307	115.308

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

4.5.3 ADHERENCIA O PULL OFF (ASTM D-4541).

Este método de ensayo cubre el procedimiento para la obtención y evaluación de la adherencia entre capas de mortero sobre bases rígidas como metal o concreto.

A. MATERIAL Y EQUIPO:

- i) Epóxico “Loctite Epoxi Bonder”.
- ii) Equipo para Medición de Adherencia.
- iii) Perforadora y Planta Eléctrica.
- iv) Agua, Espátulas y Compresor de Aire.

B. PROCEDIMIENTO:

- i) Se determinó la zona en donde se realizaría la medición de la adherencia, de forma que esta no coincida con las uniones entre bloques.
- ii) La perforadora fue ubicada en el lugar establecido, junto con el compresor de aire y la planta eléctrica, se tuvo el cuidado de que la broca atravesara completamente el espesor de la capa de mortero y un par de milímetros de la base de la pared de bloque de concreto.



ILUSTRACIÓN 28: EQUIPO PARA PERFORAR LAS PAREDES DE ENSAYO.

- iii) Con las paredes perforadas se procedió a colocar los discos o pastillas de aproximadamente tres pulgadas de diámetro, las cuales se pegaron

con el epóxico, aplicando presión de tal forma que ninguna porción del mortero a ensayar quede descubierta, manteniendo dicha presión alrededor de dos minutos.

- iv) Se dejaron los discos pegados durante dos horas, tiempo durante el cual el epóxico alcanza su máxima resistencia. Pasado este lapso de tiempo, se procedió a armar el equipo de medición de adherencia, en los lugares donde han sido colocados los discos, uniéndola base de éste con el disco y luego nivelándola con la superficie de la pared.
- v) Se coloca la pieza que posee el manómetro y se pone éste en cero, moviendo manualmente las dos agujas que posee; y con ayuda de una llave se hace girar el conjunto observando las mediciones del manómetro como se muestra en la siguiente ilustración.



ILUSTRACIÓN 29: EQUIPO DE MEDICIÓN DE LA ADHERENCIA.

C. RESULTADOS: En las siguientes tablas se muestra un resumen de los datos obtenidos de la medición de adherencia en campo, presentando las hojas resultados en ANEXO 12.

Los esfuerzos obtenidos en los recubrimientos elaborados por la Mano de Obra “A” se presentan en la siguiente tabla:

TABLA 26:ESFUERZO DE ADHERENCIA PARA REPELLOS HECHOS POR MANO DE OBRA “A”, ASTM D-4541				
EDAD DE ENSAYO	PARED CON BLOQUE BAJO NORMA ¹		PARED CON BLOQUE COMERCIAL ²	
	Repello, kg/cm ²	Adobado, kg/cm ²	Repello, kg/cm ²	Adobado, kg/cm ²
7 Días	2.331	1.165	2.331	0
	2.331	1.165	2.331	0
28 Días	5.827	5.827	5.827	5.827
	5.827	5.827	5.827	5.827
75 Días	10.488	5.827	10.488	10.488
	10.488	6.992	10.488	10.488
Procedencia	¹ Saltex S.A. de C.V.		² Fábrica Semi-artesanal	

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Para los recubrimientos elaborados por la Mano de Obra “B”, se tienen los siguientes esfuerzos de adherencia:

TABLA 27:ESFUERZO DE ADHERENCIA PARA REPELLOS HECHOS POR MANO DE OBRA “B”, ASTM D-4541				
EDAD DE ENSAYO	PARED CON BLOQUE BAJO NORMA ¹		PARED CON BLOQUE COMERCIAL ²	
	Repello, kg/cm ²	Adobado, kg/cm ²	Repello, kg/cm ²	Adobado, kg/cm ²
7 Días	2.331	2.331	1.165	5.827
	2.331	1.165	0	2.331
28 Días	2.331	6.992	0	6.992
	2.331	6.992	2.331	6.992
75 Días	3.496	8.157	3.496	9.322
	3.496	8.157	3.496	10.488
Procedencia	¹ Saltex S.A. de C.V.		² Fábrica Semi-artesanal	

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Finalmente se presentan los resultados de la medición de adherencia para los recubrimientos elaborados por la Mano de Obra “C”:

TABLA 28: ESFUERZO DE ADHERENCIA PARA REPellos HECHOS POR MANO DE OBRA “C”, ASTM D-4541				
EDAD DE ENSAYO	PARED CON BLOQUE BAJO NORMA ¹		PARED CON BLOQUE COMERCIAL ²	
	Repello, kg/cm ²	Adobado, kg/cm ²	Repello, kg/cm ²	Adobado, kg/cm ²
7 Días	0	0	2.331	2.331
	0	0	0	2.331
28 Días	2.331	2.331	2.331	3.496
	2.331	2.331	2.331	2.331
75 Días	3.496	2.331	3.496	5.827
	3.496	2.331	2.331	6.992
Procedencia	¹ Saltex S.A. de C.V.		² Fábrica Semi-artesanal	

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Durante la realización de las mediciones de adherencia, se obtuvieron diferentes tipos de fallas, la ocurrencia de éstas es impredecible, por lo cual para el desarrollo de la investigación, el análisis de adherencia se basó únicamente en los resultados obtenidos de las lecturas del manómetro, sin tomar en cuenta el tipo de falla que se obtuvo durante el arrancamiento.

Los diferentes tipos de fallas presentadas durante la realización de los ensayos, se presentan en ANEXO 13, en el cual se muestra un esquema representativo del tipo de fallas y la tabulación de los resultados de campo con su respectiva representación gráfica.



**“ANÁLISIS DE ADHERENCIA EN MORTEROS PARA
REPELLO EN MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE
CONCRETO”**

**CAPÍTULO V:
PROCESAMIENTO Y
ANÁLISIS DE
RESULTADOS.**

5.1 INTRODUCCIÓN.

La evaluación del desempeño de la adherencia de los recubrimientos utilizados en el desarrollo de esta investigación, fue determinada a partir del procesamiento y análisis de los resultados de las pruebas realizadas en campo y en laboratorio. Por lo cual se plantea en este capítulo, en un inicio, la evaluación de los componentes del mortero, analizando propiedades como resistencia a la compresión para el cemento, y para la arena, la granulometría y el módulo de finura.

Luego de esta etapa, se desarrolló la evaluación del desempeño de los bloques de concreto tomando parámetros como resistencia a la compresión, absorción, peso volumétrico y contenido de humedad, para los dos tipos de unidades utilizadas. Además, se realizó la comparación de los resultados obtenidos en campo y en laboratorio de las pruebas realizadas al mortero, de las cuales se pueden mencionar el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión, en los estados plástico y endurecido respectivamente.

Como última etapa, se llevó a cabo la evaluación de la adherencia de los recubrimientos, comparando su desempeño de acuerdo a la mano de obra empleada y de los tipos de bloque de concreto utilizados, tomando en cuenta las condiciones ambientales y el proceso constructivo para su fabricación y colocación.

5.2 EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MORTERO.

Para desarrollar la actual investigación, es de mucha importancia conocer las características de los componentes empleados para la elaboración del mortero, por lo cual se presenta a continuación, un análisis basado en la comparación de los datos obtenidos en laboratorio con lo especificado en las normas aplicables.

5.2.1 CEMENTO.

A. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CEMENTO ASTM C-91 TIPO “M” (ASTM C-109): En la *Tabla 1*, Requerimientos Físicos de la Norma ASTM C-91, se establecen los valores mínimos que el esfuerzo a la compresión de los especímenes cúbicos de ensayo deben poseer a los 7 y 28 días; a continuación se presenta una comparación de estos valores con los datos obtenidos en laboratorio, que se encuentran en la *Sección 3.5.2* del actual documento.

TABLA 29: COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON REQUISITOS DE ASTM C-91				
Edad de Ensayo (días)	Resistencia Mínima a la compresión, ASTM C-91		Resistencia Promedio a la Compresión	
	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²
7	12.40	126.44	23.54	240.04
28	20.00	203.94	26.61	271.35

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Según la comparación anterior, para ambas edades de ensayo se tienen datos satisfactorios de la resistencia a la compresión de los especímenes, por lo cual se comprueba que el cemento utilizado en la investigación, posee las características que lo hacen idóneo para su empleo en la fabricación del mortero.

5.2.2 ARENA.

A. GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA (ASTM C-136): La granulometría de la arena utilizada es aceptable, debido a que se encuentra dentro de los límites establecidos en la *Sección 6.1* de la Norma ASTM C-897, según se muestra en la curva granulométrica de ANEXO 3; además en la *Sección 6.1.1* de la misma Norma, se especifican porcentajes máximos de material retenido para ciertas mallas, en primer lugar, se establece que no

más del 50% del material debe quedar retenido entre dos mallas consecutivas, requisito que se cumple tal como se puede observar en *Tabla 11* de la *Sección 3.3.1* de este documento, así como también de dicha tabla se verifica que entre las mallas # 50 y # 100 no se retiene más del 25% del material tamizado, cumpliendo en ambos casos con lo establecido en la sección antes mencionada de la Norma ASTM C-897.

Con respecto al módulo de finura, el agregado presenta un valor de 2.202, el cual es aceptable, pues según la *Sección 6.1.2* de la Norma citada anteriormente, se requiere que dicho valor se encuentre entre 2.05 y 3.05.

- B. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (ASTM C-128): En la *Sección 3.3.2* de este documento, se presentan los valores obtenidos para gravedad específica y absorción, según lo especificado por la Norma ASTM C-128, dichos valores son importantes para fijar la cantidad de agua para la dosificación de la mezcla de mortero.

5.3 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO.

Los bloques de concreto utilizados en la investigación, tenían diferentes procedencias, los normados de la fábrica de Saltex S.A. de C.V. y los comerciales de una fábrica Semi-artesanal; debido a esta diferencia de origen, se hizo necesario el análisis de las propiedades para el estudio de los mismos, a fin de verificar si éstos cumplen con la Norma ASTM C-90.

5.3.1 COMPARACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO, ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD POR TIPO DE BLOQUE.

De acuerdo a los datos presentados en la *Tabla 9*, en la *Sección 3.2.1* de este documento, se observa que tanto los bloques comerciales como los normados,

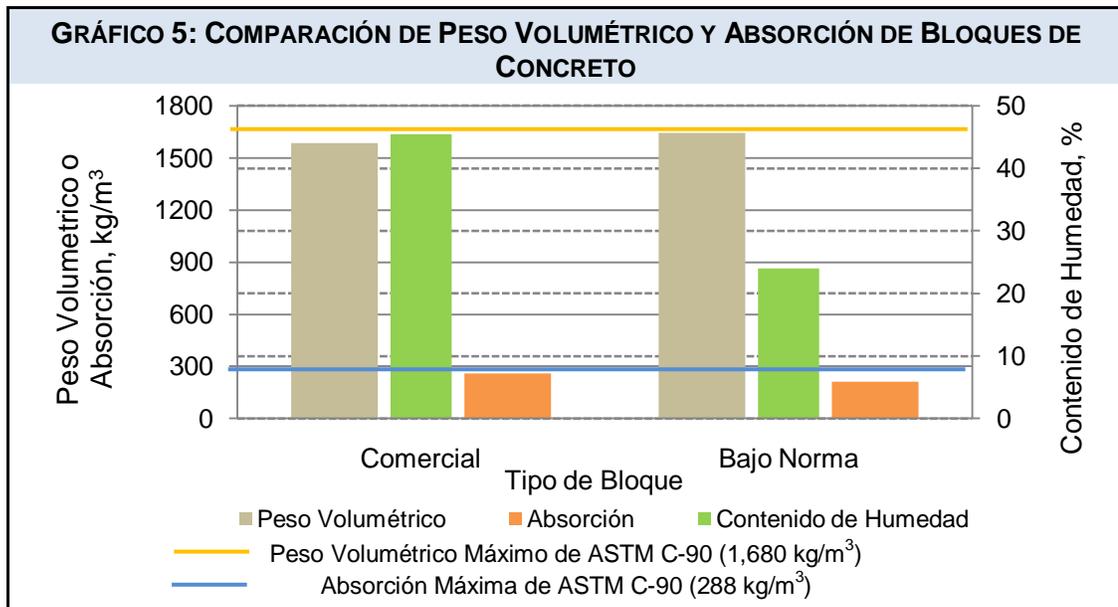
cumplen con la clasificación de Peso Ligero, ya que sus respectivos pesos volumétricos son menores al valor máximo para esta clasificación, que se presenta en la *Tabla 2*, Requerimientos de Resistencia y Absorción, de la Norma ASTM C-90 y que se reproduce en la *Tabla 5*, *Sección 2.3.3* de este documento.

En la siguiente tabla se detallan los valores promedio para absorción, peso volumétrico y contenido de humedad, por cada tipo de bloque, siendo comparados con los requisitos propuestos por la Norma ASTM C-90.

TABLA 30: COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DE BLOQUES DE CONCRETO CON REQUISITOS DE NORMA ASTM C-90			
Tipo de Bloque	Peso Volumétrico, kg/m ³	Absorción, kg/m ³	Contenido de Humedad, %
Comercial	1,585.580	258.618	45.4767
Bajo Norma	1,644.078	210.471	24.003
Norma ASTM C-90	1,680.00 (Máx.)	288.00 (Máx.)	----

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

La representación gráfica de esta tabla se muestra a continuación:



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Con base a la gráfica anterior se verifica que ambos tipos de bloques cumplen con las propiedades exigidas por la Norma ASTM C-90, en cuanto a peso volumétrico y absorción se refiere.

El contenido de humedad de los bloques comerciales, presenta un valor considerablemente alto, cercano al 50%, mientras que los bloques bajo norma poseen un contenido de humedad equivalente a la mitad del resultado de las unidades comerciales.

5.3.2 COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR TIPO DE BLOQUE.

Con los datos presentados en la *Tabla 10*, en la *Sección 3.2.2* de este documento, se observa que ambos tipos de bloques, cumplen con la clasificación de Peso Ligero, ya que sus respectivos pesos volumétricos son menores al valor máximo para esta clasificación, que se presenta en la *Tabla 2*, Requerimientos de Resistencia y Absorción, de la Norma ASTM C-90 y que se reproduce en la *Tabla 5*, *Sección 2.3.3* del actual documento.

En la tabla posterior se presentan los valores promedio de la resistencia a la compresión, por cada tipo de bloque, siendo comparados con los requisitos propuestos por la Norma ASTM C-90; por lo que se determina, que ninguno de los mismos cumple con el requisito mínimo de la norma mencionada.

TABLA 31: COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO CON REQUISITOS DE NORMA ASTM C-90		
Tipo de Bloque	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	MPa	kg/m ²
Comercial	5.535	56.446
Bajo Norma	7.200	73.417
Norma ASTM C-90	13.10 (Mín.)	133.583 (Mín.)

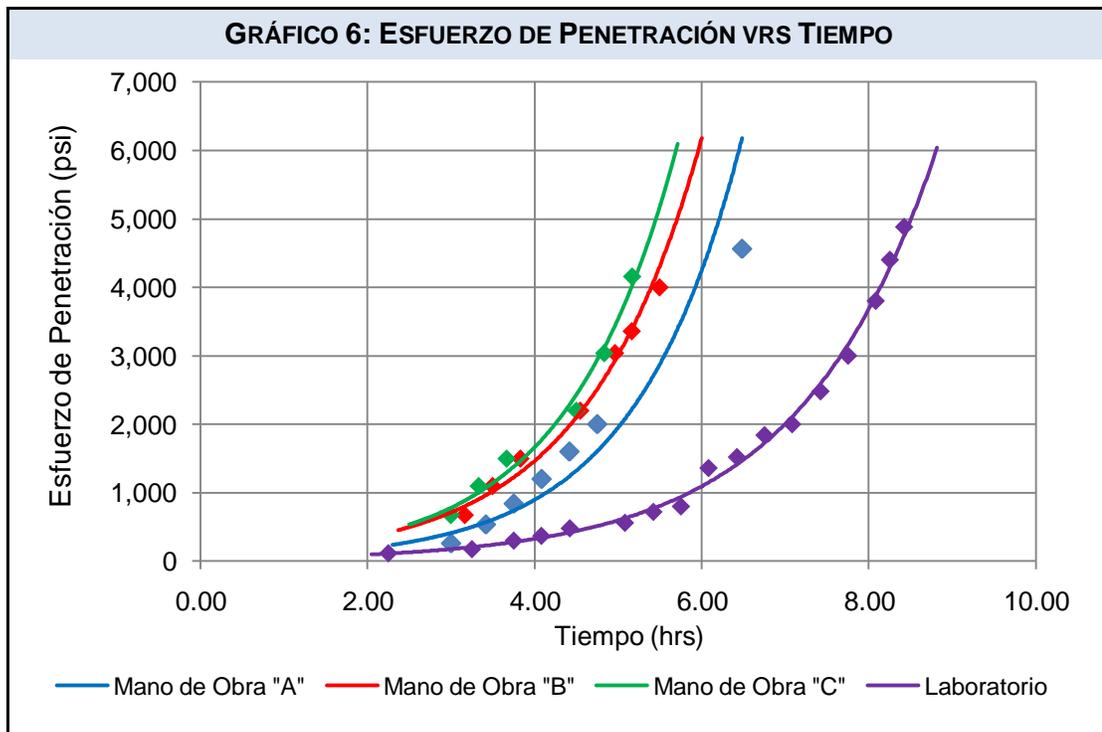
FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

5.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO Y CAMPO, DEL MORTERO CON PROPORCIÓN 1:3.

El mortero como principal componente a evaluar, debe ser caracterizado tanto en estado fresco y endurecido, por lo cual se presenta a continuación, una interpretación basada en la comparación de los datos obtenidos en laboratorio con los resultados de las mezclas elaboradas por las manos de obra utilizadas.

5.4.1 TIEMPO DE FRAGUADO.

Para esta sección, los resultados a analizar se encuentran en la *Tabla 18*, de la *Sección 3.6.2*, para los resultados de Tiempo de Fraguado en Laboratorio; mientras que para los datos de campo para cada tipo de Mano de Obra, se presentan en las *Tablas 20, 21 y 22*, de la *Sección 4.5.1* del actual documento, los que se encuentran representados en la siguiente gráfica:



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

La variación en los tiempos de fraguado, para cada tipo de mano de obra con respecto a las condiciones de laboratorio, depende principalmente de los factores ambientales, cantidad de agua y hora de fabricación de la mezcla, siendo este último factor el más influyente en acelerar el endurecimiento del mortero, notándose claramente esta situación en la curva que representa a la Mano de Obra “C”, que tal como se describió en la *Sección 4.4.4* del actual documento, la mezcla fue realizada a las 12:00 m.d. teniendo un clima caluroso, condiciones que propiciaron el fraguado acelerado del mortero.

Esta situación también se presentó en las restantes manos de obra, aún cuando éstas fueron fabricadas alrededor de las 10:00 a.m.; caso contrario de las condiciones de laboratorio en donde la mezcla fue realizada a las 8:15 a.m. bajo clima templado constante, ya que se encontraba dentro de las instalaciones del CI-ISCYC. Sin embargo, según las tendencias mostradas en la gráfica anterior, la Mano de Obra “A” es la que se asemeja más al comportamiento de la mezcla en laboratorio.

En la siguiente tabla se muestran los datos correspondientes a los tiempos de fraguado iniciales y finales, para las condiciones de laboratorio y las mezclas elaboradas en campo por las manos de obra antes mencionadas.

TABLA 32: COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE FRAGUADO				
Tiempo de Fraguado	LABORATORIO	MANO DE OBRA “A”	MANO DE OBRA “B”	MANO DE OBRA “C”
INICIAL (horas)	4.7	3.2	2.5	2.4
FINAL (horas)	8.1	5.9	5.4	5.2

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Con estos resultados se observa la diferencia existente entre las condiciones de laboratorio y campo, tal como se ha mencionado con anterioridad, destacándose la similitud de los resultados de campo, notándose que la Mano de Obra “A” tiende a semejarse más a las condiciones ideales de laboratorio, al tener tiempos de fraguado inicial y final más prolongados, con respecto a las

restantes manos de obra, por lo cual la mezcla elaborada por dicho albañil tuvo un período de trabajabilidad más adecuado para llevar a cabo el recubrimiento.

Cuando los tiempos de fraguado son cortos, se reduce el tiempo de trabajo que tiene el albañil para colocar el repello, pues la mezcla pierde su plasticidad y manejabilidad, lo que obliga la adición de agua para conservar la trabajabilidad de la misma.

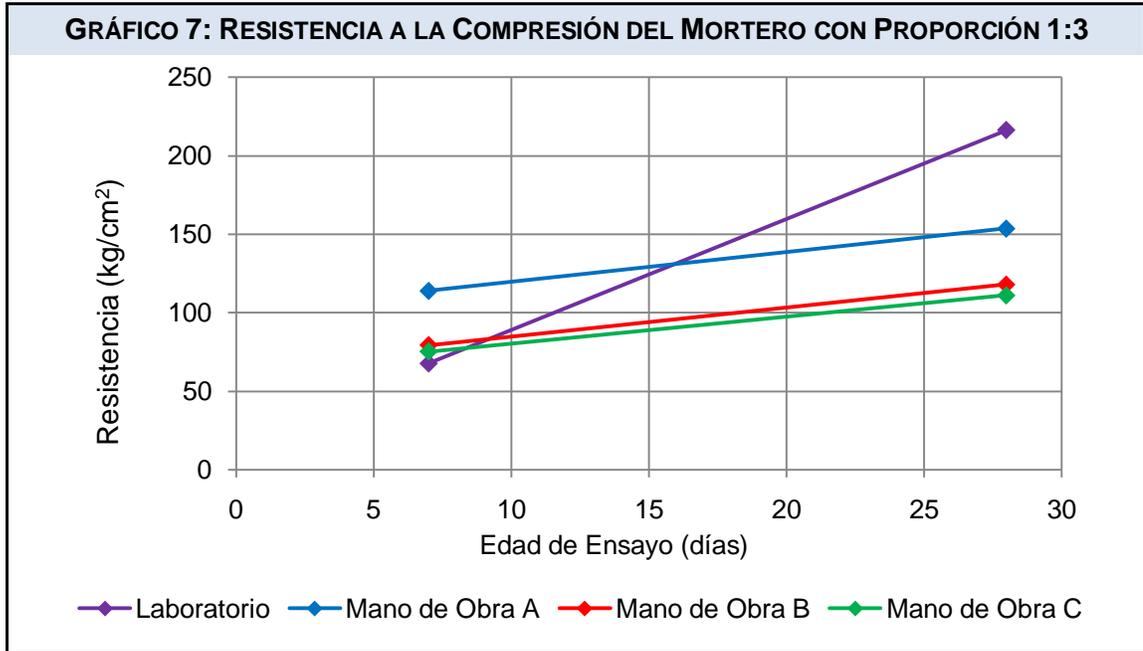
5.4.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

En esta sección, los datos a analizar se encuentran en la *Tabla 19*, de la *Sección 3.6.3*, para los resultados de Resistencia a la Compresión en Laboratorio; mientras que para los resultados de campo para cada tipo de Mano de Obra, se presentan en las *Tablas 23, 24 y 25*, de la *Sección 4.5.2* del actual documento, los que se encuentran resumidos en la siguiente tabla:

TABLA 33: COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO CON PROPORCIÓN 1:3 ELABORADOS EN CAMPO Y LABORATORIO			
Procedencia	Edad (días)	ESFUERZO PROMEDIO	
		MPa	kg/cm ²
MANO DE OBRA “A”	7	11.181	114.020
	28	15.077	153.744
MANO DE OBRA “B”	7	7.780	79.333
	28	11.578	118.062
MANO DE OBRA “C”	7	7.383	75.290
	28	10.905	111.207
LABORATORIO	7	6.659	67.908
	28	21.230	216.496

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

A partir de estos datos se presenta la siguiente gráfica:



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

De la gráfica se puede observar que los resultados iniciales obtenidos en campo presentan resistencias mayores que los datos de laboratorio, debido a las condiciones poco controladas de curado de los especímenes en campo, provocando un fraguado acelerado de los mismos, ocasionando que las muestras no alcanzaran la resistencia debida a los 28 días, tal como se observa en la tendencia de la muestra de laboratorio.

Es de hacer notar la similitud de la tendencia entre las manos de obra, la cual se relaciona a la cantidad de agua utilizada para la mezcla elaborada por cada albañil, ya que ésta fue agregada según el criterio de cada uno de ellos, dependiendo de las condiciones imperantes del clima.

5.5 EVALUACIÓN DE LA ADHERENCIA O PULL OFF DE LOS RECUBRIMIENTOS POR TIPO DE MANO DE OBRA.

Con los datos obtenidos en campo de las mediciones de adherencia sobre los recubrimientos utilizados en la investigación, se hicieron comparaciones de la

mano de obra y de los tipos de bloque utilizados, a fin de establecer la mejor combinación de condiciones para mejorar la adherencia, verificando la influencia que tienen en ella los factores ambientales, procesos constructivos y las características de los materiales utilizados.

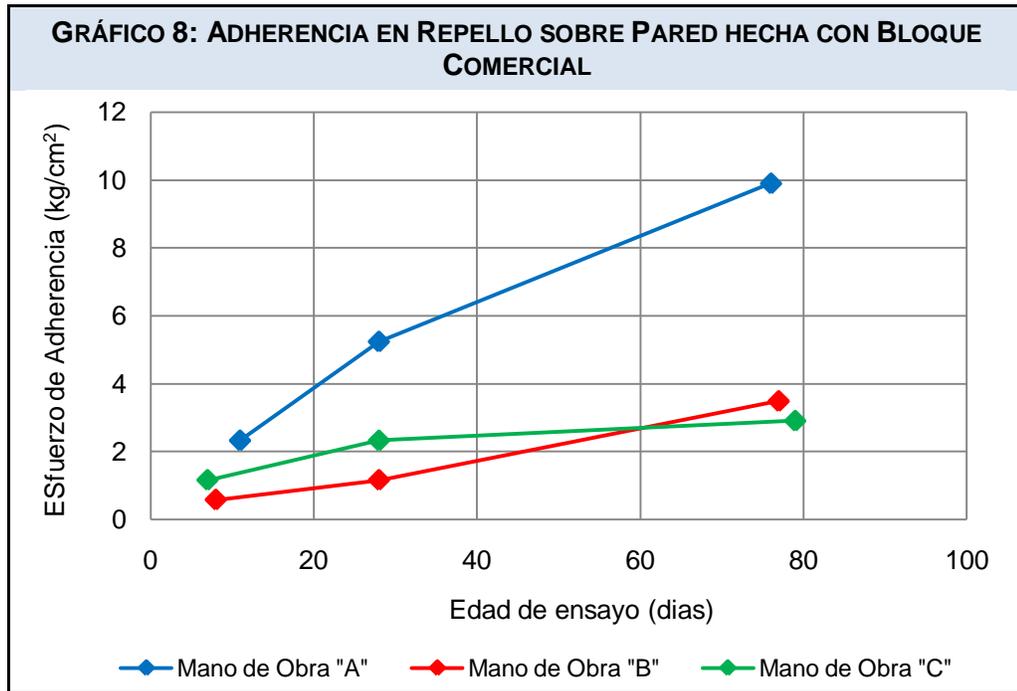
5.5.1 ADHERENCIA O PULL OFF PARA REPELLO.

A. BLOQUE COMERCIAL: Para esta Sección, los resultados de campo por cada tipo de Mano de Obra, se encuentran en las *Tablas 26, 27 y 28*, de la *Sección 4.5.3* del presente documento, las que se resumen en la siguiente tabla, donde se muestran los valores promedio del esfuerzo obtenido, en las edades estándar de 7, 28 y 75 días.

TABLA 34: ESFUERZO PROMEDIO DE ADHERENCIA EN REPELLO SOBRE PARED HECHA CON BLOQUE COMERCIAL			
Mano de Obra	Edad de ensayo (día)	Esfuerzo Promedio	
		MPa	kg/cm ²
“A”	7	0.229	2.331
	28	0.514	5.244
	75	0.971	9.905
“B”	7	0.057	0.583
	28	0.114	1.165
	75	0.343	3.496
“C”	7	0.114	1.165
	28	0.229	2.331
	75	0.286	2.913

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Estos datos se presentan en la siguiente gráfica:



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

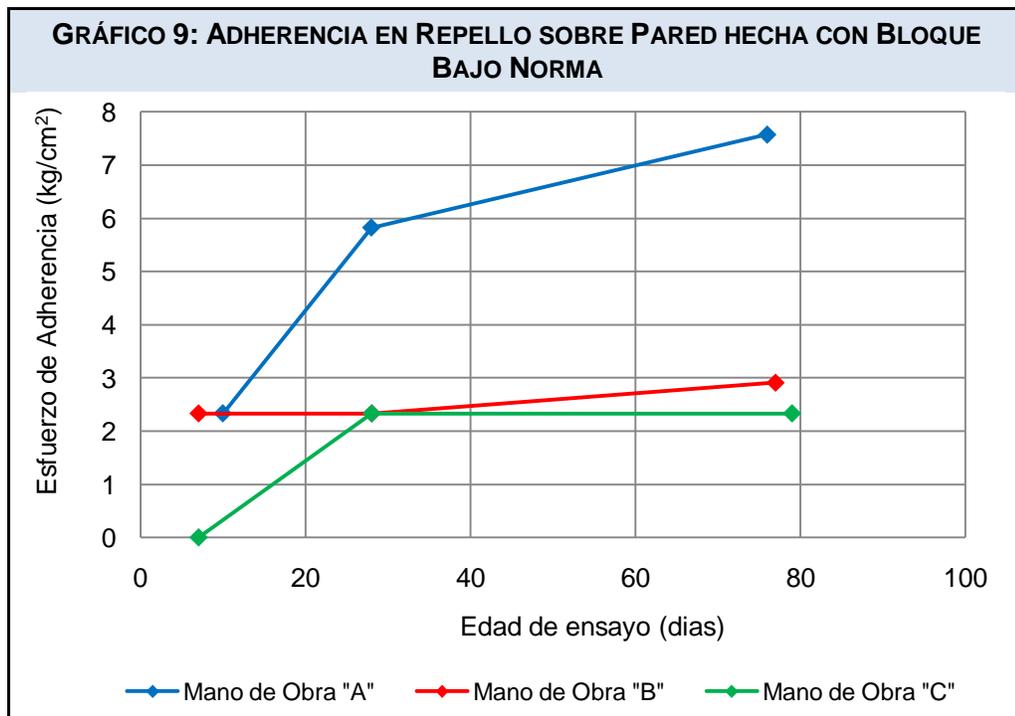
Preliminarmente se observa un mejor desempeño de la Mano de Obra “A”, basado en los resultados de adherencia, con respecto a las restantes manos de obra; debido a que dicha mano de obra trabajó bajo las condiciones ya establecidas para la investigación, principalmente en el caso del proceso constructivo en referente a la cantidad de agua que utilizó, ya que fue el obrero que uso la menor cantidad.

B. BLOQUE BAJO NORMA: A continuación se presentan los resultados de campo para cada tipo de Mano de Obra, que se encuentran en las *Tablas 26, 27 y 28*, de la *Sección 4.5.3* del presente documento, cuyos valores promedios de esfuerzo de adherencia por edad (7, 28 y 75 días) se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 35: ESFUERZO PROMEDIO DE ADHERENCIA EN REPELLO SOBRE PARED HECHA CON BLOQUE BAJO NORMA			
Mano de Obra	Edad de ensayo (día)	Esfuerzo Promedio	
		MPa	kg/cm ²
“A”	7	0.229	2.331
	28	0.571	5.827
	75	0.743	7.574
“B”	7	0.229	2.331
	28	0.229	2.331
	75	0.286	2.913
“C”	7	0	0
	28	0.229	2.331
	75	0.229	2.331

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Estos datos se muestran en la siguiente gráfica:



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Al igual que en el caso de los bloques comerciales, se observa en las paredes hechas con bloque bajo norma, mejor desempeño de la Mano de

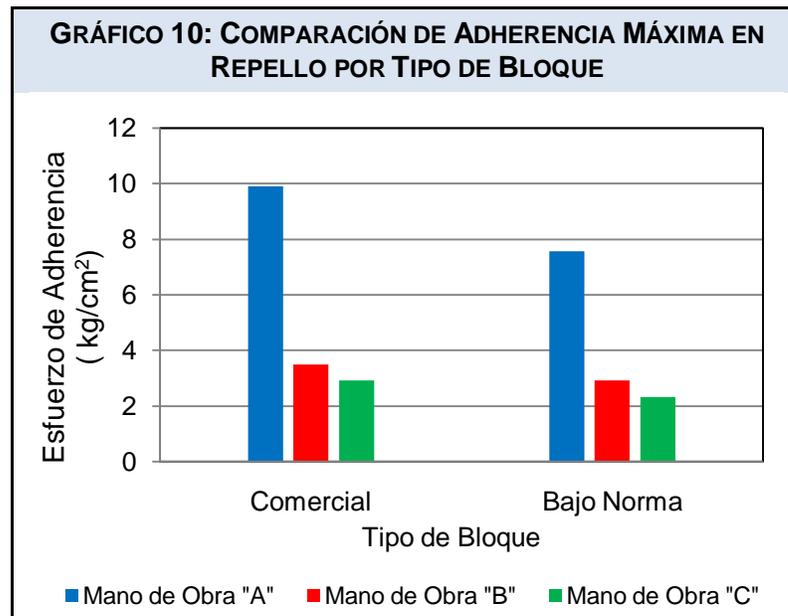
Obra “A”, con respecto a las restantes manos de obra, las cuales mantuvieron un comportamiento relativamente constante, en el período comprendido entre los 28 y 75 días de edad de los repellos.

C. COMPARACIÓN DE ESFUERZOS DE ADHERENCIA SEGÚN EL TIPO DE BLOQUE: Para llevar a cabo el análisis de los resultados de repello, que se presentaron en las tablas 33 y 34, se han resumido los esfuerzos máximos promedio por cada mano de obra, los cuales se presentan a continuación:

TABLA 36: ADHERENCIA MÁXIMA DE REPELLO POR TIPO DE BLOQUE			
Tipo de Bloque	Mano de Obra "A"	Mano de Obra "B"	Mano de Obra "C"
COMERCIAL	9.905 kg/cm ²	3.496 kg/cm ²	2.913 kg/cm ²
BAJO NORMA	7.574 kg/cm ²	2.913 kg/cm ²	2.331 kg/cm ²

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Partiendo de los datos anteriores se hace la siguiente representación gráfica:



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Los repellos realizados sobre paredes hechas con bloques comerciales presentaron resultados de adherencia mayores que los elaborados sobre paredes con bloques bajo norma, debido principalmente a las características físicas de dichas unidades, tales como su valor de absorción y el aspecto rugoso presentado por el bloque en su superficie, las cuales proveen al mortero las condiciones idóneas para adherirse a dichos bloques.

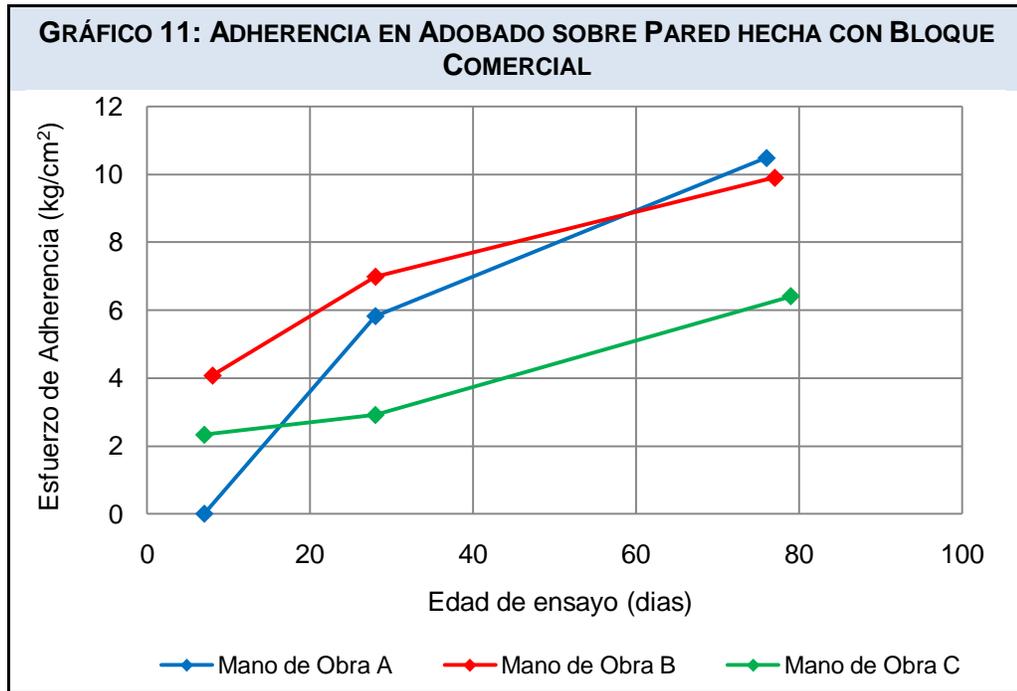
5.5.2 ADHERENCIA O PULL OFF EN ADOBADO.

A. BLOQUE COMERCIAL: En la siguiente tabla se presentan los valores promedio de los esfuerzos obtenidos en campo por cada tipo de Mano de Obra, los cuales se encuentran en las *Tablas 26, 27 y 28*, de la *Sección 4.5.3* del presente documento.

TABLA 37: ESFUERZO PROMEDIO DE ADHERENCIA EN ADOBADO SOBRE PARED HECHA CON BLOQUE COMERCIAL			
Mano de Obra	Edad de ensayo (día)	Esfuerzo Promedio	
		MPa	kg/cm ²
“A”	7	0	0
	28	0.571	5.827
	75	1.028	10.488
“B”	7	0.400	4.079
	28	0.686	6.992
	75	0.971	9.905
“C”	7	0.229	2.331
	28	0.286	2.913
	75	0.628	6.409

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Estos datos se presentan en la siguiente gráfica:



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

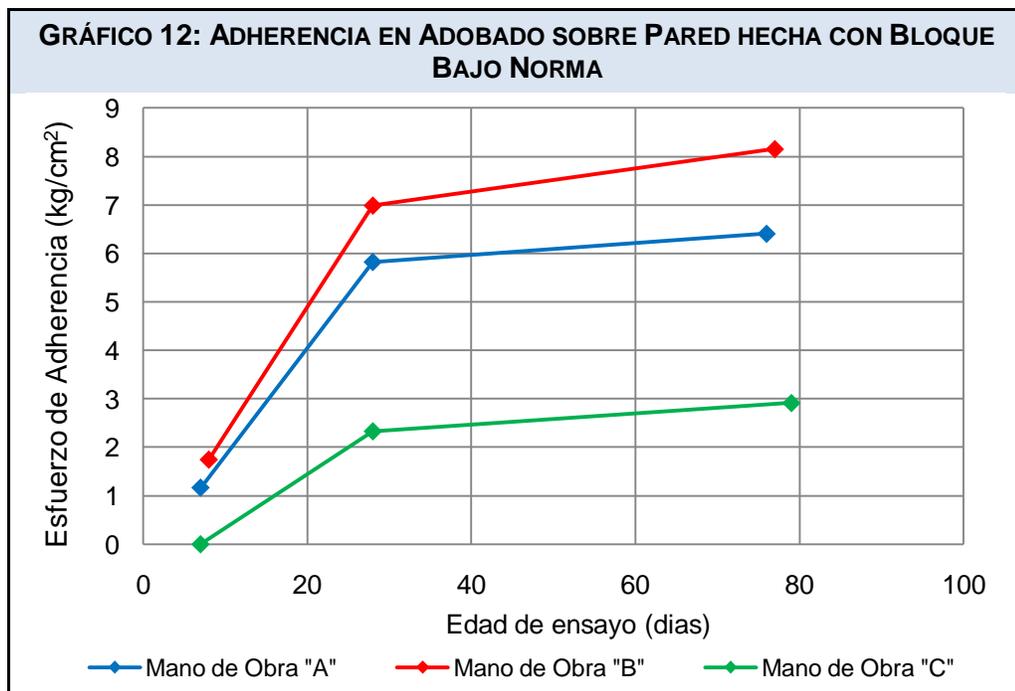
En este caso el desempeño de las Manos de Obra “A” y “B”, es superior al de la Mano de Obra “C”, esto se debió a que el proceso constructivo empleado por los primeros dos albañiles, fue desarrollado en menor tiempo a comparación del último obrero, lo que causó que el adobado de éste, fuera terminado a horas cercanas al mediodía, lo que contribuyó a un secado acelerado de la capa de mortero colocada.

- B. BLOQUE BAJO NORMA: A continuación se presentan los resultados de campo para cada tipo de Mano de Obra, que se encuentran en las *Tablas 26, 27 y 28*, de la *Sección 4.5.3* del presente documento, cuyos valores promedios de esfuerzo de adherencia por edad se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 38: ESFUERZO PROMEDIO DE ADHERENCIA EN ADOBADO SOBRE PARED HECHA CON BLOQUE BAJO NORMA			
Mano de Obra	Edad de ensayo (día)	Esfuerzo Promedio	
		MPa	kg/cm ²
“A”	7	0.114	1.165
	28	0.571	5.827
	76	0.628	6.409
“B”	8	0.171	1.748
	28	0.686	6.992
	77	0.800	8.157
“C”	7	0	0
	28	0.229	2.331
	79	0.286	2.913

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

A continuación se muestra la representación gráfica de estos datos:



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Para las tres manos de obra se obtuvieron tendencias similares de adquisición de la adherencia en el tiempo. La Mano de Obra “B” presentó los

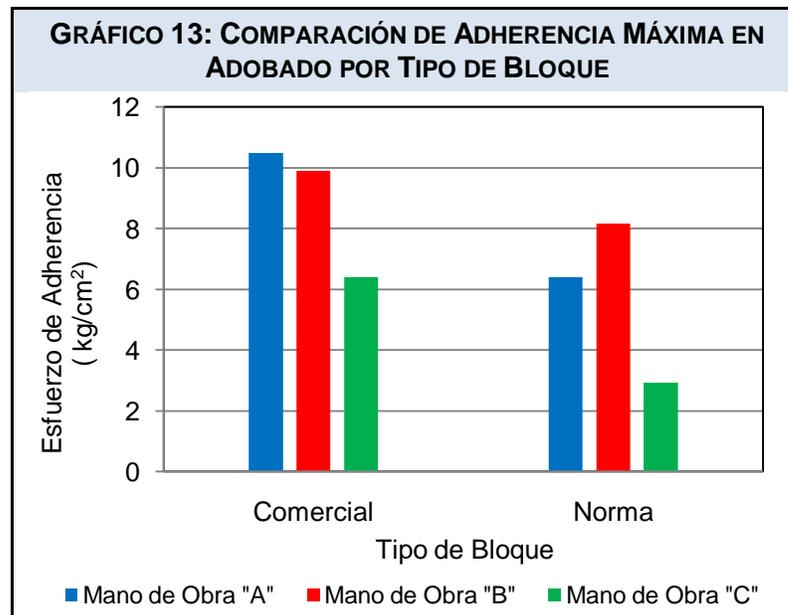
mayores resultados debido a la habilidad de dicho albañil en la colocación de la mezcla, aún cuando los tres trabajaron bajo condiciones similares de clima y de humedad de las paredes.

C. COMPARACIÓN DE ESFUERZOS DE ADHERENCIA SEGÚN EL TIPO DE BLOQUE: Para analizar los resultados de adobado, que se presentaron en las tablas 36 y 37, se han resumido los esfuerzos máximos promedio por cada mano de obra, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 39: ADHERENCIA MÁXIMA DE ADOBADO POR TIPO DE BLOQUE			
Tipo de Bloque	Mano de Obra "A"	Mano de Obra "B"	Mano de Obra "C"
COMERCIAL	10.488 kg/cm ²	9.905 kg/cm ²	6.409 kg/cm ²
NORMA	6.409 kg/cm ²	8.157 kg/cm ²	2.913 kg/cm ²

FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

A continuación se muestra la representación gráfica de estos datos:



FUENTE: GRUPO EJECUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.

Al igual que con los resultados obtenidos con el repello se observa en la gráfica anterior, que los adobados realizados sobre paredes hechas con

bloques comerciales presentaron resultados de adherencia mayores que los elaborados sobre paredes con bloques bajo norma.

Las características que influyeron en la obtención de estos resultados, fueron en una primera instancia debido a la superficie rugosa de los bloques comerciales, además de las condiciones ambientales favorables al momento de colocar el adobado sobre las paredes, ya que se hicieron en las primeras horas de la mañana, caso contrario al del adobado de los bloques bajo norma, que fueron elaborados alrededor de las 10:00 a.m. con un ambiente más caluroso que los primeros.

Es importante mencionar que los resultados de adherencia del adobado fueron mayores que los obtenidos en el repello, para todas las condiciones de evaluación, destacando así que a menor espesor de recubrimiento se obtienen valores mayores de adherencia.

Para llegar a los resultados de adherencia, se llevó a cabo la caracterización de materiales utilizados en la investigación, todo el proceso de realización de pruebas necesarias con sus respectivas designaciones y requerimientos, se desarrolla en ANEXO 14.

CONCLUSIONES.

- ❖ Los componentes básicos del mortero, es decir la arena y el Cemento de Mampostería ASTM C-91 Tipo “M”, cumplen con los requisitos exigidos por la normativa, que permitirían un comportamiento adecuado en la fabricación del mortero, por lo cual las diferencias en los resultados de adherencia se deben a los tipos de bloques utilizados y de las manos de obra empleadas.
- ❖ La cantidad de agua utilizada y las condiciones ambientales imperantes durante la elaboración de las mezclas elaboradas en campo, fueron determinantes para que dichos morteros sufrieran un fraguado acelerado, lo cual influyó en la diferencia con los resultados obtenidos en el laboratorio.
- ❖ La adherencia de los repellos de 5mm, que fueron elaborados por la Mano de Obra “A” mostraron mejores resultados con respecto a las otras manos de obra empleadas, ya que con dicho albañil se ha obtenido el valor máximo de adherencia el cuál es de 9.905 kg/cm^2 , correspondiente a la pared hecha con bloques comerciales.
- ❖ Aún cuando se quiso estandarizar la cantidad de agua utilizada para elaborar la mezcla, esto fue imposible, debido a las condiciones ambientales a la que cada obrero estuvo expuesto; pero fue la Mano de Obra “A”, quien menos agua utilizó, y considerando los resultados obtenidos con el trabajo de este obrero, se verifica que con una cantidad apropiada de agua la adherencia tiene un mejor desarrollo.
- ❖ Los bloques de concreto con absorción cercana al máximo permitido por la Norma ASTM C-90 y con altos contenidos de humedad natural, ayudan a la obtención de valores mayores de adherencia como se verificó en los resultados obtenidos en los bloques comerciales que poseen dichas características, en comparación con los bloques bajo norma que las tenían en menor proporción.

- ❖ La adherencia de los adobados de 1 mm, que fueron elaborados por las Manos de Obra “A” y “B”, tuvieron desempeños similares, pero fue el primer albañil quien obtuvo el valor máximo de adherencia de 10.488 kg/cm², obtenido en la pared hecha con bloques comerciales, mientras que el otro albañil obtuvo el máximo valor pero en la pared con bloques bajo norma, con un esfuerzo de 8.157 kg/cm², ambos datos comparados a la edad de ensayo de 75 días.
- ❖ De acuerdo a lo planteado en una de las hipótesis de la investigación, al disminuir los espesores de mortero, se obtienen mayores valores de adherencia, esto se verifica al comparar los resultados presentados por los repellos de 5 mm con los obtenidos por los adobados de 1 mm, ya que éstos últimos tuvieron esfuerzos de adherencia superiores tanto en las paredes hechas con bloques comerciales como las elaboradas con bloques bajo norma.
- ❖ El uso de mano de obra no capacitada y técnicas constructivas irregulares, contribuyen a la reducción de la adherencia del mortero, de acuerdo a la investigación, el proceso constructivo de la Mano de Obra “A”, caracterizado por el uso del contenido óptimo del agua, se considera como el más adecuado a partir de la comparación de su comportamiento, que se asemeja a las condiciones de laboratorio, en el caso del tiempo de fraguado y resistencia a la compresión del mortero.
- ❖ Para conseguir mayores resultados de adherencia se deben utilizar mezclas en donde se evite el uso de altas proporciones de arena, ya que esta situación disminuye la concentración de cemento, con una consecuente disminución de la cohesión interna del mortero.

RECOMENDACIONES.

- ❖ Para un ahorro económico sustancial tanto en los materiales como en la Mano de Obra, se deben realizar repellos de aproximadamente 5 mm, ya que son colocados en una sola capa e idóneos para obtener valores de adherencia mayores.
- ❖ Para futuras investigaciones, se debe evitar el uso de bloques de concreto con superficies lisas o con capas de polvo, ya que la adherencia entre dichos bloques y el mortero se reduce por dichas situaciones.
- ❖ Para obtener una mejor tendencia del desarrollo de la adherencia de las capas de repello, se deberían considerar más edades de ensayo, dentro de las posibilidades del Instituto.
- ❖ Durante el proceso de perforación de los recubrimientos se deben controlar la cantidad de agua y la succión de la base de la perforadora, con el propósito de evitar daños en las paredes o en el mismo mortero.
- ❖ Con el propósito de mejorar los resultados de adherencia, se deberían considerar otras opciones de pegamento epóxico, que brinden resistencias apropiadas, que soporten las condiciones de humedad ambiental y que luego de su uso pueda tener una limpieza apropiada, que no incluya el uso de instrumentos como espátulas y martillos, que son herramientas que pueden dañar la superficie del disco.
- ❖ Proponer que el ISCYC dentro de sus capacitaciones promuevan el uso de espesores para recubrimientos menores a 5 mm, tomando en consideración las proporciones de los morteros; y el tipo y las propiedades de la superficie a recubrir.
- ❖ Se sugiere al ISCYC ampliar la investigación, utilizando arena de diferentes bancos de materiales que sean representativos en el ámbito de la construcción en El Salvador.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

American Society for Testing and Materials, *Normas ASTM y Biblioteca Digital de Ingeniería*. http://www.astm.org/DIGITAL_LIBRARY/index.shtml

Barahona Garrido, Rubén. *Evaluación de los Morteros Premezclados para Levantado en Guatemala*. Trabajo de Grado Universidad de San Carlos. Guatemala, 92 páginas, 1999.

Borrayo del Valle, Byron René. *Revestimiento de Muros de Mampostería utilizando Fibras*. Trabajo de Grado Universidad de San Carlos. Guatemala, 123 páginas, 2004.

Chiguay Velásquez, Jassna Elizabeth. *Análisis Razón Agua/Cemento con Mortero de Cemento Blanco*. Trabajo de Grado Universidad Austral de Chile. Chile, 62 páginas, 2007.

Flores Forrero, Edwin Helí. *Uniones a Tensión en Guadua y Varilla. Comportamiento de Uniones con Uso de Expansivo en el Mortero*. Trabajo de Grado Universidad Nacional de Colombia. Colombia, 211 páginas, 2003.

Gallegos H., *Albañilería Estructural*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 1999.

Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto. *Construcción de Vivienda utilizando Mampostería de Bloque de Concreto Reforzado*. El Salvador, 57 páginas, 2000.

Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto. *Guía de Construcciones a base de Cemento*. El Salvador, 74 páginas, 2001.

Ministerio de Obras Públicas. *Norma Técnica para Control de Calidad de los Materiales Estructurales*. El Salvador, 56 páginas, 1997.

Ministerio de Obras Públicas. *Norma Técnica para Diseño y Construcción Estructural de Mampostería*. El Salvador, 34 páginas, 1997.

Morante Portocarrero, Álvaro Artidoro. *Mejora De La Adherencia Mortero-Ladrillo De Concreto*. Trabajo de Grado Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú, 94 páginas, 2008.

Muñoz M., *Resistencia de adherencia de la albañilería. Situación en Chile*, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2006.

Portland Cement Association, *Manual de Aplanados de Mortero de Cemento Portland*, IMCYC, México, 1992.

Renders Martínez, José Roberto. *Evaluación Y Comportamiento De Morteros De Pega Por Esfuerzo De Adherencia, En Mampostería De Bloques De Concreto*. Trabajo De Grado Universidad Albert Einstein. El Salvador, 71 páginas, 2008.

Revista ISCYC No 53 Año 14. *Morteros para Repello. Técnicas de Aplicación y Medición de la Adherencia*. El Salvador, 8 páginas, 2009.

San Bartolomé A. y M. Castro, *Efecto de cinco variables sobre la resistencia de la albañilería*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 1998.

Simba Cumbajín, Edwin Santiago. *La Impermeabilización en Construcciones Nuevas y Existentes*. Trabajo de Grado Escuela Politécnica Nacional. Ecuador, 175 páginas, 2007.

Villa Pablo. *Patología de la edificación / Acabados y revestimientos interiores / Causas materiales y mecanismos de deterioro*. 8 páginas. <http://es.wikibooks.org/w/index.php?oldid=138451>, 2000.

GLOSARIO.

Absorción: Propiedad definida como el incremento en el peso del agregado debido al agua en los poros, no incluyendo el agua en la superficie externa.

Acabados: Conceptos finales de la obra; como repellos de pasta, pisos, pintura, colocación de azulejos y revestimientos.

Adherencia Física: Adherencia entre dos materiales, que depende de la irregular topografía de sus superficies o de la rugosidad de las mismas.

Adherencia Química: Adhesión entre materiales diferentes como resultado de una reacción química.

Aditivo: Es un producto químico que se dosifica en baja proporción en el concreto, para modificar alguna de sus propiedades y adecuarlo al fin que se destine.

Agregados: Son grava y arena que se extraen de las canteras y se usan para dar al concreto premezclado el volumen necesario e incrementar su resistencia.

Aire Incluido: Burbujas de aire incorporadas intencionalmente en el mortero o concreto durante el mezclado, usualmente empleando un agente químico.

Albañilería Armada: Es la mampostería que lleva en su interior barras delgadas de acero redondo, ya sea en dirección horizontal, entre las hiladas de ladrillo o en dirección vertical, aprovechando los agujeros especiales de los mismos.

Albañilería Confinada: Es aquella albañilería reforzada con elementos de confinamiento de concreto, tales como vigas y columnas.

Álcalis: Sales de metales alcalinos, principalmente sodio y potasio; específicamente el sodio y potasio que se da en los componentes del hormigón y mortero, que en los análisis químicos normalmente se expresan como los óxidos Na_2O y K_2O .

Arena: Material granular que atraviesa el tamiz de 9.5 mm (3/8”), y es predominantemente retenido sobre el tamiz de 75 µm (No. 200); es el resultado de la desintegración y abrasión natural de las rocas o del procesamiento de areniscas totalmente desmenuzables.

Arena Estándar 20-30: Arena de sílice natural correctamente graduada de manera que atraviesa el tamiz de 850 µm (No. 20) y es retenida sobre el tamiz de 600 µm (No. 30).

Arena Graduada Estándar: Arena de sílice natural correctamente graduada de manera que atraviesa el tamiz de 600 µm (No. 30) y es retenida en el tamiz de 150 µm (No. 100).

Bachada: Toda la revoltura que se prepara dentro de la revolvedora o mezcladora.

Cementante: Cualquier producto que tenga la capacidad de unir piezas entre sí mismas, por ejemplo, el cemento portland, el asfalto, las resinas, etc.

Cemento de Albañilería: Cementante hidráulico, muy trabajable, que se usa para pegar tabiques, ladrillo y rocas entre sí, para revestimientos, afinados, etc.

Cemento Hidráulico: Cualquier cemento, que fragua y se endurece con agua debido a la reacción química entre el agua y el cemento.

Clinker: Clinker es un producto intermedio en el proceso de elaboración de cemento. La piedra caliza, la arcilla y el óxido de hierro se calcinan en un horno a 1,450 grados centígrados para producir el Clinker.

Cohesión: Es la capacidad que tiene el mortero de mantener sus partículas unidas entre sí, y está directamente ligada a la trabajabilidad de mortero, si el mortero tiene buena cohesión permite buena trabajabilidad.

Condición Saturada y Superficialmente Seca (SSS): Es la condición ideal del agregado, donde la humedad es equivalente a la absorción.

Confort: Atributo de una edificación u obra, que produce bienestar y comodidad a los usuarios de la misma.

Consistencia: Es la propiedad que define la trabajabilidad del mortero, y se consigue mediante la adición de cantidades óptimas de los componentes del mismo y bajo condiciones de colocación ya establecidas.

Curado: Tratamiento que se da al mortero o concreto recién colado, para asegurar la disponibilidad permanente de agua que permita el progreso de las reacciones químicas entre el cemento y el agua.

Dosificación: Proceso que consiste en pesar o medir volumétricamente los ingredientes del mortero (Cemento, arena y agua, y ocasionalmente aditivo), e introducirlos al mezclador.

Durabilidad: Capacidad que tiene la obra para resistir la acción del clima, el ataque químico, abrasión y otras condiciones, a que está expuesta.

Eflorescencia: Incrustación de sales solubles, generalmente blancas, depositadas en la superficie de una piedra, yeso o mortero; a menudo causado por álcalis libres en el mortero u hormigón.

Fraguado: Cambio del estado fluido al estado rígido de una pasta de cemento, mortero o concreto. Implica pérdida de plasticidad.

Frasco de Le Chatelier: Frasco volumétrico de vidrio, transparente, libre de estrías y químicamente resistente. Deben poseer un número permanente de identificación, un bulbo de aproximadamente 250 cm³ de capacidad, cerca del cero de la escala y el cuello del frasco debe estar graduado desde 0 hasta 24 ml, con graduaciones de 0.1 ml que permitan lecturas de volumen con una aproximación de 0.05 ml.

Granulometría: Es la distribución por tamaños de las partículas de los agregados, generalmente expresado en porcentaje.

Gravedad Específica: Relación entre el peso en aire de una unidad de volumen de agregado, al peso de un volumen igual de agua destilada, en un mismo estado de temperatura.

Grieta: Abertura en el concreto de magnitud importante que puede ser el inicio de una falla estructural.

Grout: Es una mezcla de cemento, arena, gravilla y agua, también llamado concreto líquido, es empleado para rellenar las unidades de mampostería en la construcción de paredes reforzadas y tiene como función integrar el refuerzo con la mampostería en un sólo conjunto estructural.

Hilada: Tabiques o bloques que se colocan a la misma altura en la construcción de mampostería por medio de un hilo que sirve de guía.

Keroseno: Es una de las fracciones del petróleo natural, obtenida por refinación y destilación, que se destina al alumbrado y se usa como combustible en los propulsores de chorro.

Mampostería: Obra de albañilería elaborada con piezas de construcción, como piedra, bloques, etc. unidas entre sí con algún adhesivo.

Pasta de Cemento: Constituyente del concreto que está formado por cemento y agua.

Picnómetro: Es un instrumento de vidrio utilizado para determinar la densidad de líquidos con mayor precisión. Su característica principal es la de mantener un volumen fijo al colocar diferentes líquidos en su interior, lo cual sirve para comparar las densidades de dos líquidos pesando el picnómetro con cada líquido por separado y comparando sus masas.

Plomada: Pieza metálica en forma de trompo atada con hilo a una placa de aluminio, que sirve para verificar la verticalidad de los muros.

Pull Off: En español arrancamiento, referido a la prueba de medición de adherencia entre capas.

Relación Agua/Cemento (A/C): Relación que se obtiene de dividir el peso del agua, entre el peso del cemento de la mezcla. A mayor relación menor resistencia mecánica y menor durabilidad.

Repello: Recubrimiento de acabado aplicado a los muros para protegerlos contra la humedad y para embellecerlos.

Retemplado: Nueva adición de agua y premezclado cuando la mezcla ha empezado a endurecerse y ponerse áspera.

Revolvedora: Equipo que se usa para mezclar los agregados, el cemento y el agua, para la producción de un mortero o concreto fresco.

Succión: La capacidad de absorción de humedad que poseen los materiales.

Tamiz: Instrumento similar a una coladera, que se usa para separar las partículas gruesas de las finas, que integran un conjunto o una mezcla.

Tiempo de Fraguado: Período en el que una mezcla permanece en estado plástico, durante el cual la manejabilidad es óptima.

ANEXOS.

ANEXO 1: ABSORCIÓN EN BLOQUES ASTM C-140.

ANEXO 2: COMPRESIÓN EN BLOQUES ASTM C-140.

ANEXO 3: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C-136.

ANEXO 4: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO ASTM C-128.

ANEXO 5: ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (Para Cemento ASTM C-91) ASTM C-109.

ANEXO 6: TIEMPOS DE FRAGUADO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ASTM C-403.

ANEXO 7: ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (Para Mezcla de Mortero 1:3) ASTM C-109.

ANEXO 8: CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE PRUEBA.

ANEXO 9: MANO DE OBRA UTILIZADA PARA RECUBRIMIENTOS.

ANEXO 10: TIEMPOS DE FRAGUADO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ASTM C-403, PARA MUESTRAS DE CAMPO.

ANEXO 11: ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (Para Mezcla de Mortero 1:3) ASTM C-109, PARA MUESTRAS DE CAMPO.

ANEXO 12: PRUEBA DE ADHERENCIA PARA REPELLOS PULL OFF (ASTM D-4541).

ANEXO 13: TIPOS DE FALLAS EN PRUEBAS DE ADHERENCIA O PULL OFF.

ANEXO 14: FLUJOGRAMA DE PROCEDIMIENTOS Y ENSAYOS PARA LA INVESTIGACIÓN.

ANEXO 1



INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

ABSORCIÓN EN BLOQUES ASTM C-140

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado .

Proyecto: Tesis Adherencia de Mortero .

Ubicación: CI- ISCYC .

Tipo de bloque: Bajo Norma .

Procedencia: _____ .

Fecha de elaboración de ensayo: 20 de julio de 2010 .

Realizaron: _____ .

Superviso: _____ .

Observaciones: _____ .

Hoja de Laboratorio

Bloque #	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso inicial (kg)	Contenido de humedad (%)	Absorción	
						(kg/m ³)	(%)
1	38.900	9.100	18.800	6.795	26.50	213.079	13.458
2	39.100	9.000	18.900	8.118	20.31	206.114	12.118
3	39.400	9.300	19.100	7.931	25.20	212.220	12.877

Peso seco (kg)	Peso SSS (kg)	Peso sumergido (kg)	Densidad (kg/m ³)	Vol. Neto (cm ³)	Peso Volumétrico (kg/m ³)
6.561	7.444	3.300	1,583.253	4,144.000	1,583.253
7.923	8.883	4.225	1,700.908	4,658.100	1,700.908
7.682	8.670	4.010	1,648.073	4,661.200	1,648.073

Fórmulas:

$$\text{Densidad} = [P_{\text{SECO}} / (P_{\text{SSS}} - P_{\text{SUMERGIDO}})] \times 1000$$

$$\text{Absorción COMO PESO VOLUMÉTRICO} = [(P_{\text{SSS}} - P_{\text{SECO}}) / (P_{\text{SSS}} - P_{\text{sumergido}})] \times 1000$$

$$\% \text{ Absorción} = [(P_{\text{SSS}} - P_{\text{SECO}}) / P_{\text{SECO}}] \times 100$$

$$V_{\text{NETO}} = (P_{\text{SECO}} / \text{Densidad}) \times 100^3$$

$$\text{Peso Volumétrico} = (P_{\text{SECO}} / V_{\text{NETO}}) / 100^3$$

$$\text{Contenido de humedad} = [(P_{\text{INICIAL}} - P_{\text{SECO}}) / (P_{\text{SSS}} - P_{\text{SECO}})] \times 100$$

CONTINUACIÓN DE ANEXO 1



INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

ABSORCIÓN EN BLOQUES

ASTM C-140

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado .

Proyecto: Tesis Adherencia de Mortero .

Ubicación: CI- ISCYC .

Tipo de bloque: Comercial .

Procedencia: _____ .

Fecha de elaboración de ensayo: 20 de julio de 2010 .

Realizaron: _____ .

Superviso: _____ .

Observaciones: _____ .

Hoja de Laboratorio

Bloque #	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso inicial (kg)	Contenido de humedad (%)	Absorción	
						(kg/m ³)	(%)
1	39.200	9.500	19.100	8.57	43.35	266.956	16.961
2	39.000	9.400	18.900	8.50	45.87	262.886	16.734
3	39.000	9.400	19.100	8.45	47.21	246.012	15.263

Peso seco (kg)	Peso SSS (kg)	Peso sumergido (kg)	Densidad (kg/m ³)	Vol. Neto (cm ³)	Peso Volumétrico (kg/m ³)
7.983	9.337	4.265	1,573.935	5,072.000	1,573.935
7.894	9.215	4.190	1,570.945	5,025.000	1,570.945
7.882	9.085	4.195	1,611.861	4,890.000	1,611.861

Fórmulas:

$$\text{Densidad} : [P_{\text{SECO}} / (P_{\text{SSS}} - P_{\text{SUMERGIDO}})] \times 1000$$

$$\text{Absorción COMO PESO VOLUMÉTRICO} : [(P_{\text{SSS}} - P_{\text{SECO}}) / (P_{\text{SSS}} - P_{\text{sumergido}})] \times 1000$$

$$\% \text{ Absorción} = [(P_{\text{SSS}} - P_{\text{SECO}}) / P_{\text{SECO}}] \times 100$$

$$V_{\text{NETO}} = (P_{\text{SECO}} / \text{Densidad}) \times 100^3$$

$$\text{Peso Volumétrico} = (P_{\text{SECO}} / V_{\text{NETO}}) / 100^3$$

$$\text{Contenido de humedad} = [(P_{\text{INICIAL}} - P_{\text{SECO}}) / (P_{\text{SSS}} - P_{\text{SECO}})] \times 100$$



ANEXO 2

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

COMPRESIÓN EN BLOQUES ASTM C-140

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado .
Proyecto: Tesis Adherencia de Mortero .
Ubicación: CI- ISCYC .
Tipo de bloque: Bajo Norma .
Procedencia: _____ .
Fecha de elaboración de ensayo: 20 de julio de 2010 .
Realizaron: _____ .
Superviso: _____ .
Observaciones: _____ .

Hoja de Laboratorio

Bloque #	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Esfuerzo Área Neta (kg/cm ²)	Esfuerzo Área Bruta (kg/cm ²)
1	38.900	9.100	18.800	85.743	53.39
2	39.100	9.000	18.900	67.88	47.54
3	39.400	9.300	19.100	66.63	44.38

Peso seco (kg)	Densidad (kg/m ³)	Vol. Neto (cm ³)	Área Neta Prom (cm ²)	Área Bruta (cm ²)	Carga (kgf)
6.561	1,583.253	4,144.000	220.426	353.990	18,900.000
7.923	1,700.908	4,658.100	246.460	351.900	16,730.000
7.682	1,648.073	4,661.200	244.042	366.420	16,260.000

Fórmulas:

$$V_{\text{NETO}} = (P_{\text{SECO}} / \text{Densidad}) \times 100^3$$

$$A_{\text{NETA PROM}} = V_{\text{NETO}} / \text{Altura}$$

$$A_{\text{BRUTA}} = \text{Long.} \times \text{Ancho}$$

$$\text{Esfuerzo Área Neta} = (\text{Carga} / A_{\text{NETA PROM}})$$

$$\text{Esfuerzo Área Bruta} = (\text{Carga} / A_{\text{BRUTA}})$$



CONTINUACIÓN DE ANEXO 2

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

COMPRESIÓN EN BLOQUES ASTM C-140					
Solicitante: <u>Estudiantes de Trabajo de Grado</u>					
Proyecto: <u>Tesis Adherencia de Mortero</u>					
Ubicación: <u>CI- ISCYC</u>					
Tipo de bloque: <u>Comercial</u>					
Procedencia: _____					
Fecha de elaboración de ensayo: <u>20 de julio de 2010</u>					
Realizaron: _____					
Superviso: _____					
Observaciones: _____					
Hoja de Laboratorio					
Bloque #	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Esfuerzo Área Neta (kg/cm ²)	Esfuerzo Área Bruta (kg/cm ²)
1	39.200	9.500	19.100	47.56	33.92
2	39.000	9.400	18.900	70.33	51.01
3	39.000	9.400	19.100	51.44	35.92
Peso seco (kg)	Densidad (kg/m ³)	Vol. Neto (cm ³)	Área Neta Prom. (cm ²)	Área Bruta (cm ²)	Carga (kgf)
7.983	1,573.935	5,072.000	265.550	372.400	12,630.000
7.894	1,570.945	5,025.000	265.873	366.600	18,700.000
7.882	1,611.861	4,890.000	256.021	366.600	13,170.000
Fórmulas:					
$V_{NETO} = (P_{SECO} / Densidad) \times 100^3$					
$A_{NETA\ PROM} = V_{NETO} / Altura$					
$A_{BRUTA} = Long. \times Ancho$					
Esfuerzo Área Neta = (Carga / A _{NETA PROM})					
Esfuerzo Área Bruta = (Carga / A _{BRUTA})					



ANEXO 3

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C-136					
Solicitante: <u>Estudiantes de Trabajo de Grado</u>					
Proyecto: <u>Tesis Adherencia de Motero</u>					
Ubicación: <u>CI-ISCYC</u>					
Tipo de muestra: _____					
Procedencia: <u>Río Jiboa</u>					
Fecha de recepción de muestra: _____					
Fecha de elaboración de ensayo: <u>24 de junio de 2010</u>					
Revisó: _____					
Observaciones: _____					
Hoja de Laboratorio					
Masa Tara, g		Masa Tara + Muestra, g		Masa Muestra, g	
				350.70	
Modulo de Finura: 2.202					
Malla #	M. Retenido Parcial (g)	Masa Retenida (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa la Malla (%)	Rangos ASTM C-897
# 4 (4.75 mm)	0	0	0	100	100
# 8 (2.36 mm)	16.10	4.50	4.50	96	90-100
# 16 (1.18 mm)	39.10	10.90	15.40	85	60-90
# 30 (600 µm)	80.70	22.40	37.80	62	35-70
# 50 (300 µm)	117.20	32.60	70.40	30	10-30
# 100 (150 µm)	78.00	21.70	92.10	8	0-5
# 200 (75 µm)	---	---	---	---	0-3
Fondo	28.60	7.90	100.00		
Sumas	359.70	100.00			
Fórmulas: Módulo de Finura = $(\sum \% \text{ Retenido Acumulado, desde la } \# 4 \text{ a la } \# 100) / 100$					

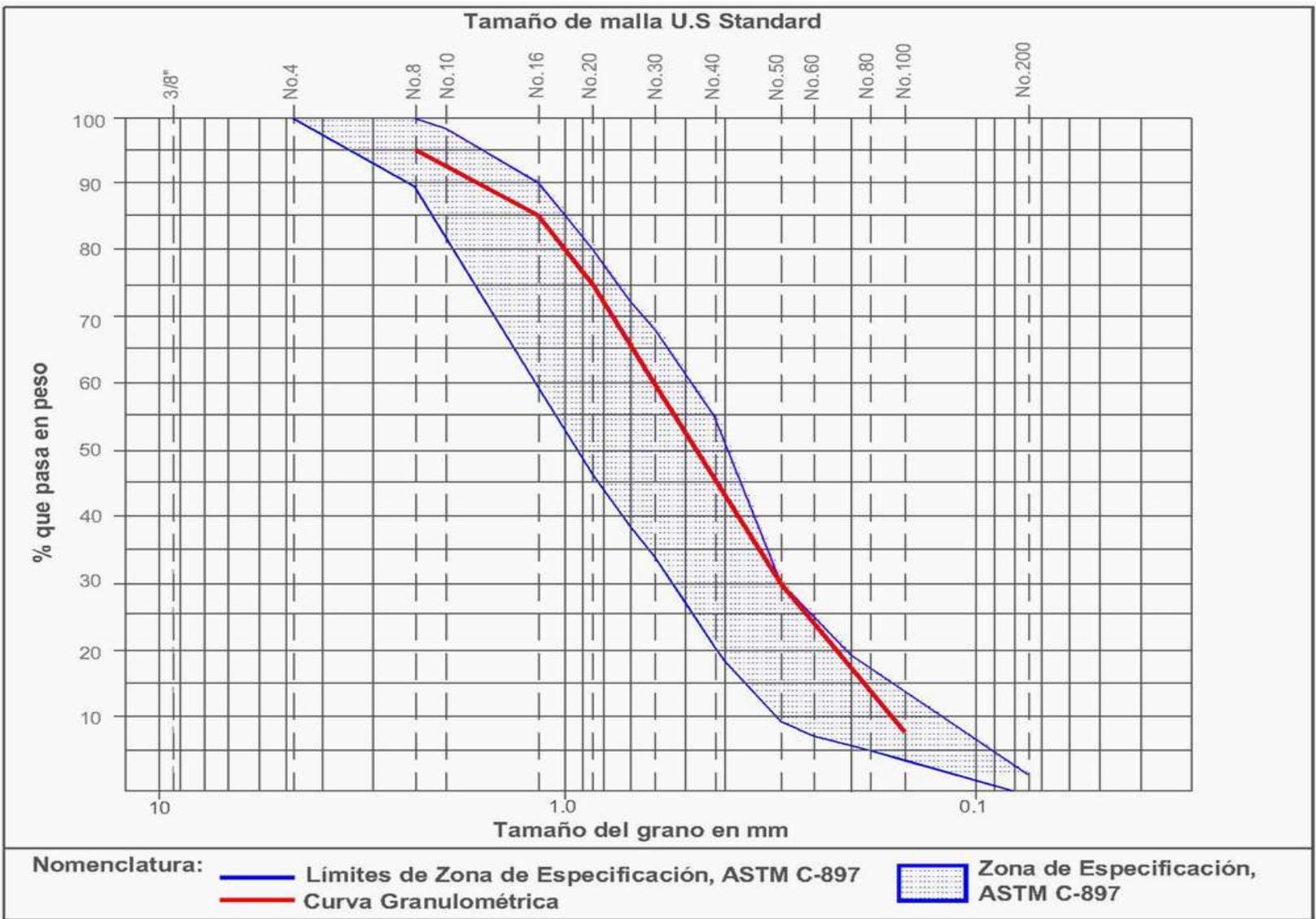


CONTINUACIÓN DE ANEXO 3

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163





ANEXO 4

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS ASTM C-128

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado
Proyecto: Tesis de Adherencia de Mortero
Ubicación: CI-ISCYC
Tipo de agregado: Arena
Procedencia: Río Jiboa
Fecha de recepción de muestra: 25 de julio de 2010
Fecha de elaboración de cubos: _____
Laboradorista: _____
Revisó: _____

HOJA DE LABORATORIO

MUESTRA No: 1		MUESTRA No: 2	
S Masa de la muestra SSS (g):	500	S Masa de la muestra SSS (g):	500
B Masa picnómetro + agua (g):	1,443.9	B Masa picnómetro + agua (g):	1,443.9
C Masa picnóm. + agua + muestra (g):	1,751.5	C Masa picnóm. + agua + muestra (g):	1,749.9
Masa seca de la muestra + tara (g):	788.7	Masa seca de la muestra + tara (g):	819.3
Masa tara (g):	304.3	Masa tara (g):	336.9
A Masa seca de la muestra (g):	484.4	A Masa seca de la muestra (g):	482.4
Agua (g):	15.6	Agua (g):	17.6
Absorción, (%):		Absorción, (%):	
3.22		3.65	
Gravedad Específica Seca:		Gravedad Específica Seca:	
2.52		2.49	
Gravedad Específica SSS:		Gravedad Específica SSS:	
2.60		2.58	
Gravedad Específica Seca Promedio:		Gravedad Específica SSS Promedio:	
2.51		2.59	
Absorción Promedio (%):		3.44	
Fórmulas:			
Agua : $W_{SSS} (g) - W_{SECO} (g)$		G. E. Seca : $A / (B + S - C)$	
Absorción : $(S - A) \times 100 / A$		G. E. SSS : $S / (B + S - C)$	



ANEXO 5

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (USANDO CUBOS DE 2") ASTM C-109

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado _____
Proyecto: Tesis de Adherencia de Mortero _____
Ubicación: CI-ISCYC _____
Cemento: ASTM C-91 _____
Tipo de agregado: Arena Estándar y Arena 20-30 _____
Procedencia: : _____
Fecha de recepción de muestra: 28 de julio de 2010 _____
Fecha de elaboración de cubos: _____
Laboratorista: _____
Revisó: _____

Dosificación 1:3

Cemento, g	Arena, g	Agua, ml

% Fluidez=

A/C=

Cubo #	Fecha de ruptura	Edad (días)	Ancho (pulg)	Largo (pulg)	Área (pulg ²)	Carga (lb)	Esfuerzo (psi)	Prom (psi)	Esfuerzo (MPa)	Prom (MPa)
1	5/07	10	2	2	4	1,3060	3,265.0	3,414.167	22.511	25.540
2	5/07	10	2	2	4	1,3950	3,487.5		24.045	
3	5/07	10	2	2	4	1,3950	3,490.0		24.063	
4	26/07	28	2	2	4	1,5390	3,847.5	3,859.167	26.528	26.608
5	26/07	28	2	2	4	1,5670	3,917.5		27.010	
6	26/07	28	2	2	4	1,5250	3,812.5		26.286	

Formulas:

Área, pulg² = Ancho, pulg * Largo, pulg

Esfuerzo de compresión, psi = Carga, lb / Área, pulg²



ANEXO 6

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

TIEMPOS DE FRAGUADO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ASTM C-403

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado
Proyecto: Tesis de Adherencia de Mortero
Ubicación: CI-ISCYC
Cemento: ASTM C-91
Tipo de agregado: Arena del Río Jiboa
Procedencia: _____
Fecha de recepción de muestra: 25 de junio de 2010
Fecha de elaboración de cubos: _____
Laboratorista: _____
Revisó: _____

ENSAYO A REALIZAR

H	Hora, Tiempo de inicio. 8:15 a.m.				
AA	Área de Aguja (pulg ²)	Hora	Tiempo transcurrido (Horas)	Carga (lb)	Esfuerzo (psi)
1	1 / 2	10:30 a.m.	2.25	58	116
2	1 / 4	11:30 a.m.	3.25	44	176
3	1 / 10	12:00 m.	3.75	30	300
4	1 / 10	12:20 p.m.	4.08	37	370
5	1 / 10	12:40 p.m.	4.42	48	480
6	1 / 20	1:20 p.m.	5.08	28	560
7	1 / 20	1:40 p.m.	5.42	36	720
8	1 / 20	2:00 p.m.	5.75	40	800
9	1 / 40	2:20 p.m.	6.08	34	1,360
10	1 / 40	2:40 p.m.	6.42	38	1,520
11	1 / 40	3:00 p.m.	6.75	46	1,840
12	1 / 40	3:20 p.m.	7.08	50	2,000
13	1 / 40	3:40 p.m.	7.42	62	2,480
14	1 / 40	4:00 p.m.	7.75	75	3,000
15	1 / 40	4:20 p.m.	8.08	95	3,800
16	1 / 40	4:30 p.m.	8.25	110	4,400
17	1 / 40	4:40 p.m.	8.42	122	4,880

Fórmulas:

Esfuerzo de Penetración, psi= Carga, Lb / Área de Aguja, pulg²



ANEXO 7

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (USANDO CUBOS DE 2") ASTM C-109

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado
Proyecto: Tesis de Adherencia de Mortero
Ubicación: CI-ISCYC
Cemento: ASTM C-91
Tipo de agregado: Arena del Río Jiboa
Procedencia: :
Fecha de recepción de muestra: 28 de julio de 2010
Fecha de elaboración de cubos: :
Laborarista: :
Revisó: :

Dosificación 1:3

Cemento, g

Arena, g

Agua, ml

% Fluidez=

A/C=

Cubo #	Fecha de ruptura	Edad (días)	Ancho (pulg)	Largo (pulg)	Área (pulg ²)	Carga (lb)	Esfuerzo (psi)	Prom (psi)	Esfuerzo (MPa)	Prom (MPa)
1	2/07	10	2	2	4	3,820	955.0	965.833	6.584	6.659
2	2/07	10	2	2	4	3,870	967.5		6.671	
3	2/07	10	2	2	4	3,890	975.0		6.722	
4	22/07	28	2	2	4	12,730	3,182.5	3,079.167	21.943	21.230
5	22/07	28	2	2	4	11,990	2,872.5		19.805	
6	22/07	28	2	2	4	12,730	3,182.5		21.943	

Formulas:

Área, pulg² = Ancho, pulg * Largo, pulg

Esfuerzo de compresión, psi = Carga, lb / Área, pulg²

ANEXO 8: CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE PRUEBA.



PARED CON BLOQUE BAJO NORMA.



PARED CON BLOQUE COMERCIAL.



PERFORACIÓN DE VIGAS DE FUNDACIÓN.

ANEXO 9: MANO DE OBRA UTILIZADA PARA RECUBRIMIENTOS.



MANO DE OBRA "A".



MANO DE OBRA "B".



MANO DE OBRA "C".



ANEXO 10

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

TIEMPOS DE FRAGUADO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ASTM C-403

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado
Proyecto: Tesis de Adherencia de Mortero
Ubicación: CI-ISCYC
Cemento: ASTM C-91
Tipo de agregado: Arena
Procedencia: Mano de Obra "A"
Fecha de recepción de muestra: 30 de abril de 2010
Fecha de elaboración de cubos: _____
Laboratorista: _____
Revisó: _____

ENSAYO A REALIZAR

H	Hora, Tiempo de inicio. 9:55 a.m.				
AA	Área de Aguja (pulg ²)	Hora	Tiempo transcurrido (Horas)	Carga (lb)	Esfuerzo (psi)
1	1 / 2	12:55 p.m.	3	130	114.00
2	1 / 4	1:20 p.m.	3.42	134	536.00
3	1 / 10	1:40 p.m.	3.75	84	840.00
4	1 / 10	2:00 p.m.	4.08	120	1,200.00
5	1 / 20	2:20 p.m.	4.42	88	1,760.00
6	1 / 20	2:40 p.m.	4.75	100	2,000.00
7	1 / 40	3:24 p.m.	5.48	114	4,560.00
8					
9					
10					

Fórmulas:

Esfuerzo de Penetración, psi= Carga, Lb / Área de Aguja, pulg²



CONTINUACIÓN DE ANEXO 10

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

TIEMPOS DE FRAGUADO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ASTM C-403

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado
Proyecto: Tesis de Adherencia de Mortero
Ubicación: CI-ISCYC
Cemento: ASTM C-91
Tipo de agregado: Arena
Procedencia: Mano de Obra "B"
Fecha de recepción de muestra: 5 de mayo de 2010
Fecha de elaboración de cubos: _____
Laboratorista: _____
Revisó: _____

ENSAYO A REALIZAR

H Hora, Tiempo de inicio. **10:10 a.m.**

AA	Área de Aguja (pulg ²)	Hora	Tiempo transcurrido (horas)	Carga (lb)	Esfuerzo (psi)
1	1 / 4	1:10 p.m.	3	169	676.00
2	1 / 10	1:30 p.m.	3.33	110	1,100.00
3	1 / 10	1:50 p.m.	3.67	150	1,500.00
4	1 / 20	2:23 p.m.	4.22	110	2,200.00
5	1 / 40	2:48 p.m.	4.63	76	3,040.00
6	1 / 40	3:00 p.m.	4.83	84	3,360.00
7	1 / 40	3:20 p.m.	5.17	100	4,000.00
8					
9					
10					

Fórmulas:

Esfuerzo de Penetración, psi= Carga, Lb / Área de Aguja, pulg²



CONTINUACIÓN DE ANEXO 10

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

TIEMPOS DE FRAGUADO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ASTM C-403

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado
Proyecto: Tesis de Adherencia de Mortero
Ubicación: CI-ISCYC
Cemento: ASTM C-91
Tipo de agregado: Arena
Procedencia: Mano de Obra "C"
Fecha de recepción de muestra: 7 de mayo de 2010
Fecha de elaboración de cubos: _____
Laboratorista: _____
Revisó: _____

ENSAYO A REALIZAR

H Hora, Tiempo de inicio. **12:00 m.d.**

AA	Área de Aguja (pulg ²)	Hora	Tiempo transcurrido (Horas)	Carga (lb)	Esfuerzo (psi)
1	1 / 4	3:00 p.m.	3.00	136	544.00
2	1 / 10	3:20 p.m.	3.33	90	900.00
3	1 / 10	3:40 p.m.	3.67	122	1,220.00
4	1 / 20	4:30 p.m.	4.50	140	2,800.00
5	1 / 40	4:50 p.m.	4.83	82	3,280.00
6	1 / 40	5:10 p.m.	5.17	104	4,160.00
7					
8					
9					
10					

Fórmulas:

Esfuerzo de Penetración, psi= Carga, Lb / Área de Aguja, pulg²



ANEXO 11

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (USANDO CUBOS DE 2") ASTM C-109

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado

Proyecto: Tesis de Adherencia de Mortero

Ubicación: CI-ISCYC

Cemento: ASTM – C91

Tipo de agregado: Arena

Procedencia: Mano de Obra "A"

Fecha de recepción de muestra: 30 de abril de 2010

Fecha de elaboración de cubos: _____

Laboratorista: _____

Revisó: _____

Dosificación 1:3

Cemento, g	Arena, g	Agua, ml

% Fluidez=

A/C=

Cubo #	Fecha de ruptura	Edad (días)	Ancho (pulg)	Largo (pulg)	Área (pulg ²)	Carga (lb)	Esfuerzo (psi)	Prom (psi)	Esfuerzo (MPa)	Prom (MPa)
1	10/05	10	2	2	4	6,540	1,635	1,621.67	11.273	11.181
2	10/05	10	2	2	4	6,860	1,715		11.824	
3	10/05	10	2	2	4	6,060	1,515		10.446	
4	28/05	28	2	2	4	8,880	2,220	2,186.67	15.306	15.076
5	28/05	28	2	2	4	8,790	2,197.5		15.151	
6	28/05	28	2	2	4	8,570	2,142.5		14.772	

Formulas:

Área, pulg² = Ancho, pulg * Largo, pulg

Esfuerzo de compresión, psi = Carga, lb / Área, pulg²

CONTINUACIÓN DE ANEXO 11



INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (USANDO CUBOS DE 2") ASTM C-109

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado

Proyecto: Tesis de Adherencia de Mortero

Ubicación: CI-ISCYC

Cemento: ASTM – C91

Tipo de agregado: Arena

Procedencia: Mano de Obra "B"

Fecha de recepción de muestra: 5 de mayo de 2010

Fecha de elaboración de cubos: _____

Laboratorista: _____

Revisó: _____

Dosificación 1:3

Cemento, gr	Arena, gr	Agua, ml

% Fluidez=

A/C=

Cubo #	Fecha de ruptura	Edad (días)	Ancho (pulg)	Largo (pulg)	Área (pulg ²)	Carga (lb)	Esfuerzo (psi)	Prom (psi)	Esfuerzo (MPa)	Prom (MPa)
1	10/05	10	2	2	4	4,360	1,090	1,128.3	7.515	7.779
2	10/05	10	2	2	4	4,620	1,155		7.963	
3	10/05	10	2	2	4	4,560	1,140		7.86	
4	28/05	28	2	2	4	7,220	1,805	1,679.2	12.445	11.577
5	28/05	28	2	2	4	5,880	1,455		10.032	
6	28/05	28	2	2	4	7,110	1,777.5		12.255	

Formulas:

Área, pulg² = Ancho, pulg * Largo, pulg

Esfuerzo de compresión, psi = Carga, lb / Área, pulg²

CONTINUACIÓN DE ANEXO 11



INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (USANDO CUBOS DE 2") ASTM C-109

Solicitante: Estudiantes de Trabajo de Grado .

Proyecto: Tesis de Adherencia .

Ubicación: CI-ISCYC .

Cemento: ASTM – C91 .

Tipo de agregado: Arena .

Procedencia: Mano de Obra "C" .

Fecha de recepción de muestra: 7 de mayo de 2010 .

Fecha de elaboración de cubos: _____ .

Laboratorista: _____ .

Revisó: _____ .

Dosificación 1:3

Cemento, gr	Arena, gr	Agua, ml

% Fluidez=

A/C=

Cubo #	Fecha de ruptura	Edad (días)	Ancho (pulg)	Largo (pulg)	Área (pulg ²)	Carga (lb)	Esfuerzo (psi)	Prom (psi)	Esfuerzo (MPa)	Prom (MPa)
1	10/05	10	2	2	4	4350	1,087.5	1,070.8	7.498	7.383
2	10/05	10	2	2	4	4230	1,057.5		7.291	
3	10/05	10	2	2	4	4270	1,067.5		7.36	
4	28/05	28	2	2	4	6180	1,545	1,581.7	10.652	10.905
5	28/05	28	2	2	4	6240	1,560		10.756	
6	28/05	28	2	2	4	6560	1,640		11.307	

Formulas:

Área, pulg² = Ancho, pulg * Largo, pulg

Esfuerzo de compresión, psi = Carga, lb / Área, pulg²



ANEXO 12

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

PRUEBA DE ADHERENCIA DE MORTERO PARA REPELLO Pull Off (ASTM D-4541)				
Mano de obra: "A"				
Tipo de bloque: Comercial				
Fecha de elaboración de recubrimiento: 07/05/2010				
Tipo de recubrimiento: REPELLO + AFINADO				
Prueba Nº	Edad de Ensayo (días)	Lectura (kN)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Observaciones
1	11	1	2.331	Fallo del repello
2	11	1	2.331	Falla del 90% de repello y 10% del bloque
3	28	2.5	4.661	Falla del bloque
4	28	2.5	5.827	Falla del afinado
5	76	4.5	9.322	Falla del repello
6	76	4.5	10.488	Falla del block
Fórmulas: Diámetro de Disco = $(2 \frac{15}{16}'') * (2.54\text{cm} / 1'') = 7.46 \text{ cm}$ Área de Disco = $(\pi/4) D^2 = (\pi/4) (7.46)^2 = 43.74 \text{ cm}^2$ Esfuerzo de compresión, $\text{kg/cm}^2 = [(Lectura \text{ (kN)} * 1000) / 9.81 \text{ m/s}^2] / \text{Área de disco, cm}^2$				



CONTINUACIÓN DE ANEXO 12

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

PRUEBA DE ADHERENCIA DE MORTERO PARA REPELLO				
Pull Off (ASTM D-4541)				
Mano de obra: "A"				
Tipo de bloque: Comercial				
Fecha de elaboración de recubrimiento: 07/05/2010				
Tipo de recubrimiento: ADOBADO				
Prueba N°	Edad de Ensayo (días)	Lectura (kN)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Observaciones
1	7	0	0.000	Falla del adobado.
2	7	0	0.000	Falla del adobado con un porcentaje mínimo de fallo del bloque
3	28	2.5	5.827	Falla del adobado
4	28	2.5	5.827	Falla del adobado
5	76	4.5	10.488	Falla del adobado con un porcentaje mínimo de fallo del bloque
6	76	4.5	10.488	Falla de 95% del bloque y 5% del adobado
Fórmulas: Diámetro de Disco = (2 15/16") * (2.54cm / 1") = 7.46 cm Área de Disco = (π/4) D ² = (π/4) (7.46) ² = 43.74 cm ² Esfuerzo de compresión, kg/cm ² = [(Lectura (kN) * 1000) / 9.81 m/s ²] / Área de disco, cm ²				



CONTINUACIÓN DE ANEXO 12

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3° etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

PRUEBA DE ADHERENCIA DE MORTERO PARA REPELLO Pull Off (ASTM D-4541)				
Mano de obra: "A"				
Tipo de bloque: Bajo Norma				
Fecha de elaboración de recubrimiento: 07/05/2010				
Tipo de recubrimiento: REPELLO + AFINADO				
Prueba N°	Edad de Ensayo (días)	Lectura (kN)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Observaciones
1	10	1	2.331	Falla del afinado
2	10	1	2.331	Falla del afinado
3	28	2.5	5.827	Falla del afinado
4	28	2.5	5.827	Falla del 90% de repello y 10% del bloque
5	76	4.5	6.992	Falla del bloque
6	76	4.5	8.157	Falla del repello
Fórmulas: Diámetro de Disco = $(2 \frac{15}{16}'') * (2.54\text{cm} / 1'') = 7.46 \text{ cm}$ Área de Disco = $(\pi/4) D^2 = (\pi/4) (7.46)^2 = 43.74 \text{ cm}^2$ Esfuerzo de compresión, $\text{kg/cm}^2 = [(Lectura \text{ (kN)} * 1000) / 9.81 \text{ m/s}^2] / \text{Área de disco, cm}^2$				



CONTINUACIÓN DE ANEXO 12

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

PRUEBA DE ADHERENCIA DE MORTERO PARA REPELLO				
Pull Off (ASTM D-4541)				
Mano de obra: "A"				
Tipo de bloque: Bajo Norma				
Fecha de elaboración de recubrimiento: 07/05/2010				
Tipo de recubrimiento: ADOBADO				
Prueba N°	Edad de Ensayo (días)	Lectura (kN)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Observaciones
1	7	0.5	1.165	Falla del afinado
2	7	0.5	1.165	Falla del afinado con un porcentaje mínimo de falla del bloque
3	28	2.5	5.827	Falla del bloque
4	28	2.5	5.827	Falla del bloque
5	76	2.5	5.827	Falla del bloque
6	76	3.0	6.992	Falla del bloque
Fórmulas: Diámetro de Disco = (2 15/16") * (2.54cm / 1") = 7.46 cm Área de Disco = (π/4) D ² = (π/4) (7.46) ² = 43.74 cm ² Esfuerzo de compresión, kg/cm ² = [(Lectura (kN) * 1000) / 9.81 m/s ²] / Área de disco, cm ²				



CONTINUACIÓN DE ANEXO 12

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

PRUEBA DE ADHERENCIA DE MORTERO PARA REPELLO Pull Off (ASTM D-4541)				
Mano de obra: "B"				
Tipo de bloque: Comercial				
Fecha de elaboración de recubrimiento: 06/05/2010				
Tipo de recubrimiento: REPELLO + AFINADO				
Prueba Nº	Edad de Ensayo (días)	Lectura (kN)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Observaciones
1	8	0.5	1.165	Falla del afinado
2	8	0	0.000	Falla por peso del equipo
3	28	0	0.000	Falla por peso del equipo
4	28	1	2.331	Falla del repello
5	77	1.5	3.496	Falla del bloque
6	77	1.5	3.496	Falla del 95% del repello y 5% del bloque
Fórmulas: Diámetro de Disco = $(2 \frac{15}{16}'') * (2.54\text{cm} / 1'') = 7.46 \text{ cm}$ Área de Disco = $(\pi/4) D^2 = (\pi/4) (7.46)^2 = 43.74 \text{ cm}^2$ Esfuerzo de compresión, $\text{kg/cm}^2 = [(Lectura (\text{kN}) * 1000) / 9.81 \text{ m/s}^2] / \text{Área de disco, cm}^2$				



CONTINUACIÓN DE ANEXO 12

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

PRUEBA DE ADHERENCIA DE MORTERO PARA REPELLO Pull Off (ASTM D-4541)				
Mano de obra: "B"				
Tipo de bloque: Comercial				
Fecha de elaboración de recubrimiento: 06/05/2010				
Tipo de recubrimiento: ADOBADO				
Prueba N°	Edad de Ensayo (días)	Lectura (kN)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Observaciones
1	8	2.5	5.827	Falla del bloque
2	8	1	2.331	Falla del 50% del mortero y 50% del bloque
3	28	3	6.992	Falla del bloque
4	28	3	6.992	Falla del bloque
5	77	4	9.322	Falla del bloque
6	77	4.5	10.488	Falla del bloque
Fórmulas: Diámetro de Disco = (2 15/16") * (2.54cm / 1") = 7.46 cm Área de Disco = (π/4) D ² = (π/4) (7.46) ² = 43.74 cm ² Esfuerzo de compresión, kg/cm ² = [(Lectura (kN) * 1000) / 9.81 m/s ²] / Área de disco, cm ²				



CONTINUACIÓN DE ANEXO 12

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

PRUEBA DE ADHERENCIA DE MORTERO PARA REPELLO Pull Off (ASTM D-4541)				
Mano de obra: "B"				
Tipo de bloque: Bajo Norma				
Fecha de elaboración de recubrimiento: 06/05/2010				
Tipo de recubrimiento: REPELLO + AFINADO				
Prueba N°	Edad de Ensayo (días)	Lectura (kN)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Observaciones
1	7	1	2.331	Fallo del afinado
2	7	1	2.331	Falla del afinado
3	28	1	2.331	Falla por peso del equipo
4	28	1	2.331	Falla del repello
5	77	1.5	2.331	Falla del repello
6	77	1.5	3.496	Falla del repello
Fórmulas: Diámetro de Disco = (2 15/16") * (2.54cm / 1") = 7.46 cm Área de Disco = (π/4) D ² = (π/4) (7.46) ² = 43.74 cm ² Esfuerzo de compresión, kg/cm ² = [(Lectura (kN) * 1000) / 9.81 m/s ²] / Área de disco, cm ²				



CONTINUACIÓN DE ANEXO 12

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

PRUEBA DE ADHERENCIA DE MORTERO PARA REPELLO Pull Off (ASTM D-4541)				
Mano de obra: "B"				
Tipo de bloque: Bajo Norma				
Fecha de elaboración de recubrimiento: 06/05/2010				
Tipo de recubrimiento: ADOBADO				
Prueba N°	Edad de Ensayo (días)	Lectura (kN)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Observaciones
1	8	1	2.331	Fallo compuesta del adobado, del pegamento y del bloque
2	8	0.5	1.165	Falla del bloque
3	28	3	6.992	Falla del bloque
4	28	3	6.992	Falla del bloque
5	77	3.5	8.157	Falla del 97% de bloque y 3% del pegamento
6	77	3.5	8.157	Falla del bloque
Fórmulas: Diámetro de Disco = (2 15/16") * (2.54cm / 1") = 7.46 cm Área de Disco = (π/4) D ² = (π/4) (7.46) ² = 43.74 cm ² Esfuerzo de compresión, kg/cm ² = [(Lectura (kN) * 1000) / 9.81 m/s ²] / Área de disco, cm ²				



CONTINUACIÓN DE ANEXO 12

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

PRUEBA DE ADHERENCIA DE MORTERO PARA REPELLO Pull Off (ASTM D-4541)				
Mano de obra: "C"				
Tipo de bloque: Comercial				
Fecha de elaboración de recubrimiento: 11/05/2010				
Tipo de recubrimiento: REPELLO + AFINADO				
Prueba Nº	Edad de Ensayo (días)	Lectura (kN)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Observaciones
1	7	1	2.331	Fallo del repello
2	7	0	0.000	Falla del pegamento
3	28	1	2.331	Falla del 25% del bloque y 75% del repello
4	28	1	2.331	Falla del bloque
5	79	1.5	3.496	Falla del bloque
6	79	1	2.331	Falla del bloque
Fórmulas: Diámetro de Disco = $(2 \frac{15}{16}'') * (2.54\text{cm} / 1'') = 7.46 \text{ cm}$ Área de Disco = $(\pi/4) D^2 = (\pi/4) (7.46)^2 = 43.74 \text{ cm}^2$ Esfuerzo de compresión, $\text{kg/cm}^2 = [(Lectura (\text{kN}) * 1000) / 9.81 \text{ m/s}^2] / \text{Área de disco, cm}^2$				



CONTINUACIÓN DE ANEXO 12

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

PRUEBA DE ADHERENCIA DE MORTERO PARA REPELLO Pull Off (ASTM D-4541)				
Mano de obra: "C"				
Tipo de bloque: Comercial				
Fecha de elaboración de recubrimiento: 11/05/2010				
Tipo de recubrimiento: ADOBADO				
Prueba Nº	Edad de Ensayo (días)	Lectura (kN)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Observaciones
1	7	1	2.331	Fallo del afinado
2	7	1	2.331	Falla del afinado
3	28	1.5	3.496	Falla del bloque
4	28	1	2.331	Falla del 90% de repello y 10% del bloque
5	79	2.5	5.827	Falla del 90% de repello y 10% del bloque
6	79	2.5	6.992	Falla del bloque
Fórmulas: Diámetro de Disco = (2 15/16") * (2.54cm / 1") = 7.46 cm Área de Disco = (π/4) D ² = (π/4) (7.46) ² = 43.74 cm ² Esfuerzo de compresión, kg/cm ² = [(Lectura (kN) * 1000) / 9.81 m/s ²] / Área de disco, cm ²				



CONTINUACIÓN DE ANEXO 12

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3º etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

PRUEBA DE ADHERENCIA DE MORTERO PARA REPELLO Pull Off (ASTM D-4541)				
Mano de obra: "C"				
Tipo de bloque: Bajo Norma				
Fecha de elaboración de recubrimiento: 11/05/2010				
Tipo de recubrimiento: REPELLO + AFINADO				
Prueba Nº	Edad de Ensayo (días)	Lectura (kN)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Observaciones
1	7	0	0.000	Fallo del repello
2	7	0	0.000	Falla del afinado
3	28	1	2.331	Falla del repello
4	28	1	2.331	Falla del bloque
5	79	1.5	2.331	Falla del 55% del repello y 45% del pegamento
6	79	1.5	2.331	Falla del repello
Fórmulas: Diámetro de Disco = $(2 \frac{15}{16}'') * (2.54\text{cm} / 1'') = 7.46 \text{ cm}$ Área de Disco = $(\pi/4) D^2 = (\pi/4) (7.46)^2 = 43.74 \text{ cm}^2$ Esfuerzo de compresión, $\text{kg/cm}^2 = [(Lectura (\text{kN}) * 1000) / 9.81 \text{ m/s}^2] / \text{Área de disco, cm}^2$				



CONTINUACIÓN DE ANEXO 12

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

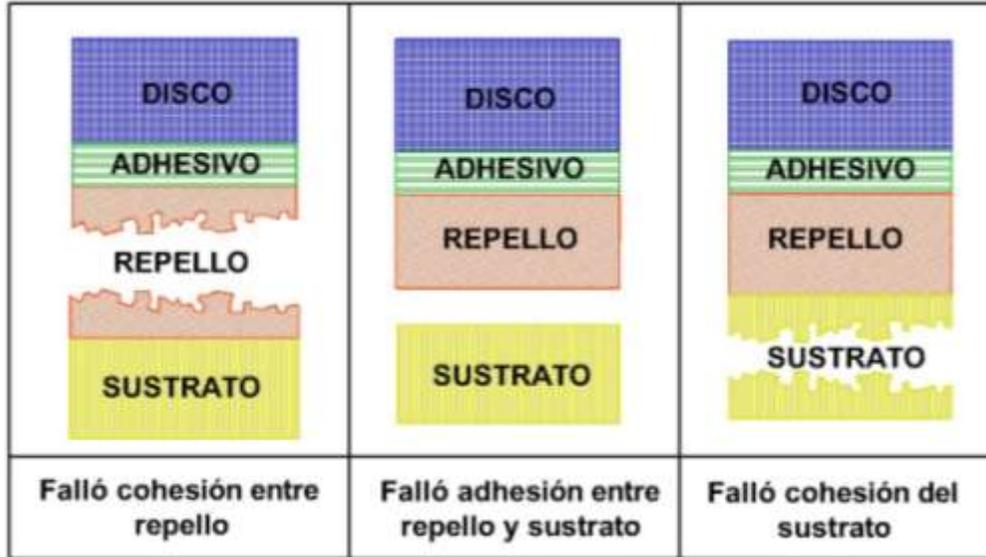
Laboratorio de Investigaciones del ISCC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa. Av. El Espino y Boulevard Sur. Ant. Cuscatlán. La Libertad Tel 250-50162 y 250-50163

PRUEBA DE ADHERENCIA DE MORTERO PARA REPELLO Pull Off (ASTM D-4541)				
Mano de obra: "C"				
Tipo de bloque: Bajo Norma				
Fecha de elaboración de recubrimiento: 11/05/2010				
Tipo de recubrimiento: ADOBADO				
Prueba N°	Edad de Ensayo (días)	Lectura (kN)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Observaciones
1	7	0	0.000	Falla del afinado
2	7	0	0.000	Falla del afinado con un porcentaje mínimo del bloque
3	28	1	2.331	Falla del 50% del bloque y del 50% del adobado
4	28	1	2.331	Falla del adobado
5	79	1	2.331	Falla del bloque
6	79	1	3.496	Falla del 30% del bloque y del 70% del adobado
Fórmulas: Diámetro de Disco = $(2 \frac{15}{16}'') * (2.54\text{cm} / 1'') = 7.46 \text{ cm}$ Área de Disco = $(\pi/4) D^2 = (\pi/4) (7.46)^2 = 43.74 \text{ cm}^2$ Esfuerzo de compresión, $\text{kg/cm}^2 = [(Lectura \text{ (kN)} * 1000) / 9.81 \text{ m/s}^2] / \text{Área de disco, cm}^2$				

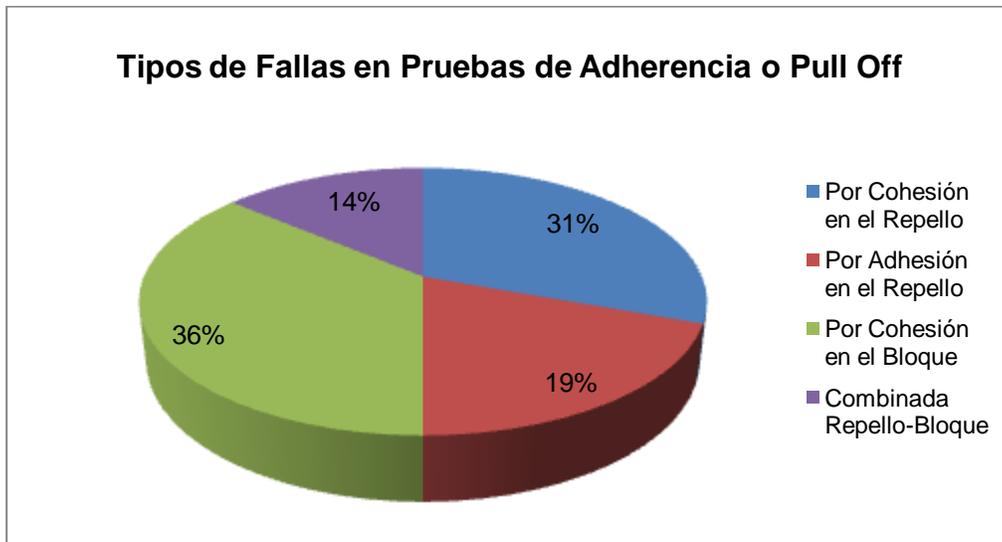
ANEXO 13: TIPOS DE FALLAS EN PRUEBAS DE ADHERENCIA O PULL OFF.

Al llevar a cabo las Pruebas de Adherencia o Pull Off se pueden obtener los siguientes tipos de fallas:

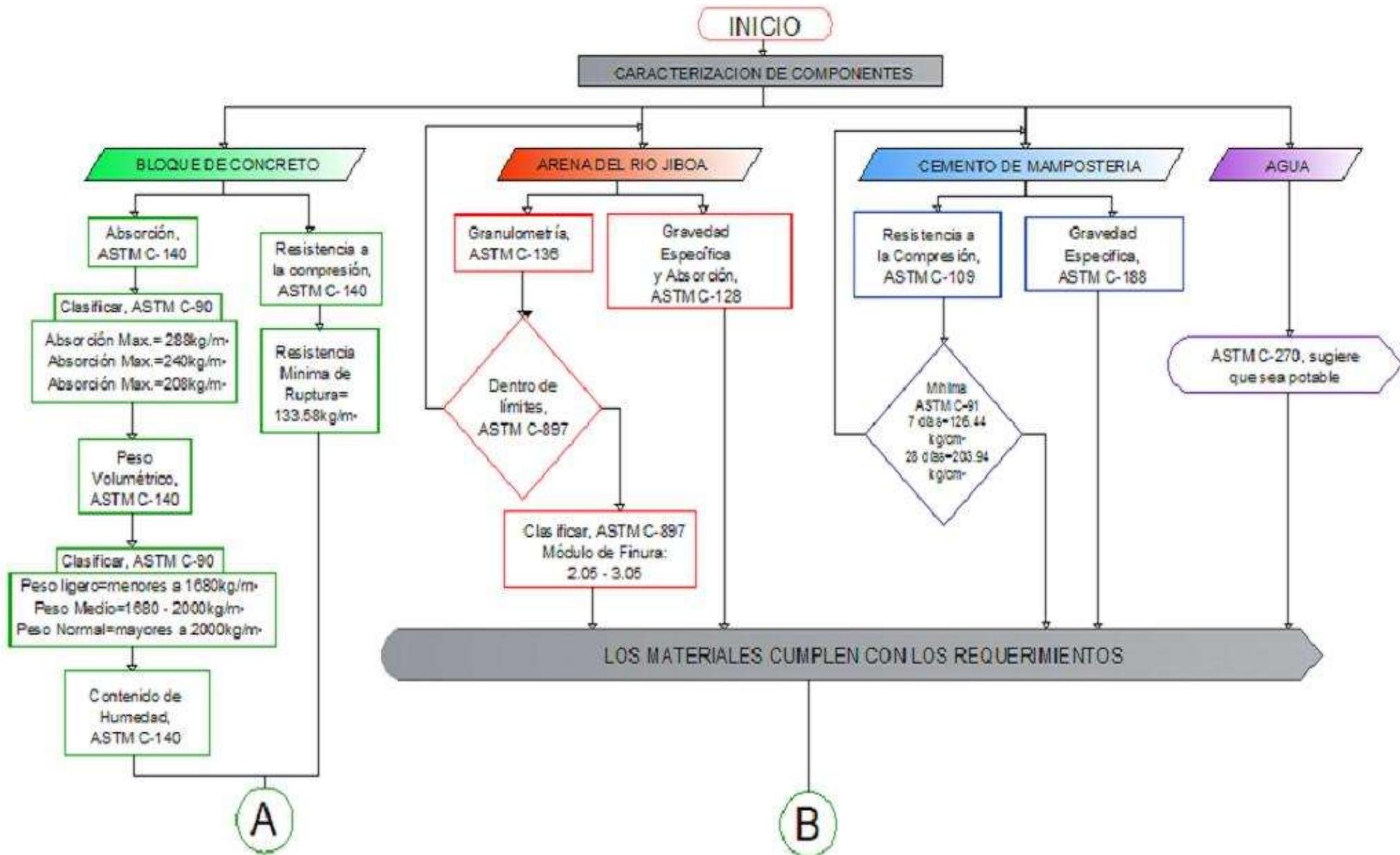


Fallas obtenidas en campo:

Tipos de Fallas en Pruebas de Adherencia o Pull Off			
Por Cohesión en el Repello	Por Adhesión en el Repello	Por Cohesión en el Bloque	Combinada Repello-Bloque
22	14	26	10



ANEXO 14: FLUJOGRAMA DE PROCEDIMIENTOS Y ENSAYOS PARA LA INVESTIGACIÓN.



CONTINUACIÓN DE ANEXO 14: FLUJOGRAMA DE PROCEDIMIENTOS Y ENSAYOS PARA LA INVESTIGACIÓN.

