

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**DETERMINACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES DE
CONSTRUCCIÓN EMPLEADOS CON MÁS
FRECUENCIA EN EL PAÍS**

PRESENTADO POR:

LINDA CELINA CASTELLANO RIVAS

HÉCTOR ALEXANDER RIVERA RAMÍREZ

REYNALDO JOSÉ SALAZAR RODRÍGUEZ

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL :

LIC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :

ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título :

**DETERMINACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES DE
CONSTRUCCIÓN EMPLEADOS CON MÁS
FRECUENCIA EN EL PAÍS**

Presentado por :

**LINDA CELINA CASTELLANO RIVAS
HÉCTOR ALEXANDER RIVERA RAMÍREZ
REYNALDO JOSÉ SALAZAR RODRÍGUEZ**

Trabajo de Graduación Aprobado por :

Docentes Asesores :

INGRA. LESLY EMIDALIA MENDOZA MEJIA

ING. JOSE MIGUEL LANDAVERDE QUIJADA

San Salvador, septiembre de 2019

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

INGRA. LESLY EMIDALIA MENDOZA MEJIA

ING. JOSE MIGUEL LANDAVERDE QUIJADA

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso por su inmensa misericordia y amor.

A mi madre, el amor de mi vida y a quien le debo todo lo que soy.

A mi hermana Aleyda Castellanos, por ser esa persona tan compasiva y asistir a mis necesidades y sufrimientos como una hermana debe hacerlo.

A mi persona especial Alexander Rivera, por ser mi sostén en todo momento.

A mis amigos por su apoyo, amor y comprensión, por estar siempre y demostrarme lo que una verdadera amistad significa. Tirza Escobar, Reynaldo Salazar, Miguel Hernández y especialmente Camila Castaneda.

Al Ing. Rogelio Aguirre por su ayuda constante y por brindarme la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo.

A la Ing. Sugey Terezón por toda la ayuda que recibí de su parte, por sobrepasar mis expectativas de lo que un jefe debe ser y convertirse en una amiga.

A mis docentes asesores por toda la ayuda brindada durante este proceso, Ing. Lesly Mendoza e Ing. Miguel Landaverde.

Linda Rivas

A DIOS, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.

A mi familia, especialmente a mamá Emérita Soledad Ramirez, por estar siempre en mi vida y enseñarme a no desfallecer ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mi tía Dina Ramirez, tía Mirna Patricia, mi madre Yasmina Guadalupe, Jacqueline Ramirez, Fernando Pérez.

A mi abuelo que siempre creyó en mí, estarás en mi corazón muchas gracias.

A ella pues, siendo la mayor motivación en mi vida encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto para poder lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, el poder haber culminado esta tesis con éxito, gracias Celina Rivas.

A la Universidad de El Salvador por haberme forjado profesionalmente.

A mis asesores quienes con su colaboración enriquecieron este trabajo de graduación.

A mis amigos, José Edilberto Sandoval Lemus, Irvin Panameño, Rey Salazar, Camila Castaneda.

A la empresa DIMARTI S.A de C.V por haberme colaborado durante el desarrollo de mi trabajo de graduación, especialmente a:

- Alfredo Cabrera
- Marvin Yanes
- Manuel Cruz

Héctor Rivera

A Dios por su infinito amor y ayudarme a llegar a esta etapa siendo mi guía espiritual.

A mis padres por la oportunidad que me han brindado de poder formarme académicamente, por la paciencia y el amor que han mantenido incondicionalmente hacia mi persona.

A mi abuela, tío y tía por siempre apoyarme y brindarme palabras de aliento.

A mi hermano quien me ha acompañado en buena parte de este camino, por sus palabras de ánimos y así mismo ser mi compañero de aventuras y experiencias vividas en estos años disfrutando al máximo.

A mis compañeros de tesis, quienes además son mis grandes y verdaderos amigos por su apoyo en todo momento, paciencia y regaños que me han ayudado a llegar a este punto de mi formación académica.

Y, a todos los amigos con los que pude convivir a lo largo de este camino; Carlos López, Javier Rodríguez, Camila Castaneda, Linda Castellano, Alexander Ramírez.

Reynaldo Salazar

INDICE GENERAL

	Pág.
CAPITULO I	
GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Planteamiento Del Problema	5
1.3 Objetivos	8
1.3.1 Objetivo General:	8
1.3.2 Objetivos Específicos:	8
1.4 Alcances	10
1.5 Limitaciones	11
1.6 Justificación	12
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	13
2.1 Control de calidad en las obras civiles.	14
2.1.1 Control de calidad de los materiales de construcción.	16
2.2 Materiales de construcción	18
2.2.1 Agregados.	19
2.2.2 Mortero predosificado.	32
2.2.3 Adoquines	39
2.2.4 Ladrillo de barro cocido	50
2.2.5 Ladrillo de piso cerámico	57
2.2.6 Bloques de concreto	66
2.2.7 Acero de refuerzo	74
2.2.8 Madera.	84

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	92
3.1 Metodología de la investigación.	93
3.1.1 Generalidades.	93
3.2 Proceso para la obtención de resultados.	94
3.3 Procedimiento de muestreo y ejecución e ensayos.	96
3.3.1 Agregados.	96
3.3.2 Mortero pre-dosificado.	99
3.3.3 Adoquines.	100
3.3.4 Ladrillo de barro cocido.	102
3.3.5 Ladrillo de piso cerámico.	104
3.3.6 Bloques de concreto.	105
3.3.7 Acero de refuerzo.	106
3.3.8 Madera.	108
3.4 Procesamiento de datos, análisis de resultados y conclusiones.	110

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	111
4.1 Presentación de resultados.	112
4.1.1 Agregados pétreos.	113
Análisis de resultados.	132
4.1.2 Mortero pre dosificado.	151
Análisis de resultados.	154
4.1.3 Adoquines	156
Análisis de resultados	163
4.1.4 Ladrillos de barro.	174
Análisis de resultados	186
4.1.5 Ladrillo de piso cerámico.	196
Análisis de resultados	204

4.1.6 Bloques de concreto.	211
Análisis de resultados.	228
4.1.7 Acero de refuerzo.	258
Análisis de resultados.	282
4.1.8 Madera.	307
Análisis de resultados.	311
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	318
5.1 Conclusiones.	319
5.1.1 Agregado pétreo.	319
5.1.2 Mortero predosificado.	321
5.1.3 Adoquines.	321
5.1.4 Ladrillo de barro cocido.	322
5.1.5 Ladrillo de piso cerámico.	323
5.1.6 Bloques de concreto.	324
5.1.7 Acero de refuerzo.	326
5.1.8 Madera.	327
5.2 RECOMENDACIONES.	328
BIBLIOGRAFIA	330

INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1 Adoquín de concreto tipo cruz.	40
Figura No. 2 Adoquín de concreto tipo 1.	40
Figura No. 3 Adoquín de concreto tipo cruz.	41
Figura No. 4 Adoquín de concreto ecológico.	42
Figura No. 5 Adoquín de concreto arquitectónico.	42
Figura No. 6 Adoquín de concreto rustico.	43
Figura No. 7 Adoquines utilizados como capa de rodadura de un pavimento articulado.	44
Figura No. 8 Adoquines utilizados como elemento decorativo de una plaza familiar.	45
Figura No. 9 Partes de un adoquín.	49
Figura No. 10 Ladrillo de barro cocido.	51
Figura No. 11 Ladrillo de barro cocido sólido.	52
Figura No. 12 Ladrillo de barro cocido con acabado decorativo.	52
Figura No. 13 Ladrillo de barro cocido hueco.	53
Figura No. 14 Ladrillo de piso cerámico.	58
Figura No. 15 Ladrillo de piso cerámico rústico, utilizado en el interior de una vivienda.	59
Figura No. 16 Ladrillo de piso cerámico gres, utilizado en exteriores.	59
Figura No. 17 Tipos de bloques de concreto.	66

Figura No. 18 Area y espesores.	72
Figura No. 19 Barras de acero corrugado.	75
Figura No. 20 Ejemplo de identificación.	81
Figura No. 21 Diferentes tipos de corruga en varillas de refuerzo.	82
Figura No. 22 Madera de pino blanco.	85
Figura No. 23 Materiales por fabricante.	113
Figura No. 24 Grava y arena proveniente de la empresa A.	116
Figura No. 25 Agregados de empresa B.	116
Figura No. 26 Arena natural distribuida por la empresa C.	117
Figura No. 27 Carta de colores para determinación de impurezas inorgánicas en la arena.	129
Figura No. 28 Gráfico de granulometrías grava TMN 1”.	133
Figura No. 29 Gráfico de granulometría, grava TMN 3/4”, empresa A.	134
Figura No. 30 Gráfico de granulometría, grava TMN 3/4”, empresa B.	134
Figura No. 31 Curvas granulométricas de arena natural, empresa A.	136
Figura No. 32 Curvas granulométricas de arena natural, empresa C.	136
Figura No. 33 Curvas granulométricas de arena triturada, empresa A.	137
Figura No. 34 Curvas granulométricas de arena triturada, empresa B.	137
Figura No. 35 Módulo de finura de la arena natural y triturada.	138
Figura No. 36 Gráfico de peso volumétrico y varillado de la grava de TMN 1”, empresa A.	139

Figura No. 37 Gráfico de peso volumétrico suelto y varillado de la grava de TMN 3/4", empresa A.	140
Figura No. 38 Gráfico del peso volumétrico suelto y varillado, grava TMN 3/4", empresa B.	141
Figura No. 39 Peso volumétrico suelto de la arena natural y triturada.	142
Figura No. 40 Gravedad específica saturada, seca y aparente. Grava TMN 3/4", empresa A.	143
Figura No. 41 Gravedad específica saturada, seca, y aparente. Grava TMN 3/4", empresa B.	144
Figura No. 42 Gráfico de absorción empresa a y empresa b, grava TMN 3/4".	144
Figura No. 43 Gráfico de tendencia de resultados de compresión a la edad de 28 días.	154
Figura No. 44 Gráfico de tendencia de resultados de compresión a la edad de 28 días.	155
Figura No. 45 Gráfico de absorción por valor individual. Empresas A, B y C.	164
Figura No. 46 Gráfico de absorción promedio de tres especímenes. Empresas A, B y C.	164
Figura No. 47 Gráfico resistencia a compresión por valor individual. Empresas A, B y C.	166
Figura No. 48 Gráfico de resistencia a compresión promedio de tres especímenes. Empresas A, B y C.	166

Figura No. 49 Gráfico de tolerancia dimensional de longitud. Empresas A, B y C.	168
Figura No. 50 Gráfico de tolerancia dimensional del ancho. Empresas A, B y C.	169
Figura No. 51 Gráfico de tolerancia dimensional de altura. Empresas A, B y C.	170
Figura No. 52 Gráfico de tendencia de resultados de densidad. Para las tres empresas.	172
Figura No. 53 Gráfico de absorción como valor individual. Fabricantes A, B y C.	187
Figura No. 54 Gráfico de absorción promedio de cinco especímenes. Fabricantes A, B y C.	187
Figura No. 55 Gráfico de resistencia a compresión como valor individual. Fabricantes A, B y C.	189
Figura No. 56 Gráfico de resistencia a compresión promedio de cinco especímenes. Fabricantes A, B y C.	189
Figura No. 57 Gráfico de tolerancia dimensional de longitud. Fabricantes A, B y C.	191
Figura No. 58 Gráfico de tolerancia dimensional de ancho. Fabricantes A, B y C.	192
Figura No. 59 Gráfico de tolerancia dimensional de altura. Fabricantes A, B y C.	193

Figura No. 60 Gráfico de densidad. Fabricantes A, B y C.	194
Figura No. 61 Gráfico de absorción como valor individual. Fabricantes A y B.	204
Figura No. 62 Gráfico de tendencia de resultados de absorción. Para los dos fabricantes.	205
Figura No. 63 Gráfico de resistencia a la flexión como valor individual. Fabricantes A y B.	206
Figura No. 64 Gráfico de resistencia a la flexión promedio de siete especímenes. Fabricantes A y B.	206
Figura No. 65 Gráfico de tendencia de resultados de longitud. Para los dos fabricantes.	208
Figura No. 66 Gráfico de tolerancia dimensional de ancho. Fabricantes A y B.	209
Figura No. 67 Gráfico de tolerancia dimensional de altura. Fabricantes A y B.	210
Figura No. 68 Los diferentes tipos de bloques de concreto que se estudiaron por empresa.	212
Figura No. 69 Comportamiento de la variación de la longitud de bloques de 15 cm de ancho para cada empresa en estudio.	229
Figura No. 70 Comportamiento de la variación de la longitud de bloques de 20 cm de ancho para cada empresa en estudio.	230

Figura No. 71 Comportamiento de la variación del ancho de bloques de 15 cm de ancho para cada empresa en estudio.	231
Figura No. 72 Comportamiento de la variación del ancho de bloques de 20 cm de ancho para cada empresa en estudio.	232
Figura No. 73 Comportamiento de la variación de la altura de los bloques de 15 cm de ancho para cada empresa en estudio.	233
Figura No. 74 Comportamiento de la variación de la altura de los bloques de 20 cm de ancho para cada empresa en estudio.	234
Figura No. 75 Cumplimiento de espesores de tabiques de bloque de 15 y 20 cm.	235
Figura No. 76 Cumplimiento de espesores de paredes de bloque de 15 y 20 cm.	236
Figura No. 77 Espesor de tabique equivalente de bloques de 15 y 20 cm.	237
Figura No. 78 Cumplimiento de espesores de tabiques de bloque de 15 y 20 cm.	239
Figura No. 79 Cumplimiento de espesores de paredes de bloque de 15 y 20 cm.	239
Figura No. 80 Espesor de tabique equivalente de bloques de 15 y 20 cm.	240
Figura No. 81 Espesor de tabique de bloques de 15 y 20 cm.	242
Figura No. 82 Espesor de pared de bloques de 15 y 20 cm.	242
Figura No. 83 Espesor de tabique equivalente de bloques de 15 y 20 cm.	243

Figura No. 84 Absorciones individuales para bloques de 15 cm por empresa.	245
Figura No. 85 Absorciones individuales para bloques de 20 cm por empresa.	245
Figura No. 86 Absorción promedio de tres especímenes para bloques de 15 cm por empresa.	246
Figura No. 87 Absorción promedio de tres especímenes para bloques de 20 cm por empresa.	246
Figura No. 88 Resistencia a la compresión de los especímenes individuales de 15 cm.	251
Figura No. 89 Resistencia a la compresión de los especímenes individuales de 20 cm.	251
Figura No. 90 Resistencia a la compresión del promedio de tres especímenes de 15 cm seleccionados por empresa.	252
Figura No. 91 Resistencia a la compresión del promedio de tres especímenes de 20 cm.	253
Figura No. 92 Diámetros que se evaluarán por fabricante.	259
Figura No. 93 Especímenes de la empresa A.	261
Figura No. 94 Barras No. 4 (1/2") grado 40 (280 MPa), elaborados por la empresa B.	263
Figura No. 95 Comportamiento del porcentaje de variación del peso para las empresas en estudio.	284

Figura No. 96 Porcentaje de reducción de área para las barras de la empresa A.	285
Figura No. 97 Variación del porcentaje de elongación para las barras de la empresa A.	286
Figura No. 98 Variación del porcentaje de elongación para las barras de la empresa B.	288
Figura No. 99 Variación del porcentaje de elongación para las barras de la empresa C.	289
Figura No. 100 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 1/2" grado 75 (515 MPa).	295
Figura No. 101 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 5/8" grado 75 (515 MPa).	295
Figura No. 102 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 1/2" grado 40 (280 MPa).	297
Figura No. 103 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 5/8" grado 40 (280 MPa).	297
Figura No. 104 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 1/2" grado 60 (420 MPa).	299
Figura No. 105 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 5/8" grado 60 (420 MPa).	299
Figura No. 106 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 3/8" grado 40 (280 MPa).	301

Figura No. 107 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 1/2” grado 40 (280 MPa)	301
Figura No. 108 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 1/2” grado 60 (420 MPa)	303
Figura No. 109 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 3/4” grado 60 (420 MPa)	303
Figura No. 110 Tipos de maderas a estudiarse	307
Figura No. 111 Variación de la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra de las cinco especies de madera.	312
Figura No. 112 Variaciones de la resistencia a la flexión paralela a la fibra de las cinco especies de madera.	313
Figura No. 113 Variaciones del módulo de ruptura de las cinco especies de madera.	314

INDICE DE TABLAS

Tabla No.1 Ventajas y desventajas de los agregados pétreos naturales y artificiales.	22
Tabla No. 2 Propiedades físicas y mecánicas de interés en los agregados pétreos.	24
Tabla No. 3 Ensayos de laboratorio a realizar a los agregados finos y gruesos.	31
Tabla No.4 Ventajas y desventajas del uso de mortero diseñado versus el mortero prescrito.	35
Tabla No.5 Propiedades y características del mortero.	38
Tabla No.6 Ventajas y desventajas en la utilización de adoquines.	46
Tabla No. 7 Propiedades físicas y mecánicas de interés en los adoquines de concreto.	48
Tabla No.8 Ventajas y desventajas en la utilización de ladrillos de barro de cocido.	54
Tabla No.9 Propiedades físico-mecánicas del ladrillo de barro cocido.	56
Tabla No.10 Ventajas y desventajas en la utilización de ladrillos piso cerámico.	61
Tabla No.11 Propiedades físico-mecánicas del ladrillo piso cerámico.	65
Tabla No 12 Bloques de concreto más comercializados en el país.	68
Tabla No 13 Importancia del uso de los bloques de concreto en la industria de la construcción.	69
Tabla No 14 Clasificación de los bloques de concreto.	70
Tabla No 15 Ventajas y desventajas del uso de los bloques de concreto en industria de la construcción.	71
Tabla No. 16 Normas de los bloques de concreto.	73
Tabla No. 17 Clasificación según su composición química.	76

Tabla No.18 Clasificación según su contenido de carbono.	77
Tabla No.19 Ventajas y desventajas del acero de refuerzo.	79
Tabla No. 20 Propiedades a estudiarles a corrugas.	82
Tabla No. 21 Características principales a investigar al acero de refuerzo.	83
Tabla No. 22 Ventajas y desventajas del uso de la madera en la construcción.	88
Tabla No. 23 Características principales a investigar de la madera.	90
Tabla No. 24 Ensayos a realizarse a los agregados.	98
Tabla No. 25 Ensayos al mortero pre-dosificado.	100
Tabla No. 26 Ensayos a realizarse para adoquines.	101
Tabla No 27 Ensayos a ejecutarse al ladrillo de barro cocido.	103
Tabla No. 28. Ensayos a desarrollarse para el ladrillo de piso cerámico.	105
Tabla No. 29 Ensayos a ejecutarse a los bloques de concreto.	106
Tabla No. 30 Ensayos a ejecutarse al acero de refuerzo.	107
Tabla No. 31 Ensayos que se llevarán a cabo a la madera.	109
Tabla No. 32 Requisito de cumplimiento para el agregado pétreo según las especificaciones ASTM C33 y portland cement association (PCA) Capítulo No 5.	114
Tabla No.33 Resultados de ensayos granulométricos para agregado grueso para la empresa A.	118
Tabla No. 34 Resultados del ensayo de peso volumétrico suelto y varillado, grava TMN 1" para la empresa A.	118
Tabla No. 35 Resultados de ensayos granulométrico, para grava TMN ¾".	119

Tabla No. 36 Resultados de peso volumétrico suelto y varillado, grava TMN ¾".	120
Tabla No. 37 Resultados de gravedad específica seca, saturada, aparente y absorción, para la grava TMN ¾" empresa A y empresa B.	121
Tabla No. 38 Resultados de la resistencia a la abrasión, grava TMN ¾".	122
Tabla No. 39 Cuadro de resultados del ensayo de caras fracturadas en la grava TMN ¾".	123
Tabla No. 40 Resultados de los ensayos granulométricos a las arenas natural y triturada.	124
Tabla No. 41 Resultados del módulo de finura.	125
Tabla No. 42 Resultados de gravedad específica y absorción del agregado fino.	126
Tabla No. 43 Resultados del peso volumétrico suelto de las arenas natural y triturada.	127
Tabla No. 44 Resultados del porcentaje de material que pasa la malla No. 200.	128
Tabla No. 45 Resultados del porcentaje de material que pasa la malla No. 200.	130
Tabla No. 46 Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de calidad del agregado.	149
Tabla No. 47 Requisito de cumplimiento para el mortero pre-dosificado según norma ASTM C270.	151
Tabla No.48 Resultados de la resistencia a la compresión de cubos de mortero pre-dosificado, para la empresa A.	152
Tabla No.49 Resultados de la resistencia a la compresión de cubos de mortero pre-dosificado, para la empresa B.	153
Tabla No. 50 Requisito de cumplimiento para adoquines según norma ASTM C936.	157
Tabla No. 51 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de adoquines para empresa A.	158
Tabla No. 52 Valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad para empresa A.	159

Tabla No. 53 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de adoquines para empresa B.	160
Tabla No. 54 Valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad para empresa B.	161
Tabla No. 55 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de adoquines para empresa C.	162
Tabla No. 56 Valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad para empresa C.	163
Tabla No. 57. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de adoquines que exige la norma para las tres empresas.	173
Tabla No. 58 Requisito de cumplimiento para ladrillos de barro según norma ASTM.	175
Tabla No. 59 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro de fabricante A.	176
Tabla No. 60 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro de fabricante A.	177
Tabla No. 61 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro para fabricante A.	178
Tabla No. 62 Valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad para fabricante A.	179
Tabla No. 63 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro de fabricante B.	180
Tabla No. 64 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro de fabricante B.	181
Tabla No. 65 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro para fabricante B.	182
Tabla No. 66 Valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad para fabricante B.	182

Tabla No. 67 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro de fabricante C.	183
Tabla No. 68 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro de fabricante C.	184
Tabla No. 69 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro para fabricante C.	185
Tabla No. 70 Valores de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho y altura promedio, así como desviación estándar para fabricante C.	186
Tabla No 71. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de ladrillos de barro exigidos por la norma ASTM C62 para los tres fabricantes.	195
Tabla No. 72 Requisito de cumplimiento para ladrillos de piso cerámico según norma ISO. Para grupo All	196
Tabla No. 73 Resultados absorción y tolerancia dimensional de ladrillos de piso cerámico de fabricante A.	199
Tabla No. 74 Resultados de resistencia a flexión de ladrillos de piso cerámico de fabricante A.	200
Tabla No. 75 Valores promedio de resistencia a la flexión, absorción, longitud, ancho y altura para fabricante A.	201
Tabla No. 76 Resultados de absorción y tolerancia dimensional de ladrillos de piso cerámico de fabricante B.	202
Tabla No. 77 Resultados de resistencia a flexión de ladrillos de piso cerámico de fabricante B.	203
Tabla No. 78 Valores de promedio de resistencia a la flexión, absorción, longitud y ancho para fabricante B.	203
Tabla No 79. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de adoquines que exige la norma para las tres empresas.	211
Tabla No. 80. Requerimientos de resistencia, absorción, y clasificación por peso.	213

Tabla No. 81. Espesores de tabiques y paredes.	213
Tabla No. 82. Resultados de las dimensiones de los bloques de 15 cm y 20 cm, empresa A.	215
Tabla No. 83. Requerimientos de acuerdo a la norma de especificación.	215
Tabla No. 84. Resultados de los espesores de tabique y pared 15 cm y 20 cm.	216
Tabla No. 85. Resultados de las dimensiones para bloques de 15 cm y 20 cm para la empresa b.	218
Tabla No. 86. Requerimientos de acuerdo a la norma de especificación.	218
Tabla No. 87. Resultados de los espesores de tabique y pared 15 cm y 20 cm.	219
Tabla No. 88. Resultados de las dimensiones de los bloques de 15 cm y 20 cm.	221
Tabla No. 89. Requerimientos de acuerdo a la norma de especificación.	221
Tabla No. 90. Resultados de los espesores de tabique y pared de bloque de 15 cm y 20 cm.	222
Tabla No. 91. Resultados de densidades individuales y promedio de 3 unidades por empresa y tipo de bloque.	224
Tabla No. 92. Resultados de absorción individuales y promedio de 3 unidades por empresa y tipo de bloque.	225
Tabla No. 93. Resultados de la compresión individual por cada espécimen por empresa y por tipo de bloque.	227
Tabla No. 94. Resultados de la compresión del promedio de tres especímenes por empresa y por tipo de bloque.	227
Tabla No. 95. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de calidad para los bloques de concreto.	254
Tabla No. 96. Requisitos de cumplimiento para acero de refuerzo de alta resistencia bajo la norma de especificación ASTM A1064 – 17.	259

Tabla No. 97. Requisitos de cumplimiento para acero de refuerzo bajo la norma de especificación ASTM A615 - 01.	260
Tabla No. 98. Requisitos de cumplimiento para acero de refuerzo bajo la norma de especificación ASTM A706 - 01.	260
Tabla No. 99. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 4 (1/2") grado 75 (515 MPa).	262
Tabla No. 100. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 5 (5/8") grado 75 (515 MPa).	262
Tabla No. 101. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 4 (1/2") grado 40 (280 MPa).	264
Tabla No. 102. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 5 (5/8") grado 40 (280 MPa).	264
Tabla No. 103. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 4 (1/2") grado 60 (420 MPa).	265
Tabla No. 104. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 5 (5/8") grado 60 (420 MPa).	265
Tabla No. 105. Resultados de las características del acero de refuerzo diámetro No. 3 (3/8") Grado 40 (280 MPa).	266
Tabla No. 106. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 4 (1/2") grado 40 (280 MPa).	267
Tabla No. 107. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 4 (1/2") grado 60 (420 MPa).	267
Tabla No. 108. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 6 (3/4") grado 60 (420 MPa).	268
Tabla No. 109. Muestras de ensayo de dobléz de barras D – 11 (1/2") grado 75 (515 MPa).	269
Tabla No. 110. Muestras de ensayo de dobléz de barras D – 17 (5/8") grado 75 (515 MPa).	269
Tabla No. 111. Muestras de ensayo de dobléz de barras No. 4 (1/2") grado 40 (280 MPa).	270

Tabla No. 112. Muestra de ensayo de doblez de barras No. 5 (5/8") grado 40 (280 MPa).	271
Tabla No. 113. Muestras de ensayo de doblez de barras No. 4 (1/2") grado 60 (420 MPa).	271
Tabla No. 114. Muestras de ensayo de doblez de barras No. 5 (5/8") grado 60 (420 MPa).	272
Tabla No. 115. Muestras de ensayo de doblez de barras No. 3 (3/8") grado 40 (280 MPa).	273
Tabla no. 116. Muestras de ensayo de doblez de barras No. 4 (1/2") grado 40 (280 MPa).	273
Tabla No. 117. Muestra de ensayo de doblez de barras No. 4 (1/2") grado 60 (420 MPa).	274
Tabla No. 118. Muestra de ensayo de doblez de barras de No. 6 (3/4") grado 60 (420 MPa).	274
Tabla No. 119. Resumen de cumplimiento ensayos de doblez por empresa.	275
Tabla No. 120. Corrugas de barras D – 11 (1/2") grado 75 (515 MPa), empresa A.	277
Tabla No. 121. Corrugas de barras D – 17 (5/8") grado 75 (515 MPa), empresa A.	277
Tabla No. 122. Corrugas de barras No. 4 (1/2") grado 40 (280 MPa), empresa B.	278
Tabla No. 123. Corrugas de barras No. 5 (5/8") grado 40 (280 MPa), empresa B.	278
Tabla No. 124. Corrugas de barras No. 4 (1/2") grado 60 (420 MPa), empresa B.	279
Tabla No. 125. Corrugas de barras No. 5 (5/8") grado 60 (420 MPa), empresa B.	279
Tabla No. 126. Corrugas de barras No. 3 (3/8") grado 40 (280 MPa), empresa C.	280
Tabla No. 127. Corrugas de barras No. 4 (1/2") grado 40 (280 MPa), empresa C.	280
Tabla No. 128. Corrugas de barras No. 4 (1/2") grado 60 (420 MPa), empresa C.	281
Tabla No. 129. Corrugas de barras No. 6 (3/4") grado 60 (420 MPa), empresa C.	281
Tabla No. 130. Descripción del grado de cumplimiento de las corrugas por empresa.	291

Tabla No. 131. Resultados promedio, rango de resultados y su respectivo grado de cumplimiento de las corrugas por empresa.	292
Tabla No. 132. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de calidad para las probetas estudiadas por empresa.	304
Tabla No. 133. Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de madera tipo cedro.	308
Tabla No. 134. Resultados obtenidos de la resistencia a flexión de madera tipo cedro.	308
Tabla No. 135. Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de madera tipo pino.	309
Tabla No. 136. Resultados obtenidos de la resistencia a flexión de madera tipo pino.	309
Tabla No. 137. Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de madera tipo caoba.	309
Tabla No. 138. Resultados obtenidos de la resistencia a flexión de madera tipo caoba.	310
Tabla No. 139. Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de madera tipo conacaste.	310
Tabla No. 140. Resultados obtenidos de la resistencia a flexión de madera tipo conacaste.	310
Tabla No. 141. Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de madera tipo laurel.	311
Tabla No. 142. Resultados obtenidos de la resistencia a flexión de madera tipo laurel.	311
Tabla No. 143. Cuadro resume de propiedades para los diferentes tipos de madera.	315

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Desde el comienzo de la civilización, los materiales junto con la energía han sido utilizados por el hombre para mejorar el ambiente donde habita y se desenvuelve. Las primeras edades en las que se clasifica nuestra historia llevan sus nombres de acuerdo al material desarrollado y designa una época en nuestra evolución, por ejemplo, la edad de piedra con las primeras herramientas y armas para cazar, fabricadas en ese material, la edad de bronce en la que se descubre la ductilidad y multiplicidad de ese material, seguida de la edad de hierro en la que éste reemplaza al bronce por ser un material más fuerte y con más aplicaciones, etc.

Se puede decir que el hombre descubrió desde hace mucho, que la naturaleza es fuente de materiales necesarios para construir sus viviendas y edificaciones, también aprendió a transformar los productos naturales, de modo que hoy en día, se organizan en sistemas constructivos, entre los que tienen más demanda aquellos que garantizan facilidad y rapidez de instalación, versatilidad, eficiencia en costo, y buen comportamiento en su uso.

Los materiales básicos tales como la madera, el acero, los agregados, el cemento; y los materiales manufacturados, como el plywood (madera contrachapada), las tuberías de drenaje, los bloques de concreto, entre otros, deberán ser debidamente especificados, para cumplir de manera satisfactoria con el uso previsto.

Con el fin de verificar la calidad de los materiales en la industria de la construcción, es necesario comprobar si estos cumplen con los requisitos que establecen las especificaciones técnicas, lo que se consigue a partir de la realización de ensayos de laboratorio que permitan medir las características requeridas; los ensayos son realizados aplicando procedimientos estandarizados reconocidos internacionalmente, con lo que se garantiza la validez de su aplicación. Las normas que se utilizan y regulan los procedimientos de ensayo en nuestro medio son las ASTM, AASHTO e ISO.

Actualmente, en El Salvador, no se cuenta con un ente que regule la calidad de los materiales que se utilizan en la industria de la construcción, y que a su vez se encargue de garantizar que lo que se vende, realmente cumpla con lo que se especifique para la obra.

A lo largo de los años, lo que se ha realizado en el medio es que los proveedores, entregan certificados que garantizan la calidad de sus productos y en contra partida el contratista y la supervisión son quienes realizan sus propios controles (verificación de calidad del producto que se utiliza en la obra, a través de ensayos).

Por lo que, en el presente trabajo se pretende realizar un estudio que permita determinar la calidad de algunos materiales que se ofrecen en el mercado y se usan en la industria de la construcción, con el fin de conocer las características que presentan y el nivel de cumplimiento que tienen en relación a las especificaciones; esto se pretende realizar, ya que a la fecha no se cuenta con

estudios o investigaciones por parte de un ente independiente que determine las condiciones de calidad de los materiales de construcción en nuestro medio.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El control de calidad de los materiales de construcción, es un aspecto muy importante para garantizar el buen funcionamiento de los mismos en la obra.

El control de calidad es la rama que estudia las propiedades, desempeño, bondades y características de los materiales utilizados en las construcciones, de la cual depende en gran medida la garantía del buen desempeño y funcionalidad de las obras. Para lo cual, es necesario la elaboración de pruebas, mediante ensayos normados por entidades dedicadas al estudio de las propiedades de estos materiales.

Actualmente el país cuenta con el Organismo Salvadoreño de Normalización, que se encarga de elaborar, actualizar, adoptar, adaptar, derogar y divulgar normas que faciliten la evaluación de la conformidad de los materiales de construcción, el desarrollo de los sectores productivos y proveen las bases para mejorar la calidad de los productos, procesos y servicios. Sin embargo, es muy común la adopción de las normas ASTM de especificación y de ensayo, que permiten evaluar la calidad de los materiales de construcción.

La ASTM, regula las construcciones en EE. UU. y son empleadas como base para aquellos países que no cuentan con una entidad propia dedicada a la investigación.

Es por esto que surge la necesidad de constatar de forma objetiva la calidad de los materiales que son empleados con más frecuencia en nuestro país. Para lo cual se hace necesario el ensayo de los mismos bajo la normativa ASTM. Lo cual nos permitirá conocer sus cualidades y características, obteniendo resultados cuantitativos confiables que harán posible la comparación de estos con los estándares.

Los materiales a investigar son los siguientes:

- Barras corrugadas de acero de refuerzo
- Agregado (gravas y arenas)
- Adoquines
- Bloques de concreto
- Ladrillo de barro cocido
- Madera
- Ladrillo de piso cerámico
- Mortero pre-dosificado

En nuestro medio, existen una gran cantidad de empresas que se dedican a la fabricación de materiales de construcción, sin embargo, algunas de estas no aplican controles que garanticen el cumplimiento de los requisitos mínimos que deben poseer estos materiales; lo que lleva a que los consumidores, corran un gran riesgo al usarlos. Este riesgo se incrementa debido a que nuestro país se ve influenciado constantemente por movimientos sísmicos. También existen

algunas empresas responsables, que cumplen con los estándares de calidad, las que se ven en competencia con las anteriormente mencionadas.

Por lo que esta investigación, pretende evaluar el nivel de cumplimiento de los requisitos de calidad de diversos materiales, que se usan en la industria de la construcción, y con ello determinar el estado en que se comercializan dichos productos en nuestro medio.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar el nivel de cumplimiento de los requisitos de calidad de los materiales de construcción empleados con más frecuencia en el país.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer la importancia que tiene el control de calidad de los materiales de construcción para el adecuado funcionamiento en las obras civiles.
- Seleccionar los materiales de construcción que son utilizados con mayor frecuencia en el país.
- Determinar las especificaciones que deben cumplir los materiales seleccionados, con base en las normas de especificación ASTM, AASHTO, ISO y otros documentos técnicos.
- Definir los ensayos que se realizaran a los materiales, para evaluar los requisitos requeridos
- Determinar por medio de ensayos de laboratorio regidos bajo las normas ASTM, las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción utilizados más frecuentemente en el país.

- Evaluar los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio que se ejecuten a los diferentes materiales.
- Comparar los resultados obtenidos de las pruebas, con las especificaciones ASTM que rigen los requisitos de calidad.
- Analizar el grado de cumplimiento de los requisitos de calidad de los materiales evaluados.
- Determinar el estado de la calidad de los materiales que se comercializan en el país a partir de los resultados obtenidos.

1.4 ALCANCES

Para la realización de este trabajo de graduación se pretende conseguir lo siguiente:

- La ejecución de ensayos de laboratorio que permitan verificar si los materiales investigados cumplen con las especificaciones técnicas bajo las cuales son elaborados.
- Para el desarrollo y ejecución de los ensayos de laboratorio, se utilizarán los equipos e instalaciones con que cuentan el laboratorio de Suelos y Materiales de la Escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad de El Salvador.
- Se contará con materiales obtenidos de empresas que manufacturan los productos en el país.
- Se determinarán las propiedades a los siguientes materiales: barras de acero de refuerzo, madera, ladrillo de piso cerámico, agregados, bloques de concreto, ladrillos de barro, adoquines, mortero pre-dosificados.
- Presentar una muestra representativa de resultados de ensayos que permita realizar un análisis estadístico de la calidad con la que son fabricados y comercializados, los materiales de construcción enlistados anteriormente.
- Al surgir la posibilidad de obtención de materiales y ejecución de ensayos adicionales a los propuestos, se incorporarán a esta investigación.

1.5 LIMITACIONES

Algunos de los aspectos o situaciones que podrían impedir alcanzar los objetivos con éxito, se exponen a continuación:

- Es posible que no se pueda determinar si los materiales cumplen con todas sus especificaciones, ya que en algunos casos es posible que no se cuente con el equipo requerido.
- La restricción de tiempo en el uso del laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad de El Salvador, representará una desventaja para el avance rápido de la investigación experimental, de la cual depende el resto del contenido.
- La cantidad y tipo de materiales a investigar, se verán condicionados a la disposición de los fabricantes y proveedores para la donación de los mismos. En caso de no poder obtener los materiales en expectativa, se emplearán los mecanismos necesarios para su adquisición. Sin embargo, no se deja de lado la posibilidad de no poder conseguir en su totalidad los materiales esperados.
- Debido a la condición mencionada anteriormente, existe una gran posibilidad de no poder realizar muestreos in situ a los materiales, debido a que la selección de los materiales dependerá de la disposición de los donadores.

1.6 JUSTIFICACIÓN

En El Salvador existen muchas empresas que comercializan materiales de construcción, donde la calidad de los materiales que estas empresas ofrecen a los constructores, es desconocida y no son reguladas por una entidad gubernamental que garantice la calidad de los mismos para su uso en las construcciones.

El control de calidad, es el método más eficaz para detectar y corregir errores que podrían dar lugar a futuras reducciones en los niveles de seguridad o a deficiencias relacionadas con la durabilidad. Por lo que, este trabajo de investigación tiene como propósito determinar las propiedades físicas y mecánicas de algunos materiales que se usan con frecuencia en la industria de la construcción. Con ello se lograría conocer las condiciones actuales de la calidad de los materiales comercializados en nuestro medio y se estaría contribuyendo para que la sociedad conozca la calidad de los materiales a usar en las construcciones y saber si éstos reúnen los requerimientos mínimos requeridos en las obras.

Por lo que éste trabajo dará un aporte valioso a la sociedad, dando a conocer a la población la calidad de los materiales a adquirir, para que de esta forma se pueda exigir que los materiales usados cumplan con los requerimientos de la obra, con el fin de prevenir futuros riesgos de seguridad en las construcciones.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 CONTROL DE CALIDAD EN LAS OBRAS CIVILES.

El control de calidad es un conjunto de esfuerzos, prácticas, principios y tecnología para asegurar la disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad y manufacturabilidad de un producto o servicio en el menor costo posible.

En la ejecución de los proyectos de obras civiles, surgen una gran cantidad de actividades que dependen de la complejidad de la obra, de ahí la importancia de regular las labores y poner un control sobre las mismas. Es cuando surge la necesidad de la dedicación del personal que realice un control de calidad para prevenir riesgos. Algunas de las actividades de un control de calidad son:

- a) Preventivas. Realización de investigaciones y elaboración de especificaciones y proyectos.
- b) Control de proceso. Período donde se debe exigir el cumplimiento de las especificaciones.
- c) Verificación. Se debe verificar el producto a su terminación, debiendo cumplir lo establecido previamente, de acuerdo con lo alcanzado se realizarán los pagos y/o ajustes que se requieran. De igual forma se deberá observar el comportamiento del producto durante su vida útil o proyectada.

- d) Motivación. El control de calidad debe motivar al personal encargado de la realización de la obra para alcanzar la meta propuesta¹.

Un control de calidad debe establecer las especificaciones bajo las cuales será evaluada la actividad de interés y valorar la concordancia de las mismas, debe tomar acciones pertinentes cuando las mismas no sean cumplidas y proporcionar información correcta y de forma oportuna.

El personal que desarrolle las labores de control de calidad, debe poseer ciertas cualidades que lo hagan acreedor de la confianza para desempeñar este papel tan importante; este debe ser capaz de distinguir desviaciones y tomar acciones apropiadas y convenientes, y distinguir el origen de estas; debe mantener vigilancia y control sobre los materiales utilizados y los procesos constructivos, todo ello basado en normas y especificaciones estandarizadas y realistas; procesos de ensayos y técnicas de muestreo rápidas y sencillas pero representativas. Además, debe ser una persona organizada y por lo tanto, que sus necesidades estén planificadas y ejecutadas por personal capaz a su disposición e independiente de las partes involucradas.

Es importante tener presente que en toda obra de construcción pueden presentarse desviaciones que afecten la correcta funcionalidad de la estructura en diferente magnitud. La clasificación de las desviaciones que pueden presentarse en un control de calidad son las siguientes:

¹ Fuente: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7285/capitulo2.pdf>. Página 18.

- a) Críticas. Aquellas que pueden hacer al concepto muy peligroso si no se corrigen.
- b) Importantes. Aquellas que pueden afectar al comportamiento de forma seria.
- c) Poco importantes. Aquellas que pueden afectar al comportamiento de forma poco seria.
- d) De contrato. Las desviaciones que tienen consecuencia de importancia².

2.1.1 Control de calidad de los materiales de construcción.

La estandarización permite la creación de normas o estándares que establecen las características comunes con las que deben cumplir los productos. Esto quiere decir que los materiales en cualquier otra parte del mundo, tendrán las mismas propiedades.

El producto debe cumplir ciertos requisitos que se deben supervisar por medio de una normalización para constatar las características físicas, mecánicas y químicas que en un principio se proyectan. La calidad de los materiales se establece en los planos o en los documentos de especificación técnica.

El control de calidad de los materiales de construcción, inicia con la observación e inspección de las materias primas con las que fue elaborado, seguido del proceso de fabricación, el transporte y acopio de los mismos y el proceso de

² Fuente: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7285/capitulo2.pdf>. Páginas 18 y 19.

construcción o fabricación del producto terminado. Es decir, se requiere un conjunto de actividades meticulosas para garantizar la correcta funcionalidad y desempeño de los materiales y por lo tanto de la estructura proyectada que formarán en su conjunto.

Algunos de los materiales de construcción no necesariamente son fabricados, tales como el suelo empleado para rellenos, sin embargo, también requiere del control pertinente, tal como la ejecución de ensayos in situ como el muestreo, además de ensayos de laboratorio como granulometría, Peso volumétrico seco máximo, clasificación, entre otros. Esto no es sino, una prueba de que hasta el material proveniente de la fuente más natural ha de ser controlado.

El ensayo y control de la calidad de los materiales de construcción no es un procedimiento sin fundamentos ni al azar, hay instituciones dedicadas a la normalización de ensayos y especificaciones que rigen los procedimientos que se deben seguir para la ejecución del control de calidad. Algunos ejemplos de organizaciones privadas de normalización son:

- a) ACI - American Concrete Institute.
- b) AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials.
- c) ASTM - American Society of Testing Materials.
- d) ISO - International Organization for Standardization

2.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales de construcción son la materia prima o los productos elaborados a partir de esta para la construcción de obras civiles.

Desde el inicio de la historia, el ser humano ha modificado la materia prima a su conveniencia con el propósito de adaptarlos a sus necesidades. Estos recursos pueden ser desde los más sencillos como el mismo suelo, hasta los más complejos que requieren una serie de materiales primordiales y que en su conjunto conforman un elemento o estructura que ha de ser empleado en la construcción.

Algunos de los materiales de construcción que son frecuentemente empleados en El Salvador son el acero de refuerzo, cemento, agregados pétreos, ladrillos de barro cocido, bloques de concreto, adoquines, ladrillo de piso cerámico, vidrio, entre otros.

Cada uno de estos materiales desempeña una función esencial y específica en la estructura para la cual están destinados; de ahí surge la necesidad de verificar y controlar la calidad de estos materiales, de la cual depende en gran medida la funcionalidad y buen desempeño de las edificaciones y estructuras civiles.

Este estudio y comprobación de la calidad de los materiales de construcción se realiza con base en el cumplimiento de sus características y propiedades, mismas que deben oscilar dentro de los parámetros establecidos por normas o especificaciones estandarizadas para cada región.

Esta investigación se dedica a la determinación del cumplimiento o la ausencia de este, de las características propias de cada material. En este capítulo se desglosa y profundiza en cada material objeto de estudio, detallando propiedades, usos, normas de especificación y ensayo de estos.

2.2.1 Agregados.

Para la industria de la construcción se he vuelto imprescindible la utilización de agregados, gracias a su versatilidad en cuanto a los diferentes usos que a estos se les puede dar. Los agregados son empleados en diferentes proporciones, formas y propiedades para los diferentes usos y/o estructuras en los que son utilizados.

Esta investigación estará enfocada en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados destinados para el uso en concreto de peso normal. Representan una parte importante de la estructura del concreto, brindándole características y propiedades estructurales a la mezcla, que son fundamentales para el óptimo desempeño de esta.

En seguida se detallan aspectos básicos para la comprensión de las propiedades que serán investigadas a estos, normas bajo las cuales se rigen y demás tópicos de interés que alimentarán a este estudio.

Definición de agregados.

Son materiales granulares sólidos inertes que se emplean en las construcciones civiles; se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos; mejoramiento del suelo, entre otros.

Tipos de agregados.

El tipo de agregado se puede clasificar en los siguientes tipos:

- a) Agregados Naturales. Las arenas y gravas naturales son producto de un proceso geológico como el arrastre y transporte, lo que provoca el desgaste de los mismos y la pérdida de las aristas y vértices; Obteniendo partículas redondeadas, mismas que por su condición resultan ser muy manejables.
- b) Agregados de Trituración. Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera obteniendo de esta forma, las granulometrías deseadas.
- c) Agregados Artificiales. Son los subproductos de procesos industriales, utilizables y reciclables.
- d) Agregados Marginales. Los agregados marginales incluyen a todos los materiales que no cumplen alguna de las especificaciones vigentes.

Importancia de su uso.

La importancia de los agregados en la industria de la construcción radica en su utilización como parte fundamental de la elaboración de mezclas de concreto hidráulico y asfáltico. En donde el agregado desempeña una función estructural, aportando propiedades tales como dureza y durabilidad a las mezclas.

De igual forma, representa una función económica, debido a que su utilización implica una cantidad menor de los ligantes, que suelen ser los de mayor costo económico.

Los agregados pétreos también son empleados para la mejora de suelos de cimentación y elaboración de otras mezclas empleadas en la construcción, además de ser empleados como filtros.

Clasificación del agregado según su tamaño.

- Agregado grueso. Se define como agregado grueso, a la parte del agregado pétreo total que queda retenido en el tamiz No 4.
- Agregado fino. Se define como agregado fino, a la parte del agregado pétreo total que pasa el tamiz No 4 y queda retenido en el tamiz No 200.

Ventajas y desventajas de los agregados naturales y triturados.

En la **Tabla No. 1** se detallan las ventajas y desventajas que los agregados poseen, según su clasificación como agregado natural y agregado triturado.

Tabla No.1. Ventajas y desventajas de los agregados pétreos naturales y artificiales.

TIPO DE AGREGADO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Natural	<ul style="list-style-type: none"> - Facilidad de obtención respecto al artificial, ya que se requiere menor cantidad de equipo. - Mayor manejabilidad. - Área de contacto menor, lo cual reduce el consumo de agua y cemento. 	<ul style="list-style-type: none"> - No siempre se encuentran disponibles en un mismo lugar. - Dependiendo del tipo de depósito o banco natural, podemos encontrar morfologías o granulometrías inconvenientes. - Dentro del banco se pueden encontrar materiales diferentes.
Artificial	<ul style="list-style-type: none"> - Su composición mineralógica es homogénea debido a que son producto de un cierto tipo de roca disponible. - La contaminación con materiales extraños o indeseables es mínima. - Granulometría controlable. - Propiedades físicas y de resistencia homogéneas por provenir de la misma roca. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pueden encontrarse materiales reactivos al cemento u otros componentes de las mezclas en los que son empleados. - Su proceso de producción puede ser costoso en comparación con el agregado natural.

Fuente: Propia.

Características y propiedades de los agregados.

Para que los agregados desempeñen sus funciones de forma óptima en las mezclas de concreto, deben cumplir ciertos requisitos. Las características de los agregados son determinadas por medio de procedimientos de ensayos normalizados; para establecer la calidad del agregado por medio de estos ensayos es necesaria la comparación estandarizada, para ello existen normas de

especificaciones estándar que restringen los rangos de valores entre los cuales el resultado determinado mediante las normas de ensayo debe oscilar.

A continuación, se detallan normas de especificación y otros documentos técnicos, además de las normas de ensayo a las que se hacen referencia en este documento.

- ASTM C33. Especificación Normalizada para Agregados para Concreto.
- PCA. Capítulo 5. Agregados para Concreto.
- ASTM C136. Método de ensayo para el análisis por malla de agregado grueso y fino.
- ASTM D5821. Método de prueba para determinar el porcentaje de partículas fracturadas en agregado grueso.
- ASTM D4791. Método de prueba estándar para la determinación de partículas planas, alargadas o planas y alargadas de agregado grueso.
- ASTM C127. Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica), y la absorción del agregado grueso.
- ASTM C128. Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica), y la absorción del agregado fino.
- ASTM C29. Método de ensayo estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de huecos en los agregados.
- ASTM C70. Método de ensayo estándar para la determinación de la humedad superficial del agregado fino.

- ASTM C88. Método de ensayo estándar para sanidad de los agregados mediante el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.
- ASTM C40. Método de ensayo estándar para la determinación de las impurezas orgánicas en agregados finos para concreto.
- ASTM C131. Método de ensayo estándar para la resistencia a la degradación del agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.
- ASTM C117. Método de ensayo estándar para materiales más finos que la malla No. 200 (75 μm) en agregados finos mediante lavado
- ASTM C1260. Método de ensayo estándar para la reactividad alcalina potencial de agregados (Método de barra de mortero).

En la **Tabla No. 2** se exponen algunas de las propiedades de los agregados y su descripción, además se presenta la norma de especificación y la norma de ensayo.

Tabla No. 2. Propiedades físicas y mecánicas de interés en los agregados.

CARACTERÍSTICA / PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	NORMA DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN
Granulometría	ASTM C33	ASTM C136	La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado. Es la característica física principal y fundamental de todo conjunto de partículas porque influye de forma muy importante

			en la resistencia mecánica del conjunto.
Módulo de finura	ASTM C33	ASTM C136	Es la centésima parte de la suma de los porcentajes retenido acumulados en cada una de las mallas de la serie estándar. El módulo de finura indica que tan gruesa o fina es la arena, y es empleado para el diseño del concreto. El rango del módulo de finura adecuado para la fabricación de concreto convencional debe ser no menor a 2.3 ni mayor de 3.1.
Angulosidad del agregado grueso	>75% ³	ASTM D5821	La angulosidad del agregado grueso beneficia al esqueleto mineral debido al rozamiento interno que se genera entre las partículas, esto contribuye a que las partículas gruesas permanezcan en su lugar cuando la estructura entre en funcionamiento y no se produzcan desplazamientos.
Forma del agregado grueso	<15% de la masa total ⁴	ASTM D4791	Lo ideal es que las partículas presenten formas cuboides, evitando o restringiendo las formas planas, alargadas y en forma de lascas, ya que como lo hemos dicho antes, este tipo de forma es muy susceptible a

³ Standard Specifications For Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects. Secc. 703.07

⁴ PCA CAPÍTULO 5. Forma y Textura Superficial de las Partículas.

			quebrarse bajo condiciones de carga, lo que modifica las granulometrías y las propiedades iniciales de las mezclas.
Gravedad específica	Varían de 2.4 a 2.9 ⁵	ASTM C127 ASTM C128	<p>La densidad aparente es la relación de la masa del agregado secado al horno, con la de la masa del agua que ocupa un volumen igual al del sólido, sin incluir el volumen de los vacíos entre partículas.</p> <p>La gravedad específica de los agregados depende de la densidad de los minerales que los componen, así como de la cantidad de poros que contengan.</p> <p>Esta propiedad es utilizada para el cálculo de mezclas que contengan el agregado.</p>
Peso volumétrico	Varía de 1200 a 1750 kg/m ³ ⁶	ASTM C29	<p>Cuando sea necesario manejar el agregado por volumen se requiere conocer el peso volumétrico.</p> <p>Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen. Este se obtiene mediante el llenado de un recipiente de volumen conocido, relacionando el peso entre volumen.</p>

⁵ PCA CAPÍTULO 5. Masa Específica Relativa (Densidad Relativa, Gravedad Específica)

⁶ PCA CAPÍTULO 5. Masa Volumétrica (Masa Unitaria) y Vacíos

Absorción	<p>Grueso generalmente tiene niveles de absorción que varían del 0.2% al 4%⁷ Mientras que el agregado fino debe poseer una absorción máxima de 6%⁸</p>	<p>ASTM C127 ASTM C128</p>	<p>Se define como el incremento en la masa de un cuerpo sólido poroso, como resultado de la penetración de un líquido dentro de sus poros penetrables.</p> <p>Para que el pétreo cumpla con buena calidad la absorción en el agregado grueso no debe ser mayor de 3% y en el agregado fino del 5%.</p> <p>Esta propiedad es utilizada para calcular el cambio de masa de una mezcla debido al agua absorbida por el agregado.</p>
Humedad superficial	<p>Varían del 0.5% al 2% para el agregado grueso y del 2% al 6% para el agregado fino.⁹</p>	<p>ASTM C70</p>	<p>La humedad superficial se expresa como un porcentaje del peso del agregado saturado y superficialmente seco y se le conoce como el contenido de humedad.</p> <p>En el concreto fresco, el volumen ocupado por el agregado es el de las partículas, incluyendo los poros.</p>
Sanidad	<p>ASTM C33</p>	<p>ASTM C88</p>	<p>En los agregados se entiende como su aptitud para soportar la acción agresiva del intemperismo. Se define como la condición de un sólido que se halla libre de grietas, defectos o fisuras.</p>

⁷ PCA CAPÍTULO 5. Absorción y Humedad Superficial.

⁸ Fundamentos de tecnología del concreto. ISCYC (2006).

⁹ PCA CAPÍTULO 5. Absorción y Humedad Superficial.

Resistencia a la abrasión	ASTM C33	ASTM C131	<p>Existen varias pruebas para evaluar la abrasión y es posible causar desgaste por abrasión, es decir, frotando un material extraño contra la piedra que se esté analizando, o por frotación de las partículas de la piedra entre sí. Una de las pruebas es el Desgaste de los Ángeles.</p> <p>Esta propiedad tiene su importancia en el porcentaje de desgaste que sufren los agregados, siendo que estos requieren de cierta dureza para el correcto funcionamiento de las mezclas donde son utilizados.</p>
Cantidad de material que pasa la malla No 200	ASTM C33	ASTM C117	<p>Existen diversos materiales que con cierta frecuencia acompañan a los agregados, entre dichos materiales contaminantes los más comunes son los finos indeseables (limo y arcilla). Por lo reducido del tamaño de sus partículas, ambos materiales incrementan el requerimiento de agua de mezclado y los cambios volumétricos del concreto, pero en igualdad de proporciones se considera más perjudicial la arcilla por su carácter plástico.</p>

Impurezas orgánicas en el agua	ASTM C33	ASTM C40	<p>La materia orgánica que contamina los agregados suele hallarse principalmente en forma de tierra vegetal, fragmentos de raíces, plantas y trozos de madera. La contaminación excesiva con estos materiales, básicamente en la arena, ocasiona interferencia en el proceso normal de hidratación del cemento, afectando la resistencia y durabilidad del concreto.</p>
Reacción álcali agregado	ASTM C33	ASTM C1260	<p>La combinación del cemento con el agua en el seno del concreto genera un medio altamente alcalino, en donde las partículas de agregado se encuentran inmersas. En estas condiciones algunos agregados reaccionan químicamente con el medio de contacto, dando lugar a la formación de un gel, que al absorber agua, se expande y crea presiones capaces de desintegrar al concreto.</p> <p>La reacción álcali-agregado se manifiesta en forma de fisuras en la masa del concreto, debidas al aumento de volumen que la caracteriza, con el consiguiente deterioro de las estructuras y el seguimiento</p>

			de su vulnerabilidad a cargas externas. En resumen, los álcalis presentes en el cemento al entrar en contacto con los posibles silicatos de los agregados pueden dar lugar a este tipo de reacciones como lo es el cambio de volumen y llegar a agrietar el concreto.
--	--	--	---

Fuente: Propia.

Existen más propiedades y características que pueden ser determinadas a los agregados, sin embargo, para este trabajo de investigación solo se determinaran, aquellas que pueden llevarse a cabo con el equipo de laboratorio que posee el Laboratorio de Suelos y Materiales de la Escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad de El Salvador, aspecto previamente detallado en las limitaciones para este trabajo de investigación.

Por lo tanto, las propiedades que serán determinadas a los agregados pétreos se detallan a continuación. Ver **Tabla No. 3**.

Tabla No. 3 Ensayos de laboratorio a realizar a los agregados finos y gruesos.

AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
1. Granulometría	1. Granulometría
2. Forma (partículas planas y alargadas)	2. Módulo de finura
3. Gravedad específica	3. Gravedad específica
4. Peso volumétrico Bulk	4. Peso v volumétrico Bulk
5. Desgaste	5. Material más fino que la malla No 200
6. Absorción	6. Absorción
7. Caras fracturadas.	7. Impurezas orgánicas

Fuente: Propia.

2.2.2 MORTERO PREDOSIFICADO.

El mortero es un conglomerado de cemento, arena y agua; cuya característica fundamental es la de fraguar a medida el tiempo transcurre y el cemento logra el proceso de hidratación. Su principal función es la de material adherente, que comúnmente es empleado como ligante en mamposterías, repellos, etc.

Tipos de mortero.

Los morteros se pueden clasificar de la siguiente manera:

Según su forma de fabricación.

- a) Morteros diseñados, cuya composición y forma de fabricación se han elegido por el fabricante con el propósito de obtener las propiedades especificadas. Los morteros diseñados, son sometidos a diferentes ensayos para determinar sus propiedades y el cumplimiento de los requisitos bajo los cuales el diseño fue proyectado.
- b) Morteros de receta, pre-dosificados o prescritos, son los que se fabrican a partir de agregados finos y cemento, en unas proporciones predeterminadas. Las propiedades de los morteros de receta dependen de las características de sus componentes y de su dosificación.

Los morteros de receta, prescritos o pre-dosificados se pueden clasificar a su vez en dos subcategorías, las cuales se detallan a continuación.

a) Morteros industriales. Son aquéllos que se han dosificado, mezclado y, en su caso, amasado con agua en una fábrica y suministrado al lugar de construcción. Estos morteros pueden ser 'morteros secos " y 'morteros húmedos ".

Los morteros secos son mezclas de sus componentes primarios en proporciones adecuadas preparadas en una fábrica, que se suministran en silos o en sacos y se amasan en la obra, con el agua precisa, hasta obtener una mezcla homogénea para su utilización.

Los morteros húmedos. Estos morteros son, como en el caso de los morteros anteriores, mezclas de sus componentes en proporciones adecuadas y amasados en una fábrica con el agua necesaria hasta conseguir una mezcla homogénea para su utilización, se suministran listos para su uso, pueden estar retardados por lo que es posible que su trabajabilidad se prolongase hasta varios días sin perder el resto de sus características.

b) Morteros industriales semiterminados, dentro de este grupo existen los morteros pre-dosificados y los morteros premezclados de cal y arena.

Los morteros premezclados de cal y arena son aquellos cuyos componentes se han dosificado, mezclado en una fábrica y suministrado al lugar de construcción, donde se les puede añadir otro u otros componentes especificados o suministrados por el fabricante se mezclan en las proporciones y condiciones especificadas por el fabricante y se amasan con

el agua precisa hasta obtener una mezcla homogénea para su utilización.

Es por esto que se les llama cementos de dos componentes.

Definición de mortero pre dosificado.

Es un mortero hidráulico que utiliza como ligante el cemento Portland. Su granulometría es adecuadamente seleccionada y algunos tipos contienen fibras y aditivos. Son destinados para trabajos de albañilería en general como pegamento de bloques de concreto y ladrillos de barro en paredes de mampostería reforzada.

Importancia y uso del mortero en la construcción.

El mortero es empleado como ligante de diversos materiales de construcción. Por lo tanto, representa un material fundamental debido a su característica principal de ser blando al entrar en contacto con el agua y endurecer a medida el tiempo transcurre. Enlazando entre sí a todos los componentes de la mezcla gracias a sus propiedades de adherencia y cohesión; obteniendo como producto final un material duro y resistente.

En la industria de la construcción es un elemento crucial para la ejecución de edificaciones, siendo utilizado como aglutinante para la unión de mamposterías y los huecos que quedan entre ellas; además de ser utilizado como revestimiento de paredes que requieran un terminado especial, el cual solo se puede brindar gracias al empleo del mortero.

Ventajas y desventajas del mortero diseñado versus mortero prescrito.

En la **Tabla No. 4** se muestran las ventajas que representa el uso del mortero diseñado sobre el mortero prescrito y viceversa.

Tabla No.4. Ventajas y desventajas del uso de mortero diseñado versus el mortero prescrito.

TIPO DE MORTERO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mortero diseñado	<ul style="list-style-type: none"> - Se puede seleccionar la proporción según los requerimientos de cada obra. - En caso de que el mortero no presente la consistencia deseada, es posible agregar más de los elementos faltantes. - Si el mortero no cumple con los requerimientos mínimos deseados, es posible cambiar la proporción del mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Como su nombre lo indica, es necesario un proceso de diseño y, por tanto, la elaboración de especímenes para la comprobación de sus características de consistencia y resistencia a la compresión, entre otras. - Requiere mayor uso de maquinaria. - Se necesita mayor control en los procesos de elaboración. - El tiempo empleado para su producción es mayor. - La proporción de agua no es constante ya que varía en función de la humedad del agregado.
Mortero prescrito o pre dosificado	<ul style="list-style-type: none"> - No se requiere un proceso de diseño y aprobación del mismo. - Menor tiempo de producción y menor control sobre el mismo. - Menor uso de equipo y maquinaria. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se puede seleccionar una proporción ajena a las ya establecidas por el fabricante. - Se está limitado a la consistencia y resistencia a la compresión que ofrece el producto.

Fuente: Propia

Propiedades del mortero.

Para establecer si las características determinadas por medio de la ejecución de ensayos cumplen con los requisitos, estas deberán ser comparadas con las especificaciones que se detallan a continuación.

Así mismo se mencionan las normas de ensayo que son presentadas en la **Tabla No. 5.**

- ASTM C230. Especificación estándar para la tabla de flujo para su uso en pruebas de cemento hidráulico.
- ASTM C270. Especificación estándar para mortero para mampostería unitaria.
- ASTM C1437. Método de ensayo estándar para el flujo de mortero de cemento hidráulico.
- ASTM C305. Método de ensayo estándar para la mezcla mecánica de pasta de cemento hidráulico y mortero de consistencia plástica.
- ASTM C952. Método de ensayo estándar para resistencia a la adherencia del mortero a las unidades de mampostería.
- ASTM C1072. Método de ensayo estándar para la medición de la resistencia de la unión por flexión de mampostería.
- ASTM C109. Método de ensayo estándar para la determinación de la resistencia a la compresión de los morteros de cemento hidráulico (utilizando muestras de cubos de 2 pul)

- ASTM C188. Método de ensayo estándar para la determinación de la densidad del mortero de cemento hidráulico.
- ASTM C185. Método de ensayo estándar para la determinación del contenido de aire del mortero de cemento hidráulico.
- UNE 80-112. Método de ensayo de cementos. Ensayo físico. Determinación de la retracción de secado y de hinchamiento en agua
- UNE EN 1413.9. Métodos de prueba. Determinación de deformaciones de contracción-expansión del mortero.

La propiedad que será investigada en este trabajo de grado es únicamente la resistencia a la compresión del mortero predosificado.

En la **Tabla No. 5** se muestran algunas de las propiedades y características del mortero.

Tabla No.5. Propiedades y características del mortero.

CARACTERÍSTICA / PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	NORMA DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN
Consistencia	ASTM C230	ASTM C1437 (ASTM C305 Elaboración de la mezcla)	La consistencia del mortero determina la manejabilidad y trabajabilidad de este. La consistencia se logra con la adición de agua. La cantidad de agua que se requiere depende de la granulometría de la arena, de la absorción de esta, de la utilización de aditivos, etc. La obtención de la consistencia de un mortero tiene gran importancia para lograr una buena manejabilidad y trabajabilidad, logrando que su colocación y moldeo se desarrolle de la forma más fácil y adecuada.
Adherencia	ASTM C270	ASTM C952 ASTM C1072	Es la resistencia a la separación del mortero y la superficie donde es aplicado. La investigación de esta propiedad es de importancia debido a que es necesario garantizar la permanencia del mortero y las piezas que son ligadas con este, para la estabilización de la estructura construida.
Resistencia a la compresión	ASTM C270	ASTM C109	La resistencia a la compresión del mortero, es la oposición que el mortero ofrece a la ruptura del mismo, debido a las cargas aplicadas. El mortero debe cumplir con las sollicitaciones de carga de la estructura de la que forma parte, es decir, debe soportar el peso de las hiladas de bloques, la carga peatonal y de artefactos cuando este es utilizado para la construcción de pisos. Es por ello que es muy importante la determinación de esta propiedad.
Densidad	ASTM C270	ASTM C188	La densidad del mortero depende de la densidad de sus componentes, así como de la relación de agua – cemento y el contenido de aire.
Retracción	UNE 998-2	UNE EN 1413.9 UNE 80-112	Es la contracción que experimenta el mortero durante el proceso de fraguado, este cambio volumétrico es provocado por la pérdida del agua sobrante de la hidratación del cemento. Es importante por ello determinar una relación agua – cemento adecuada para evitar los cambios volumétricos excesivos.
Contenido de aire	ASTM C270	ASTM C185	El aire incluido en las mezclas de mortero genera una mejor manejabilidad y trabajabilidad, sin embargo es un aspecto a tomar en cuenta, debido a que la presencia excesiva de aire en la mezcla, puede provocar pérdida de resistencia a la compresión y densidad del mortero.

Fuente: Propia

2.2.3 ADOQUINES

En nuestro medio los adoquines son comercializados por múltiples empresas con el fin de ser utilizados en la industria de la construcción en la pavimentación de calles, en la decoración de aceras, interiores de casa entre otros. A lo largo de los años ha sido uno de los materiales que mayormente se ha utilizado como capa de rodadura, aportando así un buen grado de confort especialmente en calles interiores de ciudad, avenidas, etc. Este tipo de material garantiza un fácil proceso constructivo en su colocación, así como bajos costos en el mismo.

A continuación, se presentan algunos aspectos básicos de los adoquines de concreto que ayudarán a una mejor comprensión del tema:

Definición de adoquines.

Los adoquines, son bloques prefabricados que pueden elaborarse de diferentes formas, así como de diferentes materiales, donde ha sido mayormente utilizado a través de la historia el granito ya que presenta una alta resistencia y una facilidad para su tratamiento. En la actualidad, se elaboran con una mezcla de cemento, arena, grava y agua a través de un proceso industrial. Estos adoquines tienen espesor uniforme y son iguales entre sí, para que al ser colocados sobre una superficie encajen unos con otros generando así que entre ellos solamente queden juntas. En la **Figura No 1** se presenta un adoquín de concreto tradicional tipo cruz.



Figura No. 1 Adoquín de concreto tipo cruz

Fuente: <http://www.concrenic.com/productos/prefabricado-liviano/adoquines/adoquin-sta-cruz-tipo-trafico-clase-a/>

Tipos de adoquines.

Entre los distintos tipos de adoquines se pueden distinguir tres:

Tipo 1. Por lo general, este tipo de adoquines tienen 20 cm de largo por 10 cm de ancho por lo que son de forma rectangular. Son de fácil manejabilidad al igual que de fabricación y colocación como capa de rodadura de un pavimento flexible.

Pueden agarrarse fácilmente con una sola mano. ²

Se puede observar en la **Figura No 2** adoquines de tipo 1.



Figura No. 2 Adoquín de concreto tipo 1

Fuente: <http://www.megaproductos.com/wp-content/uploads/2016/12/ADOQUIN-RECTANGULAR.jpg>

Tipo 2. Son los adoquines que no se pueden agarrar con una sola mano debido a su tamaño y a su peso ya que sus medidas van de 20 x 20 cm a más y solo se pueden colocar en hileras. A este tipo pertenecen los adoquines con forma de cruz.³

Así mismo en El Salvador se pueden distinguir los siguientes tipos de adoquines que son comercializados:

Adoquín tradicional. Es el adoquín tipo cruz, elaborado de concreto y que es principalmente utilizado en pavimentos. Ver **Figura No. 3**



Figura No. 3 Adoquín de concreto tipo cruz

Fuente: <http://www.megaproductos.com/wp-content/uploads/2016/12/ADOQUIN-TIPO-CRUZ.jpg>

Adoquín ecológico. Son adoquines utilizados por estética ya sea en parques y centros de recreación, así como en jardines interiores de viviendas. Contribuye a dar una imagen con más cuidado hacia el medio ambiente. Ver **Figura No. 4.**



Figura No. 4 Adoquín de concreto ecológico

Fuente: https://3.bp.blogspot.com/-NVSYSBkXcls/Wh20Gx1wZel/AAAAAAAAAB_8/6g80bH5ev1M_2gp10di7jdkwtMajK2RHQCLcBGA/s400/Adoquin%2Beco%2B6.jpg

Adoquín arquitectónico. Son adoquines utilizados para lograr dar mejores acabados en superficies, se pueden colocar en plazas, andenes, calles, etc. En la **Figura No. 5** pueden observarse dos unidades de adoquines arquitectónicos.



Figura No. 5 Adoquín de concreto arquitectónico

Fuente: <https://www.prefasa.com.sv/public/images/productos/adoquin-arquitectonico/adoquin-arquitectonico.jpeg>

Adoquines rústicos. Al igual que el adoquín arquitectónico son utilizados con fines de mejor acabados en el revestimiento de superficies, con la ventaja que presentan una mayor durabilidad. Ver **Figura No. 6**



Figura No. 6 Adoquín de concreto rustico

Fuente: http://www.prefabricadosprincipado.es/index_archivos/image1706.jpg

Usos en la construcción.

A lo largo de la historia, situándonos en la época medieval las vías urbanas eran utilizadas para permitir el movimiento tanto de personas como de vehículos de tracción animal, por lo que utilizaban empedrados, pero conforme el tiempo avanzaba surgían otras necesidades como la de conseguir una capa de rodadura que fuera más continua y brindara una mejor sensación de comodidad, algo que con el empedrado que se había venido utilizando no se lograba, por lo que se vio en la necesidad de sustituir este tipo de empedrados y empezar a utilizar los adoquines. Los adoquines en la construcción son empleados como capa de rodadura de los pavimentos articulados, pueden ser utilizados también como elementos decorativos en viviendas, plazas y otro tipo de obras civiles.

A la vez pueden ser utilizados en zonas peatonales y plazas como parte decorativas de estas y cuando el tráfico es prácticamente de personas, así mismo se utilizan en calles, avenidas en donde el peso vehicular puede ir de liviano a pesado, teniendo en cuenta que según el rango de aplicación de estos

pavimentos se verá en la necesidad de poder desarrollar diseños adecuados para los diferentes tipos de cargas que pueden soportar y a la vez garantizar un buen funcionamiento de los adoquines en dichos pavimentos.

En la **Figura No. 7** y **Figura No. 8** se puede observar a los adoquines siendo utilizados con fines estructurales en un pavimento articulado como decorativamente en una plaza respectivamente.



Figura No. 7 Adoquines utilizados como capa de rodadura de un pavimento articulado.

Fuente: http://www.blangino.com.ar/noticias_dir/42/IMG_0774p.jpg



Figura No. 8 Adoquines utilizados como elemento decorativo de una plaza familiar.
Fuente: <http://www.comape.com.pe/images/adoquin/adoa14.jpg>

Ventajas y desventajas en la utilización de adoquines.

Como todo material, la utilización de adoquines en obras civiles puede presentar ciertas ventajas y desventajas enlistándose algunas en la **Tabla No. 6**.

Tabla No.6. Ventajas y desventajas en la utilización de adoquines.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Adoquín de concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Permeabilidad: Los adoquines al ser utilizados tanto en pavimentos como en aceras, permiten la filtración del agua permitiendo que la misma llegue al suelo, alimentando los mantos acuíferos a diferencia de los pavimentos tradicionales de asfalto que bloquean el acceso del agua hacia el interior. • Proceso constructivo fácil: En el momento de la construcción y colocación de los adoquines, no intervienen procesos químicos ni térmicos, por lo que dicha colocación se puede realizar en un mismo día o de un día para otro. • Economía: El adoquín es económico si se considera su bajo mantenimiento, su mano de obra y herramientas de bajo costo al momento de su colocación, así como también su vida útil y los elementos con los que se elabora el material. • Con pavimentos donde se utilizan adoquines, se puede eliminar la fisuración, que suele aparecer en pavimentos continuos. • Los adoquines pueden ser reutilizados luego de realizar trabajos de mantenimiento, donde se puede facilitar el proceso de levantamiento y recolocación y a la vez al ser reutilizados, se evita desperdicio de material. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se vuelve indispensable que las piezas estén confinadas. • Por las grandes cantidades de calor, este se acumula en dichos elementos, lo que a su vez provoca un deslumbramiento por color. • Al utilizar adoquines en pavimentos articulados, este se vuelve susceptible a que ocurran asentamientos diferenciales. • Para ser utilizados en carreteras principales no son adecuados ya que se disminuye el grado de confort que pueden experimentar los conductores. • Necesita un mantenimiento con mayor frecuencia a diferencia de otros pavimentos.

Fuente: Propia

Propiedades físicas y mecánicas del adoquín.

Las propiedades físico-mecánicas de un material, son aquellas que pueden ponerse de manifiesto ante la interacción de ciertos tipos de estímulos como puede ser la electricidad, el calor, el agua, la luz y la aplicación de fuerzas sobre estos. Para determinar el cumplimiento de dichas propiedades, es necesaria la realización de ensayos bajo normas estipuladas.

A continuación, se presentan las normas de especificación, así como las de ensayo que se mencionan en este trabajo.

- ASTM C936. Especificación estándar para unidades de concreto sólidas entrelazadas del pavimento.
- ASTM C140. Método de ensayo estándar para el muestreo y ensayos a unidades de mampostería de concreto y unidades relacionadas.

En la **Tabla No. 7** se presentan las propiedades que se estudiarán al adoquín para así poder determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad de dicho material, así mismo se presentan las normas tanto de especificación como de ensayo para el estudio de las mismas.

Tabla No. 7. Propiedades físicas y mecánicas de interés en los adoquines de concreto.

CARACTERÍSTICA / PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	NORMA DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN
Resistencia a la compresión	ASTM C936	ASTM C140	Este es el esfuerzo máximo que puede resistir un determinado material (en este caso los adoquines) ante la aplicación de una carga externa de aplastamiento. La resistencia a compresión, de ser la adecuada; es la que contrarresta las cargas debido al tránsito, así como el desgaste ocasionado por el paso de animales, personas, etc., por lo que ayuda a que estos no se partan ante tal situación.
Absorción	ASTM C936	ASTM C140	Se define como la diferencia dentro de un adoquín (en dicho caso), entre su condición de saturación y su condición seca. Mediante esta propiedad, y al realizar el ensayo pertinente se puede encontrar dicho valor, se expresa en porcentaje.
Densidad	ASTM C936	ASTM C140	Se define como el peso de una unidad de adoquín (en dicho caso) entre su volumen. Es la cantidad de agua que se contiene en una unidad de adoquín en un momento dado. Se expresa en porcentaje, siendo este de la cantidad total de agua cuando se encuentra en su condición de saturación.
Contenido de humedad	ASTM C936	ASTM C140	Es la cantidad de agua que se contiene en una unidad de adoquín en un momento dado. Se expresa en porcentaje, siendo este de la cantidad total de agua cuando se encuentra en su condición de saturación.
Longitud real	ASTM C936		Se trata de la dimensión del adoquín cuya medida se realiza en la dirección del eje mayor del rectángulo inscrito, excluyendo los separadores e incluyendo sus prolongaciones.
Ancho real	ASTM C936		Esta, es la dimensión del adoquín que se mide en la dirección del eje menor del rectángulo inscrito, y, en donde se excluyen los separadores y se incluyen sus prolongaciones.
Espesor nominal	ASTM C936		Es la dimensión del adoquín en dirección perpendicular a la superficie de desgaste.

Fuente: Propia

En la **Figura No. 9** se muestran las partes de un adoquín, así como las mediciones de ancho, largo y grosor del mismo

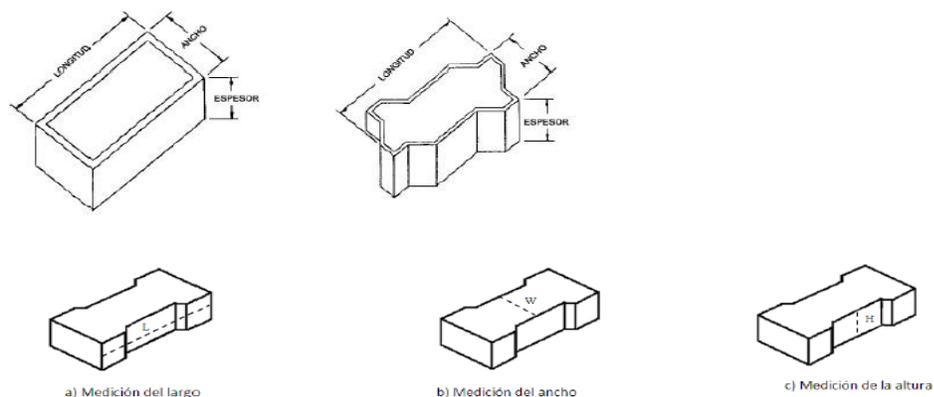


Figura No. 9 Partes de un adoquín.

Fuente: <https://adoquinessuspartes.blogspot.com/2018/10/partes-de-adoquin.html>

Para lograr el objetivo de este trabajo de graduación, al adoquín de concreto como material de construcción; se le realizaran los siguientes ensayos con el fin de determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad del mismo:

- Ensayo de resistencia a la compresión, basado en la norma ASTM C140
- Ensayo para la obtención del contenido de humedad y absorción, basado en la norma ASTM C140.

2.2.4 LADRILLO DE BARRO COCIDO

El ladrillo de barro cocido ha sido empleado como material de construcción en nuestro medio desde hace mucho tiempo, su utilización es más común en obras que no son de mucha envergadura, tales como construcción de viviendas de un nivel, tapias, cajas de aguas negras, etc.; ya que por el tipo de carga al que están sometidas estas obras no son muy exigentes y por lo tanto no se requiere de un esfuerzo a la compresión elevado.

Definición de ladrillo de barro cocido.

La arcilla ha sido utilizada a lo largo de la historia como un material constructivo, que a su vez forma parte de nuestro paisaje habitual. Mediante este material se realizan ladrillos utilizados para la realización de ciertas edificaciones, para fabricar estos ladrillos se debe cocer la arcilla con eficacia y conseguir que se convierta en una masa dura, para lograrlo debe someterse a temperaturas elevadas que van entre 950 y 1150 °C; ya que si las temperaturas son muy elevadas el ladrillo puede llegar a derretirse y si son demasiado bajas con facilidad puede llegar a desmoronarse, por lo tanto el ladrillo cocido se convirtió en un material muypreciado.

En El Salvador, este tipo de ladrillo es fabricado de forma artesanal, donde en un horno igualmente de forma artesanal se colocan los moldes de los ladrillos y estos son cocidos.

En la **Figura No. 10** se muestra un ladrillo de barro, elaborado de forma artesanal.

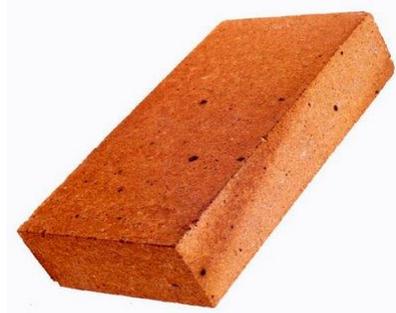


Figura No. 10 Ladrillo de barro cocido

Fuente: http://4.bp.blogspot.com/-_pgKb0tIVHA/To9kBsC_sqI/AAAAAAAAAFA/2VX3x0gyyPE/s1600/ladrillo.jpg

Tipos de ladrillos de barro cocido.

En nuestro medio, podemos encontrar tres tipos de ladrillos de barro cocido; siendo estos los siguientes:

Ladrillo de barro cocido sólido. Son aquellos ladrillos que se utilizan para la construcción de paredes y otros. Su relación entre el área gruesa y el área neta es superior a 0.75. (Ver **Figura No. 11**). Así mismo la norma ASTM C62 clasifica a los ladrillos sólidos de la siguiente manera:

- Grado SW. Ladrillo que es sometido a severas condiciones de humedad.
- Grado MW. Ladrillo que puede someterse a moderadas condiciones de humedad.

- Grado NW. Es el ladrillo que presenta poca resistencia al ser sometido a condiciones de humedad, pero que a su vez puede ser aceptable su utilización dándole la debida protección.



Figura No. 11 Ladrillo de barro cocido sólido

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5d/Stapel_bakstenen_-_Pile_of_bricks_2005_Fruggo.jpg/1200px-Stapel_bakstenen_-_Pile_of_bricks_2005_Fruggo.jpg

Ladrillo de barro con acabados decorativos. Son los utilizados con el fin de dar una mejor apariencia a la superficie, sin necesidad de utilizar algún tipo de repello (Ver **Figura No. 12**). La norma ASTM C62 los clasifica según a las condiciones climatológicas a las que estarán expuestas, siendo esta:

- Grado SW. Ladrillo que es sometido a severas condiciones de humedad.
- Grado MW. Ladrillo que puede someterse a moderadas condiciones de humedad.

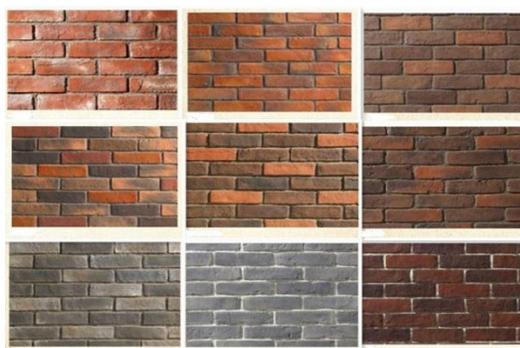


Figura No. 12 Ladrillo de barro cocido con acabado decorativo

Fuente: <https://i3.wp.com/enclavedeco.com/wp-content/uploads/2014/10/plaqueta-decorativa-pared-de-ladrillo.jpg>

Ladrillo de barro hueco. Este tipo de ladrillo a diferencia con el ladrillo sólido, su relación entre el área neta y el área gruesa es menor a 0.75. Puede ser utilizado igualmente que el ladrillo sólido, con la ventaja de que se puede agregar más mortero en los huecos de este, volviéndolo un poco más resistente. Ver **Figura No. 13.**



Figura No. 13 Ladrillo de barro cocido hueco

Fuente: <https://1.bp.blogspot.com/-csHXHbrz8Hk/Ua0IXxd6aEI/AAAAAAAAAegw/6MHxZ7rc4T4/s1600/1.jpg>

Usos en la construcción.

Los ladrillos de barro cocido son mayormente utilizados en el rubro de la construcción, para la edificación de viviendas no de mucha exigencia, muros perimetrales (no en su gran mayoría). Según el tipo de ladrillo a utilizar, pueden apreciarse que son utilizados para fines decorativos, ya que, aunque si presentan una buena resistencia a la compresión, en comparación a los bloques de concreto no pueden cumplir con las mismas exigencias de estos últimos para ser utilizados en edificaciones de mayor envergadura.

Ventajas y desventajas en la utilización de ladrillo de barro cocido.

El uso de los ladrillos de barro es más común en edificaciones en donde no se requiere de un alto soporte estructural. Utilizar ladrillos de barro cocido puede presentar ciertas ventajas como desventajas tanto por economía para el constructor como en la misma edificación. A continuación, en la **Tabla No. 8** se presentan algunas ventajas y desventajas en la utilización de los ladrillos de barro cocido en la construcción.

Tabla No.8. Ventajas y desventajas en la utilización de ladrillos de barro de cocido.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Ladrillo de barro cocido	<ul style="list-style-type: none"> - No es necesario la utilización de tecnología sofisticada para la elaboración de este tipo de ladrillos, así como la inversión para los mismos no es muy elevado. - La accesibilidad para personas de recursos económicos no muy elevados es fácil para la producción de viviendas. - Presentan una buena resistencia a la compresión para poder ser utilizados en las edificaciones de viviendas de no muchos niveles. - Su proceso constructivo es relativamente fácil. - Fácil manejo al momento de su colocación. - No necesita la utilización de acero de refuerzo ni rellenos con grout. 	<ul style="list-style-type: none"> - Al ser la mayoría de estos ladrillos artesanales, no son estrictamente vigilados bajo un control de calidad, por lo que no pueden presentar una buena duración y su funcionalidad en obras civiles sería deficiente. - Existen grandes diferencias en las dimensiones, resistencia, formas en comparación a los bloques de concreto que si ofrecen buena garantía en las características previamente mencionadas. - Al no ser de concreto, representa una baja resistencia para poder ser utilizados en edificaciones de mayor envergadura.

Fuente: Propia

Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de barro cocido.

Para poder determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad del ladrillo de barro cocido como material de construcción es necesario conocer algunas propiedades físico-mecánicas y evaluarlas, llegando a conocer dichas propiedades mediante ensayos bajo normas y comparando los resultados obtenidos contra la norma de especificación correspondiente; siendo dichas normas las siguientes:

- ASTM C62. Especificación estándar para ladrillo de construcción (Unidades de mampostería macizas hechas de arcilla o pizarra)
- ASTM C67. Método de ensayo estándar para muestreo y ensayo de ladrillo y baldosa estructural de arcilla.

A continuación, en la **Tabla No. 9** se presentan las propiedades físico-mecánicas que se estudiarán del ladrillo de barro cocido, así como las normas de especificación y ensayo que se utilizarán para el mismo.

Tabla No.9. Propiedades físico-mecánicas del ladrillo de barro cocido.

CARACTERÍSTICA / PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	NORMA DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN
Resistencia a la compresión	ASTM C62	ASTM C67	Este es el esfuerzo máximo que puede resistir un determinado material (en este caso un ladrillo de barro cocido) ante la aplicación de una carga externa de aplastamiento.
Absorción	ASTM C62	ASTM C67	Se define como la diferencia dentro del ladrillo de barro cocido (en dicho caso), entre su condición de saturación y su condición seca. Dicho resultado, se expresa como porcentaje.
Densidad	ASTM C62	ASTM C67	Se define como el peso de una unidad del ladrillo de barro cocido (en dicho caso) entre su volumen.
Contenido de humedad	ASTM C62	ASTM C67	Es la cantidad de agua que se contiene en una unidad de ladrillo de barro en un momento dado. Se expresa en porcentaje, siendo este de la cantidad total de agua cuando se encuentra en su condición de saturación.
Altura	ASTM C62	ASTM C67	La altura nominal en El Salvador es de 7 cm.
Longitud	ASTM C62	ASTM C67	Es la medida de la cara más larga del ladrillo del barro, cuya longitud nominal en El Salvador es de 28cm.
Ancho	ASTM C62	ASTM C67	Es la medida perpendicular a la cara más larga del ladrillo de barro. Anchura nominal en El Salvador es de 14 cm.

Fuente: Propia

Para lograr el objetivo de este trabajo de graduación, al ladrillo de barro cocido como material de construcción; se le realizaran los siguientes ensayos con el fin de determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad del mismo:

- Ensayo de resistencia a la compresión, basado en la norma ASTM C67
- Ensayo para la obtención del contenido de humedad y absorción, basado en la norma ASTM C67.

2.2.5 LADRILLO DE PISO CERÁMICO

En la industria de la construcción, la cerámica puede utilizarse para muchas funciones. Principalmente se trata de un acabado estético para así poder lograr un cambio de apariencia en donde sean utilizadas estas. El ladrillo de piso cerámico representa un avance en la construcción estéticamente y permite que tanto la colocación, traslado, limpieza se vuelvan más fáciles de realizar.

Definición de ladrillo de piso cerámico.

El ladrillo de piso cerámico es un material un poco antiguo, su fabricación a lo largo del tiempo fue principalmente a base de arcilla hasta lograr convertirse en piezas que en nuestros días y en la industria de la construcción son muy funcionales. Está compuesto por arcilla y agua, pero a la vez para lograr un mejoramiento en sus propiedades y así adquirir una mejor resistencia ante las diversas exigencias al que puede ser sometido, y obtener una mayor durabilidad; se le incorporan otros materiales que son elementos fundentes, elementos quemantes, elementos desengrasantes y elementos plastificantes. Así mismo al ladrillo de piso cerámico se le puede agregar texturas para que aporten permeabilidad y que sean antideslizantes.

En la **Figura No. 14** se muestra una pieza de ladrillo de piso cerámico con textura y antideslizante.



Figura No. 14 Ladrillo de piso cerámico

Fuente:https://www.google.com/search?q=ladrillo+de+piso+ceramico&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiHhKum_KjcAhWPvFMKHYouAaEQ_AUICigB&biw=1600&bih=794#imgrc=bR3d8hbsoeMG4M:

Tipos de ladrillos de piso cerámico.

En nuestro medio podemos encontrar cierto tipo de ladrillos de piso cerámico, variando en sus dimensiones, por presentar acabados más brillantes, etc. A continuación, se presentan algunos tipos.

Ladrillo de piso cerámico rústico. Este tipo de cerámica presenta un aspecto muy natural, generalmente son los adecuados para ser utilizados en pisos interiores, aunque pueden ser susceptibles a ciertas manchas ocasionadas por la humedad, por lo que es recomendable utilizar algún tipo de cera para evitar las mismas. Ver **Figura No. 15.**



Figura No. 15 Ladrillo de piso cerámico rústico, utilizado en el interior de una vivienda

Fuente: <http://www.porcelanosa.com/recursos/productos/Venis-pavimento-ceramica-Talavera-octogono.jpg>

Ladrillo de piso cerámico gres. Es un ladrillo más resistente y por su acabado puede presentar un aspecto más brillante, es adecuado para ser utilizado tanto en interiores como en exteriores. En la **Figura No. 16**, se observa ladrillo cerámico gres colocado en el exterior de una vivienda.

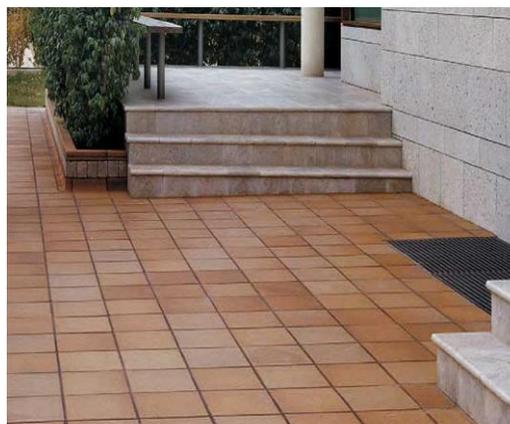


Figura No. 16 Ladrillo de piso cerámico gres, utilizado en exteriores

Fuente: http://www.brecor.com/sites/default/files/styles/normal827x425/public/1_27.jpg

Usos en la construcción.

En la actualidad, el ladrillo de piso cerámico está siendo utilizado en sustitución de ladrillos de piso de cemento. Son utilizados para pisos en edificaciones grandes tanto en interiores como en exteriores para pisos, así como también son utilizados en algunas ocasiones en paredes como revestimientos. En construcciones a pequeñas escalas tales como viviendas de uno o dos niveles también son utilizados para piso por su alto grado de facilidad en la colocación y en el mantenimiento. Estos pueden responder a algunas exigencias climáticas cuando son colocados en exteriores, por su vistosidad también son utilizados en fachadas de edificios y viviendas.

Ventajas y desventajas en la utilización de ladrillo de piso cerámico.

El uso de los ladrillos de piso cerámico es muy común en la actualidad, ya que en las edificaciones además de lograr un buen resultado estructural, también se espera lograr buena imagen estéticamente. Utilizar ladrillos piso cerámico puede presentar ciertas ventajas como desventajas tanto por economía para el constructor como en la misma edificación. A continuación, en la **Tabla No. 10** se presentan algunas ventajas y desventajas en la utilización de los ladrillos de piso cerámico en la construcción.

Tabla No.10. Ventajas y desventajas en la utilización de ladrillos piso cerámico.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Ladrillo piso cerámico	<ul style="list-style-type: none"> - Son muy resistentes al agua y a la vez son aptos para ser colocados en cualquier espacio debido a su amplia variedad de diseños, colores, tamaños y texturas. - Facilita la limpieza de los mismos. - Los ladrillos de piso cerámico son relativamente baratos, dependiendo de su aplicación, son más baratos que pisos de alfombra o madera. - En el proceso constructivo representan una fácil colocación de los mismos. - Son resistentes a manchas así como al desgaste de los mismos. 	<ul style="list-style-type: none"> - En ambientes muy grandes no contribuye para la acústica. - Es un piso muy frío, por lo tanto, representa una desventaja para climas fríos (no es el caso de El Salvador). - De acuerdo al color de las piezas, la suciedad destaca mucho. - Se requiere un mayor grado de limpieza para mantenimiento de pisos cerámicos.

Fuente: Propia

Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de piso cerámico.

Para poder determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad del ladrillo de piso cerámico como material de construcción es necesario conocer algunas propiedades físico-mecánicas y evaluarlas.

A continuación, se presentan las normas de especificación, así como las de ensayo que se ocuparán para a comparación de resultados obtenidos en este trabajo de graduación.

- ASTM C648. Método de ensayo estándar para la resistencia a la rotura de baldosas cerámicas.
- ASTM C373. Método de ensayo estándar para la determinación de absorción de agua en baldosas cerámicas.
- ASTM C1027. Método de ensayo estándar para la determinación de la resistencia de la abrasión visible en baldosas de cerámica esmaltada.
- ASTM C650. Método de ensayo estándar para para determinar la resistencia a sustancias químicas en baldosas cerámicas.
- ASTM C499. Método de ensayo estándar para para determinar dimensiones y grosor de baldosas cerámicas.
- ISO 10545-4. Determinación de la resistencia a flexión.
- ISO 13006. Especificación y ensayo para determinación de absorción.
- ISO 10545-7. Especificación y ensayo para resistencia a abrasión superficial.
- ISO 10545-14. Especificación y ensayo para resistencia a manchas.

- ISO 10545-2. Medidas de desviaciones dimensionales.

***Clasificaciones PEI**

La resistencia a la abrasión es representada por la resistencia al desgaste superficial. La cerámica se clasifica por medio de un código que indica su uso adecuado. Dicho código se le conoce como **PEI (Porcelain Enamel Institute)**, que es el laboratorio que desarrolló la prueba y tiene un rango de 0 a 5, que indica la resistencia al desgaste que soportará la cerámica. Esto según la Norma ISO 10545.7. Siendo la clasificación la siguiente:

- PEI I: Tránsito muy ligero. Especial para ambientes sin acceso directo desde el exterior, tales como salas familiares, dormitorios y baños.
- PEI II: Tránsito ligero. Especial para ambientes interiores, viviendas unifamiliares, apartamentos residenciales, dormitorios y baños.
- PEI III: Tránsito medio. Para aquellos ambientes con accesos cercanos al exterior, como corredores, cocinas, salas y comedores.
- PEI IV: Tránsito alto. Para interiores y exteriores en ambientes como vestíbulos, pasillos, escaleras, cocinas, terrazas, escuelas, oficinas, viviendas colectivas y multifamiliares, hospitales, centros comerciales y aeropuertos, entre otros.
- PEI V: Tránsito alto. al igual que el PEI IV, adicionalmente resiste ataques químicos después de cierto desgaste.

Para lograr el objetivo de este trabajo de graduación, al ladrillo de piso cerámico como material de construcción; se le realizaran los siguientes ensayos con el fin de determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad del mismo:

- Ensayo de resistencia a la flexión, basado en la norma ASTM C648
- Ensayo para la obtención de absorción, basado en la norma ASTM C373.

A continuación, en la **Tabla No. 11** se presentan las propiedades físico-mecánicas que se evaluarán del ladrillo de piso cerámico, así como las normas de especificación y ensayo que se utilizarán para el mismo.

Tabla No.11. Propiedades físico-mecánicas del ladrillo piso cerámico.

CARACTERÍSTICA / PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	NORMA DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN
Resistencia a la flexión	ISO 13006	ISO 10545-4	Esta indica la resistencia que tiene un ladrillo de piso cerámico a romperse debido a cargas puntuales de fuerzas ejercidas sobre la superficie; ejemplos: qué tanto resiste el piso a quebrarse por el peso del carro en una cochera, por el peso de un montacargas sobre un piso instalado en una industria, el peso de un refrigerador, el peso de muebles en una oficina, el peso ejercido sobre las personas y los muebles en un aeropuerto, etc.
Absorción	ISO 13006	ASTM C373	Mediante la absorción, se pueden clasificar a los pisos cerámicos. El porcentaje de absorción de agua en el cuerpo de un piso cerámico determina si el mismo es cuerpo porcelánico, vítrea, semi-vítrea, o no-vítrea
Abrasión	ISO 13006	ISO 10545-4	Mediante la abrasión, se clasifican los pisos según el tipo de tráfico; dicha clasificación se describe con las letras PEI (Porcelain Enamel Institute) seguido de números romanos I, II, III, IV y V. A mayor PEI, más resistencia al desgaste del esmalte por el tráfico de personas, por ejemplo, PEI IV y V con un Rayado >6 se usan para tráficos comerciales.*
Resistencia Química	ISO 13006	ISO 10545-14	La resistencia química determina si la superficie esmaltada resiste al ataque de sustancias químicas, ácidas o alcalinas, ya que cuando una sustancia química daña la superficie, en el piso cerámico quedan manchas y pierde color y brillo.
Longitud	ISO 13006	ISO 10545-2	Teniendo en cuenta que en unidades de baldosas cerámicas rectangulares la longitud es el lado más largo de la misma. Con un vernier se determina longitud de un ladrillo de piso cerámico, se ensayan en promedio 10 unidades. Se reporta la desviación promedio en porcentaje en las mediciones.
Ancho	ISO 13006	ISO 10545-2	Teniendo en cuenta que en unidades de baldosas cerámicas rectangulares el ancho es el lado más corto de la misma. Con un vernier se determina el ancho de un ladrillo de piso cerámico, se ensayan en promedio 10 unidades. Se reporta la desviación promedio en porcentaje en las mediciones.
Grosor	ISO 13006	ISO 10545-2	Con un micrómetro se determina el grosor de un ladrillo de piso cerámico, se ensayan en promedio 10 unidades.
Ortogonalidad	ISO 13006	ISO 10545-2	Se tiene que comparar un ángulo de un piso cerámico, con un ángulo de una placa patrón exacto.

Fuente: Propia.

2.2.6 BLOQUES DE CONCRETO

A lo largo de los años, los bloques de concreto son los que mayormente han sido utilizados en la industria de la construcción en sustitución del adobe y del ladrillo de barro cocido, ya que, debido al control de calidad en la fabricación de los mismos, se garantiza un mejor cumplimiento de los requisitos mínimos que deben presentar para asegurar un desempeño óptimo de estos y así lograr que las construcciones sean duraderas. Pueden ser utilizados desde viviendas de interés social hasta edificaciones comerciales e industriales.

Definición de bloques de concreto

Un bloque de concreto es uno de diversos productos prefabricados (la palabra “prefabricado” hace referencia al proceso en el que el bloque se forma y endurece, antes de ser llevado al lugar de trabajo) y comúnmente son elaborados con una o más cavidades huecas y en sus costados pueden ser lisos o con diseño. Los bloques de concreto se emplean en la construcción de muros para viviendas (exteriores e interiores, muros de contención, sobre cimientos, etc.). En la **Figura No. 17** se muestran diferentes tipos de bloques de concreto.



Figura No. 17 Tipos de bloques de concreto

Fuente: <https://bloqueras.org/bloques-concreto/>

Tipos de bloques de concreto

Por lo general, los bloques de concreto se clasifican según sus dimensiones y el uso que se les da de acuerdo a las mismas. Las dimensiones de los bloques dependerán del nivel de carga que soportarán, según lo siguiente:

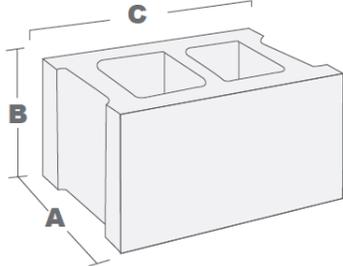
- Los destinados a resistir las cargas axiales provenientes de los techos de pisos superiores tienen, generalmente, 39 cm de largo, 19 cm de ancho y 19 cm de alto, y se utilizan juntas de mortero de 1 cm.
- Los bloques que se utilizan en los tabiques y cercos y que deben resistir solamente su propio peso y no llevan cargas, 39 cm de largo, 14 cm de ancho y 19 cm de alto.
- Los bloques que se utilizan para paredes interiores, es decir que no son de carga, 39 cm de largo, 9 cm de ancho y 19 cm de alto.

En la **Tabla No. 12** se resume algunos tipos de bloques que se comercializan en nuestro medio, mostrando así la forma, dimensiones nominales y reales.

Importancia de su uso

En El Salvador la mayoría de las viviendas son construidas con el sistema de mampostería confinada y de mampostería reforzada. El uso de bloques de concreto hueco en el ámbito de la construcción, como alternativa de diseño, ofrece significativas ventajas, de las cuales mencionamos a continuación en la **Tabla No. 13**, las más importantes:

Tabla No 12. Bloques de concreto más comercializados en el país.

TIPO DE BLOQUE	DIMENSIONES	TIPO DE BLOQUE	DIMENSIONES
	<p>Bloque Entero de 15 cm Nominal: 15x20x40 cm Real: 14.0x19.0x39.0 cm</p> <p>Bloque Entero de 20 cm Nominal: 20x20x40 cm Real: 19.0x19.0x39.0 cm</p>		<p>Bloque mitad de 15 cm Nominal: 15x20x20 cm Real: 14.0x19.0x19.0 cm</p> <p>Bloque mitad de 20 cm Nominal: 20x20x20 cm Real: 19.0x19.0x19.0 cm</p>
	<p>Bloque Solera de 15 cm Nominal: 15x20x40 cm Real: 14x19.0x39.0 cm</p> <p>Bloque Solera de 20 cm Nominal: 20x20x40 cm Real: 19.0x19.0x39.0 cm</p>		<p>Bloque Solera mitad de 15 cm Nominal: 15x20x20 cm Real: 14.0x19.0x19.0 cm</p> <p>Bloque mitad de 20 cm Nominal: 20x20x20 cm Real: 19.0x19.0x19.0 cm</p>
	<p>Bloque Esquinale de 15 cm Nominal: 15x20x40 cm Real: 14.0x19.0x39.0 cm</p> <p>Bloque Esquinale de 20 cm Nominal: 20x20x40 cm Real: 19.0x19.0x39.0 cm</p>		<p>A: Ancho B: Alto C: Largo</p>

Fuente: http://gruposaltext.com.sv/wp-content/uploads/2017/10/Catalogo_Saltex.pdf

Tabla No 13. Importancia del uso de los bloques de concreto en la industria de la construcción.

IMPORTANCIA	DESCRIPCIÓN
Rapidez en el proceso constructivo	Con bloques de concreto siendo de 10, 15 o de 20 cm de espesor solo se necesitan 12.5 unidades para un metro cuadrado de pared, lo cual es ventajoso si se construye con ladrillos de barro, además no es necesario moldear columnas, y esperar que fragüe para desmoldar.
Ahorro de mezcla	Menor cantidad de mezcla ya que son pocos bloques a pegar.
Aislamiento térmico	De acuerdo al afinado y a la densidad de los bloques.

Fuente: Propia

Clasificación de los bloques de concreto

Los bloques de concreto se clasifican de acuerdo a la norma ASTM C-90-06 “Especificación estándar para unidades de mampostería de concreto con carga” por peso, absorción y resistencia a la compresión. En la **Tabla No. 14** se detalla dicha clasificación.

Tabla No 14. Clasificación de los bloques de concreto.

CLASIFICACIÓN POR PESO	CLASIFICACIÓN POR ABSORCIÓN	CLASIFICACIÓN POR RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
<p>Estos bloques de concreto son clasificados de acuerdo al peso unitario seco del concreto y peso de los agregados con que son fabricados. Existen tres tipos dentro de esta clasificación, siendo estos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Peso Ligero: Bloques fabricados con agregados livianos, peso unitario del concreto seco menor de 1400 kg/m³. - Peso Medio: Bloques fabricados con una mezcla de agregados normales y livianos, y el peso unitario del concreto entre 1400 – 2000 kg/m³. - Peso Normal: Bloques fabricados con agregados normales y el peso unitario del concreto seco mayor de 2000 Kg/m³. 	<p>La Norma ASTM C-90-06 “Especificación estándar para unidades de mampostería de concreto portantes” nos proporciona valores absorción máxima por unidad o por grupos de 3 unidades y a la vez agrupándolos por la clasificación por peso.</p>	<p>La clasificación está de acuerdo a la clasificación por peso, es decir las unidades clasificadas por peso ligero tiene su resistencia definida por unidad o por grupos de 3 unidades, siendo así para peso medio y normal, la ventaja de bloques normados con ASTM C-90-06 “Especificación estándar para unidades de mampostería de concreto con carga”, que la resistencia a la compresión es la misma en las 3 clasificaciones por peso, como se verá más adelante en el Capítulo IV.</p>

Fuente: Propia

Ventajas y desventajas de los bloques de concreto

Los bloques de concreto, es el material más común que se utiliza en la industria de la construcción para la elaboración de muros perimetrales, paredes en edificios, viviendas, muros de retención, etc., pero que a su vez dicha utilización puede representar ciertas ventajas y desventajas para quien construye, enlistándose algunas en la **Tabla No. 15**.

Tabla No 15. Ventajas y Desventajas del uso de los bloques de concreto en industria de la construcción.

MATERIAL	VENTAJA	DESVENTAJA
Bloques de concreto	<ul style="list-style-type: none"> - Las paredes de bloque de concreto tienen una aceptable capacidad de carga. - Reduce el uso de encofrados porque los bloques vienen preparados con hueco especiales para armar las columnas y vigas, y luego colar el concreto. - Rapidez de ejecución - Aislación térmica y acústica 	<ul style="list-style-type: none"> - Poca aislación contra el agua. - Difícil de cortar en campo y si se cortan se vuelven frágiles. - Acabado final complejo del paramento. - Pesado a diferencia de ladrillos de barro.

Fuente: <http://www.albaniles.org/albanileria/construccion-con-bloques-de-hormigon-ventajas-y-desventajas/>

Características y propiedades deseables de los bloques de concreto

Las características de los bloques de concreto son determinadas por medio de procedimientos de ensayos normalizados; para establecer la calidad del producto se debe proceder a la comparación de los resultados obtenidos en laboratorio contra la especificación; misma que establece los rangos de valores entre los cuales el resultado determinado debe oscilar.

Las norma de especificación y de ensayos a las que se hace referencia en este trabajo de investigación son:

- ASTM C90 Especificación estándar para las unidades de mampostería de concreto portantes.
- ASTM C140 Métodos de prueba estándar para muestreo y prueba de unidades de mampostería de concreto y unidades relacionadas.

Los bloques de concreto poseen ciertas características y propiedades que se vuelven un punto de investigación significativo para su óptimo desempeño en la estructura, algunas de las cuales son mencionadas en la **Tabla No. 16**. Además en la **Figura No. 18** se muestra la forma y partes de los bloques de concreto.

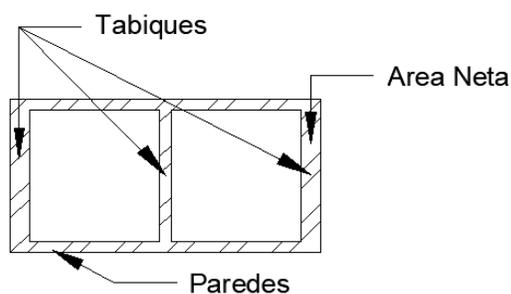


Figura No. 18 Área y espesores
Fuente: Propia

Tabla No. 16. Normas de los bloques de concreto.

CARACTERÍSTICA PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	NORMA DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN
Resistencia a la compresión	ASTM C90-06	ASTM C140-05	La resistencia a la compresión representa el valor de esfuerzo unitario de carga que pueden soportar los bloques de concreto. La norma establece que la resistencia mínima de ruptura por compresión se mide sobre el área neta y no sobre el área bruta y la establece en el equivalente de 13 MPa como promedio de 3 unidades y en 11.7 MPa como mínimo para cada unidad.
Densidad	ASTM C90-06	ASTM C140-05	Permite determinar el peso por unidad de volumen, para así clasificarlo como ligero, liviano o normal, además indica el índice de esfuerzo de la mano de obra o de equipo requerido para su manipulación desde su fabricación hasta su asentado.
Absorción de humedad	ASTM C90-06	ASTM C140-05	La absorción del agua se mide como el paso del agua, expresado en porcentaje del peso seco, absorbido por la pieza sumergida en agua. Esta propiedad se relaciona con la permeabilidad de la pieza, con la adherencia de la pieza y del mortero y con la resistencia que puede desarrollar.
Aislamiento Acústico y térmico	-	-	Los bloques tienen un coeficiente de conductividad térmico variable, en el que influyen los tipos de agregados que se utilice en su fabricación y el espesor del bloque y en lo referente a la absorción y a la transmisión del sonido, los bloques tienen capacidad de absorción variable de un 25 % a un 50.
Dimensiones	ASTM C90-06	-	La norma establece la variación permisible en las dimensiones de la unidad, con respecto a las dimensiones especificadas en la Tabla No. 9 .
Área y espesores	ASTM C90-06	-	Para unidades sólidas, el área neta de la sección transversal en cada plano paralelo a la superficie de carga no deberá ser menor del 75% del área bruta de la sección transversal medida en el mismo plano Figura No. 18 .
Contracción lineal	ASTM C90-06	-	La contracción es un fenómeno simple aparente del concreto cuando este pierde agua. La contracción es una deformación tridimensional pero se expresa comúnmente como una deformación lineal.

Fuente: propia.

2.2.7 ACERO DE REFUERZO

El acero en la actualidad es un metal altamente utilizado, tiene diversas formas para ser procesado, entre ellas se encuentra la varilla de acero para refuerzo de concreto armado la cual se utiliza principalmente en las construcciones, siendo estas pequeñas como casas hasta grandes infraestructuras como lo son hoteles, comercios y obras públicas como puentes.

Definición de acero de refuerzo

Las barras o varillas son productos largos y delgados fabricados de acero que son laminados en caliente. Estas se utilizan para reforzar el concreto en cualquier tipo de construcción como lo son carreteras, puentes, edificios, etc. Las varillas deben estar libres de defectos serios y mostrar un acabado uniforme, sin embargo, ciertas irregularidades no se consideran como defectos serios. En la **Figura No. 19**, se muestran algunas barras de acero corrugado.

El metal ferroso no es hierro puro. Este incluye otros elementos que tienen grandes efectos sobre las propiedades del metal, aun si están presentes en insignificantes cantidades. El contenido químico se determina por la mena de hierro, la forma en que el metal se calienta y los elementos adicionados. Las menas de hierro contienen porcentajes variables de manganeso, silicio azufre y puede o no contener fósforo. El carbón proviene del coque combustible y puede agregarse más carbón al metal fundido. El exceso de azufre puede removerse

por la adición de manganeso. Generalmente hablando, entre más largo o más caliente es el tratamiento en el alto horno así disminuye el porcentaje de carbón, manganeso, fósforo, silicio y azufre. Los incrementos se hacen agregando el elemento deseado al metal en estado líquido y pueden agregarse otros elementos al metal líquido.



Figura No. 19 Barras de acero corrugado

Fuente: <http://estructuras-de-concreto.blogspot.com/2010/04/tipos-de-acero-de-refuerzo.html>

Clasificación de Barras de acero

Los aceros usados en las estructuras de concreto pueden ser en forma de varillas o de malla electro-soldada de alambre. Las varillas pueden ser lisas o corrugadas. Las varillas corrugadas que tienen protuberancias en sus superficies (patrones difieren según los fabricantes), esta corrugación aumenta la adherencia entre el concreto y el acero. Además y como el aspecto más importante en su clasificación, estas se pueden agrupar como se indica a continuación.

Clasificación según su composición química. La clasificación del acero se puede determinar en función de sus características, las más conocidas son la clasificación del acero por su composición química, **Tabla No. 17**, por su

contenido de carbono ver **Tabla No.18** y por sus propiedades o clasificación del acero por su uso.

En las **Tablas No 17 y 18** se describe cómo podemos cambiar la composición química de acero para obtener diferentes aceros, alterando en pequeñas cantidades de contenido químico para mejorar el acero estructural, que va ser usado como material para la construcción u otros usos.

Tabla No. 17 Clasificación según su composición química.

ACERO	COMPOSICIÓN QUÍMICA
Acero al carbono	Se trata del tipo básico de acero que contiene menos del 3% de elementos que no son hierro ni carbono.
Acero de alto carbono	El Acero al carbono que contiene más de 0.5% de carbono.
Acero de bajo carbono	Acero al carbono que contiene menos de 0.3% de carbono.
Acero de mediano carbono	Acero al carbono que contiene entre 0.3 y 0.5% de carbono.
Acero de aleación	Acero que contiene otro metal que fue añadido intencionalmente con el fin de mejorar ciertas propiedades del metal.
Acero inoxidable	Tipo de acero que contiene más del 15% de cromo y de muestra excelente resistencia a la corrosión.

Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn101.html>

Tabla No.18 Clasificación según su contenido de carbono.

ACERO	CONTENIDO DE CARBONO
Aceros Extra suaves	El contenido de carbono varía entre el 0.1 y el 0.2 %
Aceros suaves	El contenido de carbono esta entre el 0.2 y 0.3 %
Aceros semi suaves	El contenido de carbono oscila entre 0.3 y el 0.4 %
Aceros semi duros	El carbono está presente entre 0.4 y 0.5 %
Aceros duros	La presencia de carbono varía entre 0.5 y 0.6 %
Aceros extraduros	El contenido de carbono que presentan esta entre el 0.6 y el 07 %

Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn101.html>

Importancia de su uso

El acero que se emplea, en la industria de la construcción se puede clasificar según su importancia de uso, a continuación, se presenta una descripción:

Acero Estructural. Barras de acero para refuerzo de concreto: Se utilizan principalmente como barras de acero de refuerzo en estructuras de concreto armado. A su vez poseen su propia clasificación generalmente dada por su diámetro, por su forma, por su uso:

- Barra de acero liso
- Barra de acero corrugado
- Barra de acero helicoidal: Se utiliza para la fortificación y el reforzar rocas, taludes y suelos a manera de perno de fijación.
- Malla de acero electro soldada

- Perfiles de Acero estructural laminado en caliente Ángulos de acero estructural en L.
- Perfiles de acero estructural tubular: a su vez pueden ser en forma rectangular, cuadrada y redonda.
- Perfiles de acero Liviano Galvanizado: Estos a su vez se clasifican según su uso, para techos, para tabiques, etc.

Ventajas y desventajas del acero de refuerzo

En el campo de la construcción, específicamente en las estructuras de concreto armado, se utiliza el acero de refuerzo en formas de barras de diferentes diámetros con resaltos o corrugas que mejoran la adherencia con el concreto, este acero está dotado de muchas ventajas que se mencionan en la **Tabla No.19**, así mismo las desventajas que se obtienen al trabajar con este material.

Tabla No.19 Ventajas y desventajas del acero de refuerzo.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Acero de refuerzo	<p>Alta resistencia: Su alta resistencia en relación a su peso, permite la elaboración de estructuras ligeras, las cuales sin acero aumentarían drásticamente sus dimensiones. Es esta alta resistencia tanto a compresión como a tracción lo que permite a las vigas obtener una notable resistencia a flexión.</p>	<p>Corrosión: Este sería el principal inconveniente del acero, y es que cuando se encuentra a la intemperie este se corroe con facilidad, por esto simple se trata de proveerle con un recubrimiento, ya sea de un espesor de hormigón o de algún material dedicado para esto.</p>
	<p>Elasticidad: Su comportamiento es prácticamente linealmente elástico, cumpliendo con la ley de Hooke hasta cierto punto donde los esfuerzos ya son considerables.</p>	
	<p>Tenacidad: Enorme capacidad de absorción de energía.</p>	<p>Endotérmico: Las estructuras en acero o con partes en acero, propagan fácilmente el calor debido a las propiedades físicas de este material, y en caso de incendio las altas temperaturas se propagarán fácilmente por la estructura haciendo que falle más rápido.</p>
	<p>Ductilidad: Esta cualidad dota al acero con la capacidad de deformarse considerablemente antes de entrar a un estado plástico o de rotura. Esta característica permite que los elementos estructurales de hormigón armado avisen su falla mediante agrietamientos.</p>	
	<p>Reciclable: El acero es reciclable en un 100% además de ser totalmente degradable.</p>	

Fuente: Propia

Características físicas y mecánicas

El acero de refuerzo en conjunto con el concreto, deben formar un excelente material para soportar las cargas a las que será sometida la estructura, es por

ello que se estudia las propiedades físicas y mecánicas más importantes al acero de refuerzo las cuales se presentan en la **Tabla No. 21**. Para la determinación del cumplimiento de estas propiedades es necesario comparar los resultados con una norma de especificación, la cual detalla los parámetros que se han de cumplir. Las normas de especificación que se han de utilizar para la comparación de resultados son:

- ASTM A706: Especificación Estándar para Barras de Acero Lisas y Corrugadas de Baja Aleación para Refuerzo de Concreto, como referencia de control para este tipo de acero
- ASTM A615: Especificación Estándar para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo de Concreto.
- ASTM A370: Métodos de prueba estándar y definiciones para pruebas mecánicas de productos de acero.
- ASTM A1064: Especificación estándar para el Carbono-alambre de acero y alambre soldado de refuerzo, Llano y deformado, para el concreto.

Dentro de las características físicas que se le estudian al acero, se pueden mencionar las siguientes:

Identificación. Para que las varillas de refuerzo sean fácilmente distinguibles, todas las varillas deben estar marcadas con señas especiales en la superficie de un lado de las varillas, modeladas durante su fabricación, en la **Figura No. 20** es

un ejemplo de las principales marcas que deben portar las barras de acero. Las marcas son las siguientes:

- Logo de fabricante
- Calibre de varilla
- Grado
- Tipo de acero



Figura No. 20 Ejemplo de identificación
Fuente: Propia

Corrugaciones. Existen varios tipos de corruga, y todas ellas nos ayudan adherir el acero con el concreto y tener una mayor eficiencia y trabajen en conjunto, deformándose ambos materiales, a continuación, en la **Figura No. 21** observan los tipos de corrugas que puede haber en el mercado según su fabricante.

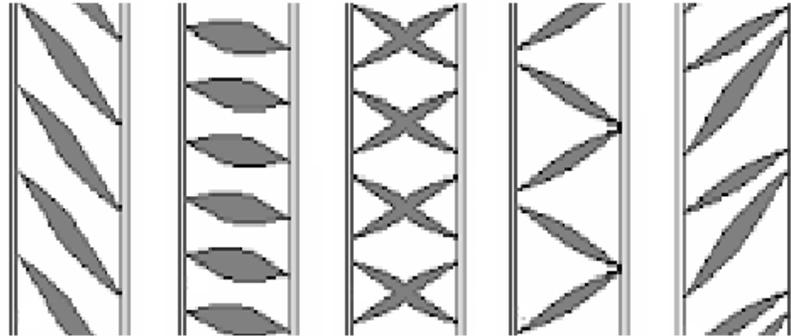


Figura No. 21 Diferentes tipos de corruga en varillas de refuerzo
Fuente: Propia

Estas corrugas debe ser espaciadas a lo largo de la barra a distancias sustancialmente uniformes, además deben ser similares en tamaño, forma y patrón; las corrugas deben ir a una inclinación no menor de 45° con respecto al eje de la barra.

Propiedades a estudiarse a las corrugas se muestran en la **Tabla No. 20**.

Tabla No. 20 Propiedades a estudiarles a corrugas.

PROPIEDAD A ESTUDIAR
Espaciamientos de corrugas
Altura mínima promedio
Ancho máximo de separación sin corruga
Formas de las corrugas

Fuente: Propia

Las propiedades principales de las varillas de refuerzo que debe cumplir para ser utilizado en una construcción de alta calidad son las siguientes:

Tabla No. 21 Características Principales a investigar al acero de refuerzo.

PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	NORMA DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN
Diámetro	ASTM A615/A706	-	Las varillas son identificadas por lo general por un número, que corresponde aproximadamente a los octavos de pulgada que tiene el diámetro.
Corrugas	ASTM A615/A706	-	La importancia de las corrugas es necesaria para la adherencia de ambos materiales, acero-concreto, para que se deforme juntos.
Identificación	ASTM A615/A706	-	Para poder diferenciarlas con facilidad las barras de refuerzo, como su diámetro o grado, la ASTM A706 regula los requisitos mínimos que deben contener.
Elongación	ASTM A615/A706	ASTM A370	Es el porcentaje de alargamiento que sufre la barra cuando es sometida a cargas de tensión.
Resistencia a la Tensión	ASTM A615/A706	ASTM A370	Se define como el cociente entre la carga máxima que ha provocado el fallo a rotura del material por tracción y la superficie de la sección transversal inicial de la probeta.
Doblez	ASTM A615/ASTM A706	ASTM A370	El radio mínimo de dobladura difiere según la resistencia y diámetro de la barra.
Fluencia	ASTM A615/ASTM A706	ASTM A370	La fluencia es la deformación irrecuperable de la probeta, a partir de la cual solo se recuperará la parte de su deformación correspondiente

			a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible. ¹⁰
--	--	--	---

Fuente: Propia

Todas las propiedades presentadas en la **tabla No. 21** serán determinadas por medio de métodos de ensayo.

2.2.8 MADERA.

De todos los materiales usados por el ser humano a lo largo de la historia, la madera fue el primero de ellos, gracias a una serie de propiedades como facilidad de conformado, bajo peso específico, agradable apariencia exterior, propiedades térmicas y mecánicas.

Definición de Madera.

En general, se entiende por madera a las partes de un árbol que, económicamente, pueden aprovecharse, siendo éstas, por lo general, troncos y, en un mayor alcance, también, ramas y raíces. Se puede observar en la **Figura No. 22** Madera de pino blanco.

¹⁰ Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Fluencia>



Figura No 22 Madera de pino blanco

Fuente: <https://www.hogarmania.com/bricolaje/taller/materiales/201209/madera-pino-blanco-16531.html>

Clasificación de la madera

Las maderas pueden clasificarse de muy diversas formas, según el criterio que se considere. Así, podemos clasificarlas atendiendo a su:

- Dureza
- Humedad

Según su dureza (es la más usual):

Maderas blandas: cuyos árboles tienen hoja perenne, son resinosos Ej. Pino, ciprés, abeto, cedro, Son maderas ligeras, de crecimiento rápido (se observan bien los anillos), de color claro, nudos pequeños, fáciles de trabajar y de bajo coste. Se emplean para trabajos en los que no se necesita gran solidez: embalajes, cajas, tablas, mueble funcional sencillo, pasta de papel.

Maderas duras: cuyos árboles tienen hoja caduca. Ej. Roble, castaño, nogal, olmo, caoba. Madera compacta, poca resina y escasos nudos, amplia gama de colores, de mayor densidad, de crecimiento lento (anillos anuales muy juntos,

casi no se diferencian), más difíciles de trabajar, y en general de mayor calidad y precio. Se emplean en trabajos de ebanistería, muebles más compactos, instrumentos musicales, interiores de barco, andamios de obra.

Según el grado de humedad:

Maderas verdes: Alto grado de humedad (30 -35%). Maderas recién cortadas que no deben usarse para trabajos, pues al secarse por la contracción se encogen y agrietan.

Maderas desecadas: Se reduce el grado de humedad hasta el 10 – 12% por procesos naturales, apilándolas de manera adecuada y permitiendo que el aire circule entre las tablas para ir reduciendo el exceso de agua.

Maderas secas: Se reduce la humedad hasta el 3% empleando procesos artificiales. Las maderas se secan de forma más rápida por métodos artificiales, en grandes hornos, consiguiendo la dureza y resistencia deseadas.

Importancia de su uso en la construcción civil

La madera se ha utilizado tradicionalmente en la construcción en columnas y vigas, aunque actualmente ha sido sustituida por el concreto y el acero. Sigue utilizándose en:

- Puertas, ventanas, marcos, muebles. Las de gran resistencia mecánica (pino, abeto, cedro).

- Muebles, carpintería interior. Las que presentan veteados vistosos y admiten un buen pulido (haya, fresno, nogal, roble).
- Muebles de lujo, esculturas, instrumentos musicales. Las exóticas (caoba, ébano). También se laminan en chapas delgadas, 0,4 – 0,6 mm, para revestir tableros de maderas más baratas.

Ventajas y desventajas del uso de madera en la construcción

En la **Tabla No. 22** se resumen las ventajas del uso de la madera como material en la construcción, por otro lado, en oposición, se presentan las siguientes desventajas que se deben tener en cuenta ya que por estas se pueden presentar problemas al trabajar con la madera.

Tabla No. 22 Ventajas y desventajas del uso de la madera en la construcción.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MADERA	Reutilizable: Capacidad de ser reutilizada varias veces.	Dimensiones: son limitadas: formas alargadas, de sección transversal reducida. Estos inconvenientes hicieron que la madera fuera, en una época determinada, superada por el acero y el concreto armado, y se sustituye en la ejecución de estructuras provisionales, como por ejemplo encofrados.
	Propiedades físico-mecánicas: Fue el primer material empleado, capaz de resistir tanto a esfuerzos de compresión como de tracción.	
	Textura: En su aspecto natural ofrece una gran variedad de patrones.	
	Producto Natural: la madera es un producto de origen natural y renovable, cuyo proceso productivo en relación a otros productos industrializados, requiere un bajo consumo energético y respeta la naturaleza.	Vulnerabilidad: Es muy vulnerable a los agentes externos, y su durabilidad es limitada, cuando no se toman medidas preventivas.
	Renovable: hacemos uso de la madera como materia prima desde hace miles de años. Sin embargo este recurso continua disponible, y sigue creciendo en nuevos asentamientos forestales.	
MADERA	Excelente Aislante: El aislamiento es un aspecto importantísimo para la reducción de la energía utilizada en la calefacción y climatización de edificios.	Variabilidad: Es un material fundamentalmente heterogéneo y anisotrópico. La madera es muy sensible al medio ambiente, aumentando o disminuyendo de tamaño con las variaciones de humedad.
	Fácil de Trabajar: Se trata de una materia prima muy versátil que puede ser usada de forma muy variada y que cumple con ciertas especificaciones, de acuerdo con el tipo de aplicación deseada.	
	Durabilidad: Los arqueólogos investigan piezas antiguas que todavía existen construidos en madera tales como: sarcófagos, embarcaciones, esculturas, utensilios domésticos, armas, instrumentos musicales, elementos de construcciones.	Combustible
	Versatilidad de uso: Puede ser producida en piezas con dimensiones estructurales que pueden ser rápidamente desplegadas en piezas pequeñas, de una delicadeza excepcional.	

Fuente: Propia

Características físicas y mecánicas

Estas propiedades están muy relacionadas con la estructura molecular y celular de la madera y expresan la capacidad de la misma ante situaciones externas relacionadas con la humedad, temperatura, ruido, cargas, esfuerzos y otras. Las más destacadas son la Higroscopicidad, Retractibilidad, Densidad, Homogeneidad, Plasticidad, Resistencia, Dureza, Hendibilidad, Durabilidad, Conductibilidad y Porosidad. Algunas de las propiedades de más interés de la madera para su uso en la construcción se detallan en la **Tabla No. 23**.

- ASTM D143: Métodos de prueba estándar para pequeñas muestras Claras de Madera.
- ASTM D3500: Métodos de prueba estándar para paneles estructurales en tensión
- ASTM D2395: Métodos de prueba estándar para densidad y gravedad específica (densidad relativa) de madera y materiales a base de madera
- ASTM D3043: Métodos de prueba estándar para paneles estructurales en flexión
- ASTM D198: Métodos de prueba estándar de pruebas estáticas de madera en tamaños estructurales.

Tabla No. 23 Características Principales a investigar de la madera.

PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	NORMA DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN
Resistencia a la tracción	ASTM D143	ASTM D3500	La resistencia a la tracción de la madera, que es el esfuerzo que soporta antes de desgarrarse, es sólo de poca importancia para muebles y construcciones interiores, pero sí en el caso de elementos exteriores como columnas y vigas.
Gravedad específica	ASTM D143	ASTM D2395	La gravedad específica de la madera es la relación que existe entre la masa seca al horno de una muestra de madera y el peso o masa del volumen de agua desplazada por el espécimen a un contenido de humedad dado. Es uno de los datos más utilizados para la comparación entre las propiedades de diferentes maderas.
Flexión	ASTM D143	ASTM D3043 ASTM D198	Es la fuerza que hace la madera contra las tensiones de compresión y tracción de las fibras en paralelo.
Resistencia a la compresión	ASTM D143	ASTM D198	Fuerza que realice la madera contra tensiones que tienden a aplastarla. El efecto de aplastamiento es mayor con las fibras de sentido perpendicular, que en sentido contrario.

Fuente: Propia

Ensayos que se realizaran únicamente en este trabajo serán Flexión y Resistencia a la compresión comparando resultados con la especificación ASTM D143 y sus respectivos ensayos ASTM D198.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

El conjunto de procesos y técnicas que se han de adoptar para la realización de este estudio, se describen en este capítulo. Estas se llevarán a cabo de tal forma que los resultados de la investigación sean lo más representativo y apegado a la realidad posible. Para lo cual es necesario recabar, ordenar y analizar datos que se han de emplear para la concretización de este trabajo.

3.1.1 Generalidades.

En cuanto a las generalidades que comprende el marco metodológico tenemos el nivel de estudio, el diseño de la investigación, tipos de muestreo y técnicas e instrumentos de recolección de datos, las cuales se desarrollan a continuación.

a) Este estudio aborda un nivel de investigación de tipo descriptivo ya que se determina el comportamiento de los requisitos de calidad que deben poseer los materiales a investigar.

b) El diseño de la investigación que se adopta es de carácter:

Documental: para recabar la información acerca de las propiedades y características físicas y mecánicas de los materiales enlistados, se ha de realizar una investigación bibliográfica, que involucra la lectura de normas y especificaciones, revistas, publicaciones, libros, etc. relacionados con el control de calidad y demás tópicos de interés.

Experimental: Para llevar a cabo este proyecto se trabajará con un enfoque práctico y experimental, mediante la realización de ensayos de laboratorio a los materiales seleccionados y enlistados anteriormente, con el objetivo de evaluar el cumplimiento de los requisitos de calidad de estos.

- c) En cuanto al muestreo a realizarse, se procederá a la compra de los materiales, visitando las instalaciones de venta de los proveedores, por lo que el muestreo será al azar simple.
- d) En cuanto a la técnica e instrumentos de recolección de datos, se empleara la observación directa, análisis de contenido y documental; los instrumentos a emplearse serán los diferentes equipos de laboratorio que requeridos para los ensayos. La técnica de procesamiento y análisis de datos; los datos obtenidos serán sometidos a clasificación, registro, tabulación y comparación con las especificaciones establecidas por la normativa ASTM.

3.2 PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS.

Para lograr el objetivo propuesto en este trabajo de grado es imprescindible recurrir a la investigación experimental, la cual abarca el mayor y más importante aspecto de la indagación. Sin embargo, no se puede dejar de lado la importancia de la investigación teórica, de la cual depende la adquisición de conocimientos y el desarrollo del criterio, mismo que ha de guiar el procedimiento de ensayos, el análisis y comparación de resultados.

Para alcanzar el objetivo, es ineludible la realización de una serie de ensayos de laboratorio a cada uno de los materiales que han sido seleccionados para su exploración.

La puesta en marcha del proceso, inicia con la adquisición de los materiales. Este proceso, como ya se ha mencionado, ha de variar según la capacidad de adquisición del monto económico que significa la compra de los materiales, esto, debido a que algunos materiales tienen un costo considerablemente mayor a la capacidad monetaria del grupo.

Se plantea la adquisición y transporte de los materiales en fechas distribuidas a lo largo del período establecido para la ejecución del trabajo de grado. El destino de acopio será en las instalaciones del laboratorio de Suelos y Materiales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, mismo lugar donde han de ser ensayados. Para ello, es esencial que el conocimiento teórico sea adquirido al unísono de la práctica.

El ensayo de los materiales será regido bajo los procedimientos de las normas ASTM correspondientes para cada material, para lo cual será necesaria la programación de los ensayos y preparación de los materiales en cuestión. Simultáneamente al proceso de ensayo, han de ser registrados, procesados y tabulados los resultados obtenidos de cada práctica, para verificar cualquier tipo de desviación que pueda presentarse en el proceso.

Se llevará un registro sistematizado y ordenado de las observaciones de acuerdo con fechas, lugares y personas que realizan los procesos.

Finalmente, una vez terminado el proceso experimental, llega el momento de analizar, ordenar, tabular y procesar los datos obtenidos; para luego proceder a la conclusión basada en el producto resultante.

3.3 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO Y EJECUCIÓN DE ENSAYOS.

El procedimiento de muestreo y ejecución de los ensayos varía según el material seleccionado para su investigación. Es por ello que es necesario detallar la metodología para la ejecución de estos procesos para cada material de interés, misma que se describe a continuación.

La cantidad de ensayos a realizarse, será tal que pueda ser ejecutada en el tiempo límite establecido para el desarrollo del trabajo de investigación.

3.3.1 Agregados.

Para la determinación del cumplimiento de los requisitos de calidad de los agregados pétreos más empleados en el país, se ha establecido en un principio el análisis al material de dos canteras, mismas que se consideran como unas de las que generan mayor producción y venta en el país. Para el análisis del material

grueso se tomaran gravas de dos tamaños máximos, arena triturada y arena natural (ver **tabla No. 24**).

Para la grava TMN 1" se realizarán únicamente los ensayos de granulometría y peso volumétrico debido a que las demás propiedades y características del agregado grueso son las mismas que posee la grava TMN $\frac{3}{4}$ ", puesto que provienen de la misma roca madre.

Muestreo.

El muestreo de agregados se realiza en el lugar de almacenaje, según el procedimiento que indica la norma ASTM D75 en su apartado X2.3. El cual establece que se ha de muestrear tomando tres incrementos, de la parte superior de la pila, en la parte media y del fondo de la pila. En cuanto al agregado fino será necesario tomar la muestra que se encuentra bajo el material segregado, en tres lugares aleatorios.

La cantidad muestreada es un aproximado de la cantidad requerida para la determinación de las propiedades en su totalidad.

El transporte de las muestras, se llevará a cabo en sacos para prevenir la pérdida del material y la contaminación del mismo. Los agregados serán conservados en los sacos hasta que proceda la reducción de la muestra a tamaño de ensayo según norma ASMT C702.

Procedimiento de ensayos.

Luego de que la muestra de agregados sea reducida a tamaño de ensayo, se procederá a la ejecución de las pruebas de laboratorio para la determinación de las propiedades bajo normas ASTM ya indicadas en el Capítulo II.

El tamaño de las muestras de ensayo serán las masas que estipulen los métodos correspondientes.

Los ensayos y el número de repeticiones para cada uno, se presentan en la **Tabla No. 24.**

Tabla No. 24. Ensayos a realizarse a los agregados.

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	ENSAYO	NÚMERO DE ENSAYOS
Agregados grueso	TMN 3/4"	Granulometría	3
		Abrasión	3
		Partículas planas y alargadas	3
		Caras fracturadas	3
		Absorción	3
		Gravedad específica	3
		Peso volumétrico (BULK)	3
	TMN 1"	Granulometría	3
		Peso volumétrico (BULK)	3
Agregado fino	Arena triturada y arena natural	Granulometría	3
		Absorción	3
		Gravedad específica	3
		Peso volumétrico (BULK)	3
		Material más fino que la malla No 200	3
		Impurezas orgánicas	5

Fuente: Propia

3.3.2 Mortero pre-dosificado.

Para la determinación de la resistencia a la compresión del mortero pre-dosificado, se ha de adquirir el producto de dos fabricantes diferentes, ensayándose a compresión seis especímenes a 7 días y doce a 28 días.

En cuanto a la elaboración del mortero, se ha de seguir las instrucciones dadas por el fabricante para la adición del agua de la mezcla en la proporción sugerida, así como el procedimiento de mezclado.

Muestreo.

Para determinar la resistencia a la compresión, el muestreo realizado en planta según norma-mexicana-nmx-c-486-onncce-2014-mortero, se ha de efectuar tomando una muestra por cada lote de 200 T o fracción de producción diaria.¹¹

No obstante, al ser un material previamente diseñado y empacado, se habrá de recurrir a la compra de un saco de material a los proveedores. Ya que el muestreo en planta no es posible.

Procedimiento de ensayo.

Se elaborarán los especímenes bajo el procedimiento de la norma ASTM C109; en la cantidad de 6 y 12 muestras para ser ensayados a la compresión a los 7 y 28 días, respectivamente. Los ensayos y el número de repeticiones para cada uno, se presenta en la **Tabla No. 25**.

¹¹ Fuente: norma-mexicana-nmx-c-486-onncce-2014-mortero.

Tabla No. 25. Ensayos al mortero pre-dosificado.

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	ENSAYO	CANTIDAD POR ENSAYO	NÚMERO DE ENSAYOS
Mortero pre-dosificado	7 días	Resistencia a la compresión	3	2
	28 días	Resistencia a la compresión	3	4

Fuente: Propia

3.3.3 Adoquines.

Para la determinación de las propiedades de los adoquines de concreto, se ha establecido el análisis al material producido por tres de fábricas que generan mayor producción y venta en el país. Los adoquines seleccionados serán del tipo cruz.

Muestreo.

Para propósitos de prueba, los especímenes de adoquines seleccionados deberán ser de características y dimensiones similares. Los especímenes serán representativos de todo el lote de las unidades entre las que se seleccionan; todo ello bajo la norma ASTM C140.

Estas unidades pueden ser de cualquier tipo o dimensión, fabricadas por el productor utilizando los mismos materiales, diseño de mezcla de concreto, proceso de fabricación, y método de curado.

Para la resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad), y determinaciones del contenido de humedad, seis unidades serán seleccionadas

de cada lote de 10 000 unidades o fracción de los mismos y 12 unidades de cada lote de más de 10 000 y menos de 100 000 unidades. Para lotes de más de 100 000 unidades, seis unidades se seleccionarán de cada 50 000 unidades o fracción. Se tomarán especímenes adicionales si el comprador lo considera necesario.

El muestreo de adoquines será realizado en los sitios de almacenamiento, escogiendo al azar los adoquines que conformaran la muestra. Todos serán producto de la misma bachada y por lo tanto tendrán la misma edad, siendo esta, 28 días.

Para la determinación de las propiedades se muestrearán 12 unidades de cada productor para ser ensayadas a compresión y absorción.

Serán identificados bajo el estándar de la norma ASTM C936.

Procedimiento de ensayo.

Las propiedades a determinarse serán la resistencia a compresión y absorción siguiendo el método de ensayo estándar ASTM C140. Los ensayos y el número de repeticiones para cada uno, se presenta en la **Tabla No. 26**.

Tabla No. 26. Ensayos a realizarse para adoquines.

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	ENSAYO	CANTIDAD POR ENSAYO	NÚMERO DE ENSAYOS
Adoquines	Tipo cruz	Ensayo de resistencia a la compresión	3	4
		Ensayo a la absorción	3	4
		Medición de dimensiones	3	4

Fuente: Propia

3.3.4 Ladrillo de barro cocido.

Con el propósito de determinar las características y propiedades del ladrillo de barro cocido, se ha establecido la adquisición de unidades de dos fabricantes.

Muestreo.

La mampostería podrá ser de ladrillo sólido, baldosa cortada o baldosa de tamaño completo; las unidades serán seleccionadas por el comprador, en este caso los investigadores. Los especímenes serán representativos e incluirán muestras de la gama completa de colores, texturas y tamaños, y deben estar libres o cepillados para eliminar suciedad, barro, mortero u otros materiales extraños no asociados con la fabricación. Según norma ASTM C67, el muestreo de las unidades de mampostería de barro cocido se debe realizar según lo indicado a continuación.

Ladrillos: Para el módulo de ruptura, resistencia a la compresión, resistencia a la abrasión y determinaciones de absorción, al menos diez ladrillos individuales se seleccionarán para lotes de 1 000 000 de ladrillos o fracción. Para lotes más grandes, cinco especímenes adicionales serán seleccionados de cada 500 000 ladrillos adicionales o fracción del mismo. Las muestras adicionales se toman a discreción del comprador.

Baldosas de arcilla estructural: para la determinación del peso y para las pruebas de resistencia a la compresión y absorción, al menos cinco baldosas se

seleccionarán de cada lote de 250 toneladas (226.8 Mg) o fracción del mismo. Para lotes más grandes, se analizarán cinco especímenes adicionales.

Por cada 500 toneladas (453.6 Mg) o fracción de las mismas. En ningún caso se tomarán menos de cinco muestras. Se toman especímenes adicionales si el comprador lo considera necesario¹².

Al igual que con los adoquines el muestreo se realizará en los sitios de almacenamiento, escogiendo las piezas al azar; los especímenes seleccionados, deberán ser de la misma edad. Veinticinco unidades han de ser muestreadas para la determinación de sus propiedades.

Procedimiento de ensayo.

Los ensayos que se harán a los ladrillos de barro cocido, son resistencia a la compresión y absorción; todas basadas según el procedimiento de ensayo de la norma ASTM C67, debiendo cumplir los requisitos establecidos en ASMT C62. En la **Tabla No. 27** se muestran los ensayos a realizarse y el número de repeticiones de los mismos.

Tabla No 27. Ensayos a ejecutarse al ladrillo de barro cocido.

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	ENSAYO	CANTIDAD POR ENSAYO	NÚMERO DE ENSAYOS
Ladrillo de barro cocido	7x14x28 cm	Ensayo de resistencia a la compresión	5	5
		Ensayo a la absorción	5	5
		Medición de dimensiones	5	5

Fuente: Propia

¹² ASTM C67 Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile

3.3.5 Ladrillo de piso cerámico.

Se realizará el muestreo de los especímenes de tres fabricantes diferentes.

Muestreo.

Según la norma NTG 41081 h1, las muestras deben estar constituidas por el número de unidades especificado a continuación, cuya edad debe ser al menos de 28 días.

Toma de muestras: Puede realizarse en la planta de producción de los lotes que estén listos para ser despachados a la obra o bien de las baldosas recibidas en la obra, teniendo especial cuidado en la inspección de la apariencia visual, la que debe hacerse al momento de recibir el despacho en la obra.

Para la inspección de dimensiones, la muestra deberá estar constituida por 5 unidades, al igual que para la determinación de la resistencia a la flexión. En cuanto a la absorción, la muestra deberá ser de 3 unidades.¹³

Procedimiento de ensayo.

Los ensayos a realizarse a este material son flexión, absorción y medición de dimensiones. El número de repeticiones para cada uno, se presenta en la **Tabla No. 28.**

¹³ Fuente: NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA, NTG 41081 h1, Métodos de muestreo y ensayo para baldosas de terrazo para pisos de uso interior y exterior. Aprobada 2016-12-09.

Tabla No. 28. Ensayos a desarrollarse para el ladrillo de piso cerámico.

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	ENSAYO	CANTIDAD POR ENSAYO	NÚMERO DE ENSAYOS
Ladrillo de piso cerámico	32 x 32 cm	Resistencia a la flexión	7	3
		Absorción	5	3
		Medición de dimensiones	1	15

Fuente: Propia

3.3.6 Bloques de concreto.

Se ha establecido el análisis al material producido por tres de las fábricas que con mayor comercialización en el país. Los bloques analizados serán de dos dimensiones diferentes (ver **Tabla No. 29**).

Muestreo.

El procedimiento de muestreo se realizará de la misma forma que los adoquines de concreto y bajo la norma ASTM C140. Siendo escogidos al azar en los sitios de almacenamiento de los fabricantes. Todos serán producto de la misma bachada y por lo tanto tendrán la misma edad, siendo esta, 28 días. Se identificarán bajo especificaciones de la norma ASTM C936.

Procedimiento de ensayo.

Los ensayos y el número de repeticiones para cada uno, se presenta en la **Tabla No. 29**.

Tabla No. 29 Ensayos a ejecutarse a los bloques de concreto.

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	ENSAYO	CANTIDAD POR ENSAYO	NÚMERO DE ENSAYOS
Bloques de concreto	15 cm	Ensayo de resistencia a la compresión	3	4
		Ensayo a la absorción	3	5
		Medición de dimensiones, caras y tabiques	3	5
Bloques de concreto	20 cm	Ensayo de resistencia a la compresión	3	4
		Ensayo a la absorción	3	5
		Medición de dimensiones, caras y tabiques	3	5

Fuente: Propia

3.3.7 Acero de refuerzo.

Ha sido proyectado el muestreo de tres fabricantes, se tomarán dos diferentes grados y dos diámetros (ver **Tabla No. 30**), mismos que serán ensayados a tensión y dobléz.

Muestreo.

El tamaño de la muestra dependerá de la prueba que se hará al acero. Según ASTM A615, al menos tres varillas, cada una de aproximadamente 1 m de largo, son necesarias para garantizar que habrá suficientes especímenes para repetir algunas de las pruebas, se recomienda que al menos seis varillas, cada una de aproximadamente 1 m de largo se muestrean de cada lote.

Si se necesita más de una varilla, deben ser tomadas de diferentes manojos. Usando una sierra para metales o una llama de gas, esto dependerá del tipo de acero, es decir, si el acero es apto para resistir el calor puede llevarse a cabo la última opción. Cortar tantas piezas de un metro de largo como sean necesarias para la prueba.¹⁴

En este caso, el muestreo del acero de refuerzo, se realizará en el sitio de fabricación, si las condiciones lo permiten; de no ser así, será llevado a cabo en las instalaciones de algún proveedor, tomando al azar los especímenes del acopio.

Procedimiento de ensayo.

Para la determinación de las dimensiones, corrugaciones y masa se realizará en cada diámetro de varilla seleccionada y los ensayos que serán llevados a cabo son los que se mencionan en la **Tabla No. 30**.

Tabla No. 30 Ensayos a ejecutarse al acero de refuerzo.

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	ENSAYO	CANTIDAD POR ENSAYO	NÚMERO DE ENSAYOS
Acero	Diámetro 3/8", 1/2", 5/8" y 3/4"	Resistencia a la tensión	1	5
		Doblez	1	5
		Características de corrugas	1 por lote	

Fuente: Propia

¹⁴ Fuente: <http://asphalt.csiir.co.za/tmh/tmh5/MB6%20-%20Sampling%20of%20steel%20.pdf>

3.3.8 Madera.

Para la determinación de las propiedades se han de tomar las muestras del aserradero de forma que se cuente con los cinco tipos de madera requeridos para ser ensayados a compresión y flexión.

Muestreo.

La norma ASTM D5536 establece el muestreo en campo, como se indica a continuación.

Muestreo cruciforme, método primario.

Para que cada especie sea probada, se selecciona el número y el tipo de árboles para cumplir el propósito del muestreo; para que este sea representativo, un mínimo de cinco árboles se seleccionan.

Se cortan secciones de 8 pies (2.4 m) de largo, después de haber sido marcadas, deberán ser aserradas en secciones de 2 1/2 por 2 1/2 pulg. (60 por 60 mm). La barra de 8 pies se cortará luego en dos piezas de 4 pies (1,2 m), asegurándose de que cada parte lleva la designación adecuada.

Muestreo cruciforme, método secundario.

Para cada especie que ha de ser probada, se deben escoger por lo menos tres árboles.

Las secciones de 8 pies (2.4 m) de largo, después de haber sido marcadas se deben aserrar en secciones transversales de 2 1/2 por 2 1/2 pulg. (60 por 60 mm) o 1 1/4 por 1 1/4 pulg. (30 por 30 mm) por bastones de 8 pies (2,4 m), y deben

estar numerados. Cada bastón de 8 pies se cortará en dos piezas de 4 pies (1,2 m), asegurándose de que cada parte lleva la designación. Si la sección de 8 pies no es recta, se puede encontrar más deseable para cortarlo en longitudes de 4 pies antes de cortar las muestras de 2 1/2 u 1 1/4 pulgadas.

Sin embargo, en este caso las muestras de madera serán tomadas de los establecimientos de los proveedores, y al igual que con los otros materiales serán escogidas al azar, para generar un muestreo representativo.

Procedimiento de ensayo.

Los ensayos y el número de repeticiones para cada uno, se presenta en la **Tabla No. 31.**

Tabla No. 31 Ensayos que se llevarán a cabo a la madera.

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	ENSAYO	CANTIDAD POR ENSAYO	NÚMERO DE ENSAYOS
Madera	Pino, caoba, laurel, cedro y conacaste	Resistencia a la compresión	1	5
		Resistencia a la flexión	1	5
		Medición de dimensiones	1	5

Fuente: Propia

De acuerdo a lo establecido previamente, no se han de determinar todas las características y propiedades de los materiales de interés, debido a diversas limitantes, tomando en cuenta que será la misma cantidad para cada fabricante y/o proveedor.

3.4 PROCESAMIENTO DE DATOS, ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Posterior a la obtención de resultados, se procederá al procesamiento de datos. Estos serán ordenados y tabulados para poder realizar los cálculos correspondientes para cada ensayo.

Una vez obtenidos los datos resultantes, el siguiente paso es la comparación de resultados versus especificaciones. De esta manera, se podrá establecer si cada material cumple con los requisitos mínimos de calidad que exigen los estándares ASTM y demás literatura técnica que se ha de emplear para este fin.

En caso de que los resultados sean muy variables entre sí, o se detecte algún tipo de anomalía en los procedimientos de ensayo, estos deberán ser repetidos para encontrar y corregir la fuente de error. De esta manera, se garantiza que los resultados sean confiables.

Una vez comprobado si el material cumple o no, con los requisitos de calidad bajo los cuales fueron elaborados y comercializados por el fabricante, se procede a la comparación de resultados entre las diferentes empresas, para establecer si sus productos son fieles a las cualidades bajo las cuales son promovidos.

De esta forma será posible, la determinación del cumplimiento o no de los requisitos de calidad de los materiales utilizados con mayor frecuencia en el país. Tras esta verificación damos respuesta a los objetivos planteados para la investigación.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Este capítulo tiene como objetivo mostrar los resultados obtenidos producto de la investigación realizada.

Los resultados se presentan en cuadros resumen y en gráficos que facilitan y agilizan la comprensión y el análisis de los resultados; además es posible apreciar de forma detallada las variaciones con respecto a los estándares que la empresa productora ofrece y los que la norma de especificación exige.

Para cumplir con los objetivos planteados en este trabajo, se seleccionaron los fabricantes cuyos materiales son los que tienen mayor demanda en el país, además de ser elaborados bajo especificaciones estándar.

Se presentan, además para cada empresa productora los resultados de los ensayos ejecutados para la determinación de cada propiedad a investigar, así como del conjunto de todas las productoras investigadas. Se desarrolla el análisis de resultados, que consiste básicamente en dar respuesta a los objetivos o hipótesis planteados a partir de las mediciones efectuadas y los datos resultantes.

4.1.1 AGREGADOS.

Para la determinación de las propiedades y características de los agregados se han tomado muestras provenientes de tres empresas denominándose estas como “**Empresa A**”, “**Empresa B**” y “**Empresa C**”.

Es importante aclarar, que, debido a la diferencia en las capacidades de producción de los proveedores, no se pudieron contar con todos los tipos de materiales que se habían planteado analizar en el Capítulo II. Es por ello que se presenta el detalle de los materiales (agregados) proporcionados por cada empresa, ver **Figura No. 23**.

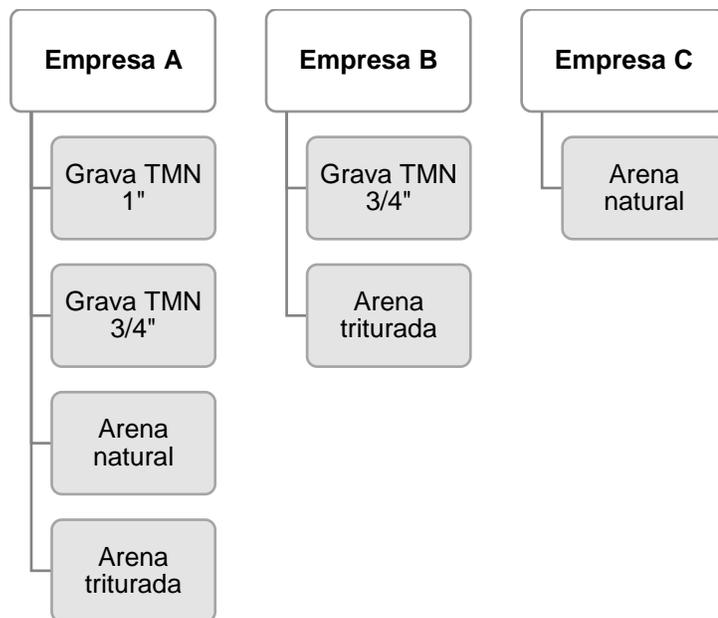


Figura No. 23 Materiales por fabricante.

Fuente: Propia.

Las características y propiedades sujetas a investigación, la correspondiente norma de especificación y requerimiento que estos deben cumplir, se presentan en la **Tabla No. 32.**

Tabla No. 32. Requisito de cumplimiento para el agregado según las especificaciones ASTM C33 y Portland Cement Association (PCA) Capítulo No 5.

PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	FINO/GRUESO	REQUERIMIENTO																
Granulometría	ASTM C33	Fino	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Número</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/8"</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>No. 4</td> <td>95 – 100</td> </tr> <tr> <td>No.8</td> <td>80 – 100</td> </tr> <tr> <td>No.16</td> <td>50 – 85</td> </tr> <tr> <td>No.30</td> <td>25 – 60</td> </tr> <tr> <td>No.50</td> <td>5 – 30</td> </tr> <tr> <td>No.100</td> <td>0 - 10</td> </tr> </tbody> </table>	Número	Porcentaje	3/8"	100	No. 4	95 – 100	No.8	80 – 100	No.16	50 – 85	No.30	25 – 60	No.50	5 – 30	No.100	0 - 10
		Número	Porcentaje																
		3/8"	100																
No. 4	95 – 100																		
No.8	80 – 100																		
No.16	50 – 85																		
No.30	25 – 60																		
No.50	5 – 30																		
No.100	0 - 10																		
Grueso	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Granulometría #57</th> </tr> <tr> <th>Número</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>95 - 100</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>25 - 60</td> </tr> <tr> <td>No. 4</td> <td>0 – 10</td> </tr> <tr> <td>No. 8</td> <td>0 - 5</td> </tr> </tbody> </table>	Granulometría #57		Número	Porcentaje	1 1/2"	100	1"	95 - 100	1/2"	25 - 60	No. 4	0 – 10	No. 8	0 - 5				
Granulometría #57																			
Número	Porcentaje																		
1 1/2"	100																		
1"	95 - 100																		
1/2"	25 - 60																		
No. 4	0 – 10																		
No. 8	0 - 5																		
Grueso	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Granulometría #67</th> </tr> <tr> <th>Número</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1"</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>90 - 100</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>20 - 55</td> </tr> <tr> <td>No. 4</td> <td>0 – 10</td> </tr> <tr> <td>No. 8</td> <td>0 - 5</td> </tr> </tbody> </table>	Granulometría #67		Número	Porcentaje	1"	100	3/4"	90 - 100	3/8"	20 - 55	No. 4	0 – 10	No. 8	0 - 5				
Granulometría #67																			
Número	Porcentaje																		
1"	100																		
3/4"	90 - 100																		
3/8"	20 - 55																		
No. 4	0 – 10																		
No. 8	0 - 5																		
Módulo de finura	ASTM C33	Fino	2.3 a 3.1																
Gravedad específica	PCA. Capítulo 5.	Fino/Grueso	Varían de 2.4 a 2.9																
Absorción	PCA. Capítulo 5.	Fino	<6%																
		Grueso	0.2% al 2%																

Peso volumétrico	PCA. Capítulo 5.	Fino/Gruoso	Varía de 1200 a 1750 kg/m ³
Angulosidad del agregado grueso	Standard Specifications For Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects	Gruoso	>75%
Forma del agregado grueso	PCA. Capítulo 5.	Gruoso	<15% de la masa total
Resistencia a la abrasión	ASTM C33	Gruoso	Máximo 50% considerando grado de exposición al desgaste mínimo
Cantidad de material que pasa la malla No 200	ASTM C33	Fino	< 5% para arena natural y <7% para arena triturada
Impurezas orgánicas en el agua	ASTM C33	Fino	Menor al color estándar (Color No.3)

Fuente: Propia.

Geología de los materiales.

Con el fin de analizar los resultados de los ensayos se realizará una breve descripción de su origen geológico, para generar un marco de referencia a la hora de analizar los resultados.

Empresa A. La arena natural que comercializa esta empresa, es lavada industrialmente, la cual es producto de la desintegración o fragmentación de rocas preexistentes debido al intemperismo y la erosión; procedentes de la roca basáltica.

El agregado grueso es triturado, El yacimiento está constituido por dos derrames de lavas de composición básica (basalto - andesita basáltica). La colada inferior contiene basaltos columnares, mientras que la superior es muy variable. En ambos casos forman prismas hexagonales. En la **Figura No. 24** se muestra el agregado natural y triturado que comercializa la empresa A.



Figura No. 24 Grava y arena proveniente de la Empresa A.
Fuente: Propia.

Empresa B. La zona de extracción está conformada por andesitas, basaltos, tobas pertenecientes a la formación Cuscatlán, así como lapilli de pómez, dacitas e ignimbritas de la formación Bálsamo. El material triturado por esta cantera se presenta como un basalto vesicular con presencia de lapilli de pómez y dacitas tal como se puede ver en la **Figura No. 25**.



Figura No. 25 Agregados de la Empresa B
Fuente: Propia.

Empresa C. La arena natural, es de origen aluvial, producto de la erosión y el arrastre de materiales a lo largo de la zona de influencia del río. En la **Figura No. 26** se muestra una fotografía del material proveniente de la empresa C.



Figura No. 26 Arena natural distribuida por la Empresa C.
Fuente: Propia.

Resultados.

Luego de la realización de ensayos y el procesamiento de los datos obtenidos, se tiene los resultados para los tres proveedores de material pétreo.

Agregado grueso. Tal como se indica en la **Figura No. 23**, la grava TMN 1" únicamente fue proporcionada por una empresa, mientras que la grava TMN $\frac{3}{4}$ " se ha obtenido de dos diferentes productores.

Grava TMN 1".

Ensayo Granulométrico. Fueron realizados tres ensayos a la muestra de TMN 1" para la determinación de la distribución de las partículas por tamaño, debido a que para la grava TMN 1", la empresa no indicó el número de granulometría bajo la cual es producida, se procedió a comparar con los diferentes rangos que se muestran en la Tabla No. 2 de la norma ASTM C33, donde se encuentra su

correspondencia a las granulometrías No.57 o No.67. En la **Tabla No. 33** se muestra el resumen de los resultados finales de la empresa A.

Tabla No.33 Resultados de ensayos granulométricos para agregado grueso para la empresa A.

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA			PROMEDIO	REQUERIMIENTO No.57 (%)	REQUERIMIENTO No.67 (%)	CUMPLIMIENTO SI / NO
	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3				
1 1/2"	100.0	100.0	100.0	100.0	100	-	SI
1"	100.0	100.0	100.0	100.0	95 – 100	100	SI
3/4"	94.5	94.6	94.5	94.5	-	90 - 100	SI
1/2"	58.9	59.1	58.5	58.8	25 – 60	-	SI
3/8"	31.3	31.0	31.4	31.2	-	20 – 55	SI
No. 4	2.6	2.7	2.7	2.7	0 – 10	0 - 10	SI
No. 8	0.1	0.1	0.2	0.1	0 - 5	0 - 5	SI

Fuente: Propia.

Peso volumétrico. Se realizaron nueve ensayos a la muestra en estudio para la determinación tanto del peso volumétrico suelto y varillado (ver **Tabla No. 34**).

Tabla No. 34 Resultados del ensayo de peso volumétrico suelto y varillado, grava TMN 1" para la empresa A.

No. ENSAYO	PESO VOLUMÉTRICO SUELTO PROMEDIO Kg/m ³	PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO Kg/m ³	REQUERIMIENTO Kg/m ³	CUMPLIMIENTO SI / NO
1	1390	1450	1200 - 1750	SI
2	1410	1420		SI
3	1380	1440		SI
4	1340	1440		SI
5	1370	1460		SI
6	1350	1440		SI
7	1390	1480		SI
8	1360	1470		SI
9	1350	1440		SI
PROMEDIO	1370	1450		SI

Fuente: Propia.

Grava TMN 3/4".

Ensayo Granulométrico. Para este tamaño, se realizaron tres ensayos a cada muestra de agregados por cada empresa, para la determinación de la distribución de las partículas por su tamaño, siendo comparadas con los rangos establecidos para la granulometría No.67 según norma ASTM C33. En la **Tabla No. 35** se muestran los resultados obtenidos para la empresa A y empresa B.

Tabla No. 35 Resultados de ensayos granulométrico, para grava TMN 3/4".

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA			PROMEDIO	REQUERIMIENTO ASTM C 33, No 67 %	CUMPLIMIENTO SI / NO
	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3			
EMPRESA A						
1"	100	100	100	100	100	SI
3/4"	99.4	99.5	99.3	99.4	90 - 100	SI
3/8"	33.1	33.3	32.8	33.1	20 – 55	SI
No. 4	0.5	0.6	0.7	0.6	0 - 10	SI
No. 8	0.1	0.1	0.1	0.1	0 - 5	SI
EMPRESA B						
1"	100	100	100	100	100	SI
3/4"	99.4	99.7	99.6	99.6	90 - 100	SI
1/2"	36.9	34.0	36.0	35.6	20 – 55	-
3/8"	7.7	7.0	7.6	7.4	0 - 10	SI
No. 4	0.5	0.5	0.4	0.5	0 - 5	SI

Fuente: Propia.

Peso volumétrico. Nueve ensayos fueron realizados para cada material, en la **Tabla No. 36** se presentan los resultados para los pesos volumétrico suelto y varillado para las empresas A y B.

Tabla No. 36 Resultados de peso volumétrico suelto y varillado, grava TMN ¾”.

No. ENSAYO	REQUERIMIENTO Kg/m ³	PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Kg/m ³	CUMPLIMIENTO SI / NO	PESO VLUMÉTRICO VARILLADO Kg/m ³	CUMPLIMIENTO SI / NO
EMPRESA A					
1	1200 - 1750	1310	SI	1470	SI
2		1320		1440	
3		1340		1450	
4		1330		1450	
5		1300		1460	
6		1340		1420	
7		1290		1460	
8		1330		1440	
9		1320		1430	
PROMEDIO		1320		1450	
EMPRESA B					
1	1200 - 1750	1170	NO	1280	SI
2		1190		1290	
3		1120		1260	
4		1200		1250	
5		1180		1290	
6		1130		1270	
7		1170		1280	
8		1190		1270	
9		1160		1230	
PROMEDIO		1170		1270	

Fuente: Propia.

Gravedad específica y absorción. La determinación de la gravedad específica de la grava se realizó únicamente al agregado de TMN ¾” para la empresa A, debido a que ambos materiales provienen de la misma roca madre, por lo que esta propiedad es la misma para ambos materiales; para ello, fueron realizados 6 ensayos. La **Tabla No. 37** contiene los valores de gravedad específica

saturada, seca, aparente y absorción provenientes de los ensayos para ambos proveedores.

Tabla No. 37 Resultados de gravedad específica seca, saturada, aparente y absorción, para la grava TMN ¾" empresa A y empresa B.

PROPIEDAD	ENSAYO						PROMEDIO	REQUERIMIENTO	CUMPLIMIENTO O SI / NO
	1	2	3	4	5	6			
EMPRESA A									
GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA (SSD)	2.56	2.56	2.50	2.50	2.56	2.59	2.54	2.4 – 2.9	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA (OD)	2.52	2.52	2.45	2.46	2.52	2.55	2.51		SI
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	2.62	2.62	2.56	2.56	2.62	2.65	2.61		SI
ABSORCIÓN	1.57	1.59	1.68	1.59	1.57	1.53	1.6	0.2 – 4.0	SI
EMPRESA B									
GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA (SSD)	2.21	2.19	2.25	2.27	2.26	2.26	2.24	2.4 – 2.9	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA (OD)	2.09	2.08	2.10	2.13	2.11	2.10	2.10		-
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	2.37	2.35	2.46	2.46	2.48	2.51	2.44		SI
ABSORCIÓN	5.67	5.53	6.91	6.26	7.07	7.86	6.6	0.2 – 4.0	NO

Fuente: Propia.

Resistencia a la abrasión. Representa la resistencia que ofrece el agregado al desgaste ocasionado por el tráfico, para su determinación fueron realizados tres ensayos por empresa, los resultados de los dos proveedores se muestran en la

Tabla No. 38.

Tabla No. 38 Resultados de la resistencia a la abrasión, grava TMN ¾”.

No. ENSAYO	PÉRDIDA POR DESGASTE %	REQUERIMIENTO PORCENTAJE MÁXIMO %	CUMPLIMIENTO SI / NO
EMPRESA A			
1	22%	50%	SI
2	21%		
3	21%		
PROMEDIO	21%		
EMPRESA B			
1	34%	50%	SI
2	34%		
3	33%		
PROMEDIO	34%		

Fuente: Propia.

Partículas planas y alargadas. Tres ensayos fueron realizados para la determinación del porcentaje de partículas planas y alargadas en la grava de TMN ¾”. Para el caso de la Empresa A esta cuenta con un 2% de partículas planas en cada ensayo ejecutado, contrario a la Empresa B, quien posee un 0% de partículas planas. Ambas gravas de las dos empresas carecen de partículas alargadas y partículas planas y alargadas, cumpliendo todas las empresas con el requisito que establece un porcentaje máximo del 15% para cada característica.

Caras fracturadas. Fueron efectuados tres ensayos para determinar el porcentaje de partículas con caras fracturadas. Los valores resultantes se muestran en la **Tabla No. 39**. Se ha considerado como valor límite el que se

detalla en la Standard Specifications For Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects, para pavimentos de asfalto en caliente, esto debido a que para el concreto no se tienen especificaciones que rijan los valores límites para esta propiedad.

Tabla No. 39 Cuadro de resultados del ensayo de caras fracturadas en la grava TMN $\frac{3}{4}$ ".

No. ENSAYO	PARTÍCULAS CON CARAS FRACTURADAS %	REQUERIMIENTO PORCENTAJE MÍNIMO %	CUMPLIMIENTO SI / NO
EMPRESA A			
1	100%	>75%	SI
2	100%		
3	100%		
EMPRESA B			
1	100%	>75%	SI
2	100%		
3	100%		

Fuente: Propia.

Arena.

Se cuenta con dos muestras de arena natural y dos de arena triturada; ambos tipos de agregado son frecuentemente utilizados en la elaboración de concreto. En esta sección, podrán compararse las características y propiedades de ambos materiales para posteriormente concluir sobre la calidad de los mismos.

Ensayo Granulométrico. Para obtener la distribución de los tamaños de las partículas que forman parte de la arena, se realizaron tres ensayos a cada tipo

de arena. Los resultados logrados para la Empresa A, B y C se muestran en la **Tabla No. 40.**

Tabla No. 40 Resultados de los ensayos granulométricos a las arenas natural y triturada.

TIPO	MALLA	PORCENTAJE QUE PASA			PROMEDIO	REQUERIMIENTO %	CUMPLIMIENTO SI / NO
		ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3			
ARENA NATURAL	EMPRESA A						
	3/8"	100	100	100	100	100	SI
	No.4	96.6	96.1	96.5	96.4	95 – 100	SI
	No.8	86.7	86.2	85.7	86.2	80 – 100	SI
	No. 16	72.1	71.6	71.1	71.6	50 – 85	SI
	No.30	48.8	48.2	47.9	48.3	25 – 60	SI
	No. 50	19.1	23.1	19.0	20.4	5 – 30	SI
	No.100	4.0	3.8	4.1	4.0	0 - 10	SI
	EMPRESA C						
	3/8"	100	100	100	100	100	SI
	No.4	99.9	100.0	100.0	100.0	95 – 100	SI
	No.8	93.5	95.0	94.4	94.3	80 – 100	SI
	No. 16	77.0	78.6	78.5	78.0	50 – 85	SI
	No.30	51.5	52.0	52.2	51.9	25 – 60	SI
No. 50	21.8	21.5	21.7	21.7	5 – 30	SI	
No.100	5.8	5.5	5.6	5.6	0 - 10	SI	
ARENA TRITURADA	EMPRESA A						
	3/8"	100	100	100	100	100	SI
	No.4	93.3	93.7	94.4	93.8	95 – 100	NO
	No.8	66.6	67.5	69.3	67.8	80 – 100	NO
	No. 16	46.6	47.3	49.8	47.9	50 – 85	NO
	No.30	33.6	34.0	36.0	34.5	25 – 60	SI
	No. 50	22.7	23.0	24.5	23.4	5 – 30	SI
	No.100	14.9	15.2	16.1	15.4	0 - 10	NO
	EMPRESA B						
	3/8"	100	100	100	100	100	SI
	No.4	93	93	93	93	95 – 100	NO
	No.8	65	62	65	64	80 – 100	NO
	No. 16	44	42	45	44	50 – 85	NO
	No.30	28	26	29	28	25 – 60	SI
No. 50	17	16	18	17	5 – 30	SI	
No.100	9	10	10	10	0 - 10	SI	

Fuente: Propia.

Módulo de finura. El módulo de finura ha sido obtenido a partir de los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos realizados. Los resultados finales se tienen en la **Tabla No. 41**.

Tabla No. 41 Resultados del módulo de finura.

TIPO	No. ENSAYO	MÓDULO DE FINURA	REQUERIMIENTO	CUMPLIMIENTO SI / NO
ARENA NATURAL	EMPRESA A			
	1	2.7	2.3 – 3.1	SI
	2	2.7		SI
	3	2.8		SI
	PROMEDIO	2.7		SI
	EMPRESA C			
	1	2.5	2.3 – 3.1	SI
	2	2.5		SI
3	2.5	SI		
PROMEDIO	2.5	SI		
ARENA TRITURADA	EMPRESA A			
	1	3.2	2.3 – 3.1	NO
	2	3.2		NO
	3	3.1		SI
	PROMEDIO	3.2		NO
	EMPRESA B			
	1	3.4	2.3 – 3.1	NO
	2	3.5		NO
3	3.4	NO		
PROMEDIO	3.4	NO		

Fuente: Propia.

Gravedad específica y absorción. En la **Tabla No. 42** se muestran los resultados de gravedad específica y absorción para las arenas de las tres empresas evaluadas. La norma ASTM C33 de especificaciones para agregados para concreto, no establece requisitos para la absorción; sin embargo, en el país se establece comúnmente un valor máximo del 6% de absorción para agregado fino, así como se cita en “Fundamentos de tecnología del concreto”, ISCYC (2006).

Tabla No. 42 Resultados de gravedad específica y absorción del agregado fino.

TIPO	PROPIEDAD	ENSAYO						PROM.	REQUERIMIENTO	CUMPLIMIENTO SI / NO	
		1	2	3	4	5	6				
ARENA NATURAL	EMPRESA A										
	GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA (SSD)	2.49	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.47	2.4 – 2.9	-	
	GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA (OD)	2.41	2.38	2.39	2.39	2.40	2.39	2.39		-	
	GRAVEDAD ESPECÍFICA APRENTE	2.62	2.58	2.57	2.57	2.57	2.57	2.58		SI	
	ABSORCIÓN	3.24	3.21	2.85	2.88	2.81	2.87	3.0	<6%	SI	
	EMPRESA C										
	GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA (SSD)	2.54	2.57	2.55	2.54	2.54	2.56	2.55	2.4 – 2.9	-	
	GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA (OD)	2.42	2.46	2.43	2.42	2.42	2.44	2.43		-	
	GRAVEDAD ESPECÍFICA APRENTE	2.74	2.79	2.76	2.74	2.74	2.77	2.76		SI	
	ABSORCIÓN	4.82	4.87	4.80	4.82	4.81	4.85	4.8	<6%	SI	
	ARENA TRITURADA	EMPRESA A									
		GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA (SSD)	2.57	2.54	2.56	2.57	2.56	2.55	2.56	2.4 – 2.9	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA (OD)		2.54	2.50	2.52	2.54	2.53	2.52	2.53	-		
GRAVEDAD ESPECÍFICA APRENTE		2.63	2.62	2.61	2.62	2.61	2.60	2.61	SI		
ABSORCIÓN		1.23	1.78	1.34	1.12	1.32	1.31	1.3	<6%	SI	
EMPRESA B											
GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA (SSD)		2.24	2.24	2.24	2.25	2.25	2.24	2.24	2.4 – 2.9	-	
GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA (OD)		2.05	2.04	2.04	2.05	2.05	2.04	2.05		-	
GRAVEDAD ESPECÍFICA APRENTE		2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54		SI	
ABSORCIÓN		9.26	9.54	9.60	9.35	9.35	9.63	9.5	<6%	NO	

Fuente: Propia.

Peso volumétrico. El peso volumétrico suelto fue obtenido de 12 ensayos por empresa; los resultados se muestran en la **Tabla No. 43**.

Tabla No. 43. Resultados del peso volumétrico suelto de las arenas natural y triturada.

TIPO	No. ENSAYO	PESO VOLUMÉTRICO SUELTO	REQUERIMIENTO kg/m ³	CUMPLIMIENTO SI / NO
ARENA NATURAL	EMPRESA A			
	1	1440	1200 – 1750	SI
	2	1430		
	3	1430		
	4	1420		
	5	1430		
	6	1430		
	7	1440		
	8	1440		
	9	1440		
	10	1430		
	11	1430		
	12	1430		
	PROMEDIO	1430		
ARENA NATURAL	EMPRESA C			
	1	1290	1200 – 1750	SI
	2	1300		
	3	1290		
	4	1290		
	5	1310		
	6	1290		
	7	1300		
	8	1290		
	9	1310		
	10	1280		
	11	1280		
	12	1300		
	PROMEDIO	1290		
ARENA TRITURADA	EMPRESA A			
	1	1670	1200 – 1750	SI
	2	1670		
	3	1680		
	4	1660		
	5	1670		
	6	1660		
	7	1670		
	8	1660		
	9	1670		
	10	1670		
	11	1660		
12	1670			

	PROMEDIO	1670		
	EMPRESA B			
	1	1240	1200 – 1750	SI
	2	1240		
	3	1300		
	4	1260		
	5	1260		
	6	1260		
	7	1250		
	8	1250		
	9	1260		
	10	1250		
	11	1250		
	12	1260		
	PROMEDIO	1260		

Fuente: Propia.

Material más fino que la malla No. 200. Indica el porcentaje de finos que contiene la arena, para esta investigación se han realizado tres ensayos para cada tipo de arena los valores resultantes se tienen en la **Tabla No. 44**.

Tabla No. 44. Resultados del porcentaje de material que pasa la malla No. 200.

TIPO	No. ENSAYO	PASA LA MALLA No. 200 %	REQUERIMIENTO MÁXIMO	CUMPLIMIENTO SI / NO
ARENA NATURAL	EMPRESA A			
	1	10.1	5%	NO
	2	8.8		NO
	3	9.3		NO
	PROMEDIO	9.4		NO
	EMPRESA C			
	1	3.0	5%	SI
	2	3.0		SI
	3	3.0		SI
	PROMEDIO	3.0		SI
ARENA TRITURADA	EMPRESA A			
	1	8.0	7%	NO
	2	8.3		NO
	3	8.3		NO
	PROMEDIO	8.2		NO
	EMPRESA B			
	1	12.1	7%	NO
	2	14.1		NO
	3	13.3		NO
	PROMEDIO	13.2		NO

Fuente: Propia.

Impurezas orgánicas. Esta característica fue determinada realizando 5 ensayos a cada proveedor, siendo el color estándar el No. 3 (ver **Figura No. 27**) de la carta de colores, se tienen las siguientes fotografías para la verificación del color resultante para cada muestra (**ver Tabla No. 45**).



Figura No. 27 Carta de colores para determinación de impurezas inorgánicas en la arena.

Fuente: Propia.

Tabla No. 45. Resultados del porcentaje de material que pasa la malla No. 200.

TIPO	No.	COLORIMETRÍA	CUMPLIMIENTO SI / NO	No.	COLORIMETRÍA	CUMPLIMIENTO SI / NO
ARENA NATURAL	EMPRESA A					
	1		Color No 2, de la carta de colores.	2		Color No 2, de la carta de colores.
	3		Color No 2, de la carta de colores.	4		Color No 2, de la carta de colores.
	5		Color No 2, de la carta de colores.	Comentarios: Arena natural Empresa A, presenta coloración No. 2. Todas las muestras cumplen con especificación.		
	EMPRESA C					
	1		Color No 1, de la carta de colores.	2		Color No 1, de la carta de colores.

	3		Color No 1, de la carta de colores.	4		Color No 1, de la carta de colores.
	5		Color No 1, de la carta de colores.	Comentarios: Arena natural Empresa C, presenta coloración No. 1. Todas las muestras cumplen con especificación.		
EMPRESA A						
ARENA TRITURADA	1		Sin Coloración.	2		Sin Coloración.
	3		Sin Coloración.	4		Sin Coloración.
	5		Sin Coloración.	Comentarios: Arena triturada Empresa A, más claro que coloración No. 1. Todas las muestras cumplen con especificación.		
EMPRESA B						

1		Sin Coloración.	2		Sin Coloración.
3		Sin Coloración.	4		Sin Coloración.
5		Sin Coloración.	Comentarios: Arena triturada Empresa B, más claro que coloración No. 1. Todas las muestras cumplen con especificación.		

Fuente: Propia.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Los agregados pétreos en estudio se han dividido en dos categorías, agregado grueso y agregado fino, para ambos se realiza el análisis de los resultados, y el grado de cumplimiento con base a las especificaciones ASTM C 33 y documentación relacionada, por lo que a continuación se presenta el análisis para estos materiales:

Análisis granulométrico.

Grava.

En la **Figura No. 28**, se muestra la superposición de los gráficos de granulometría para la grava TMN 1", así como los límites permisibles tomados de la norma de especificación ASTM C33.

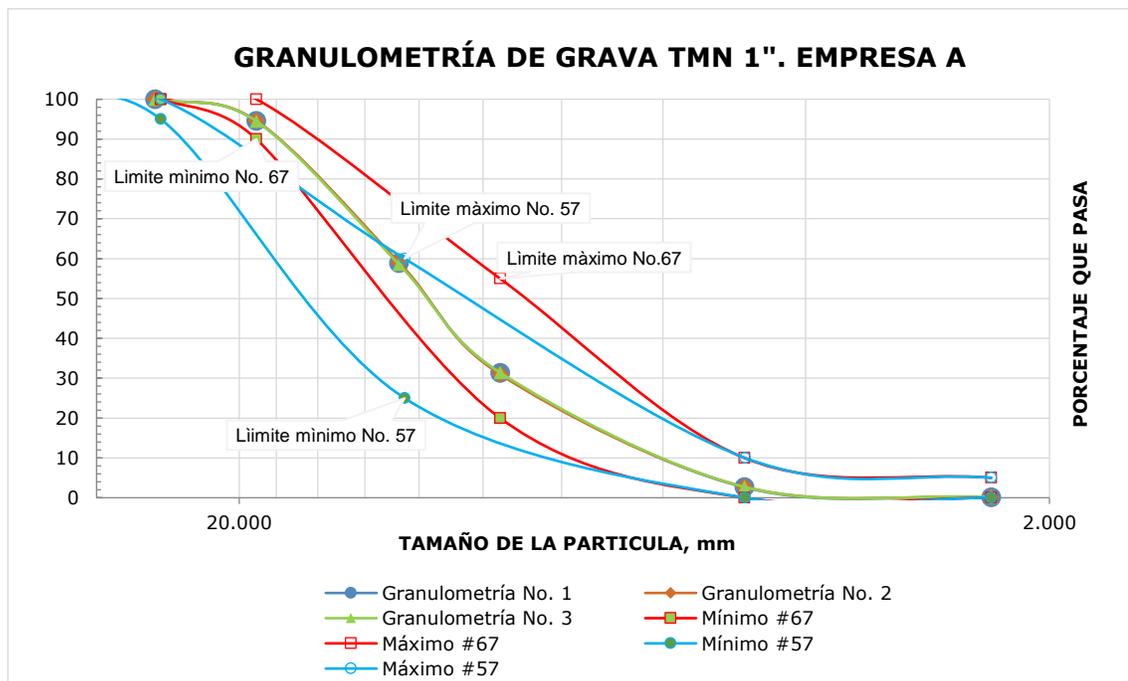


Figura No. 28 Gráfico de granulometrías grava TMN 1".

Fuente: Propia.

Las **Figuras No. 29** y **No. 30** representa los resultados de las granulometrías efectuadas a la grava TMN $\frac{3}{4}$ " de la Empresa A y empresa B respectivamente; así mismo, refleja los límites que admite la norma de especificación ASTM C33.

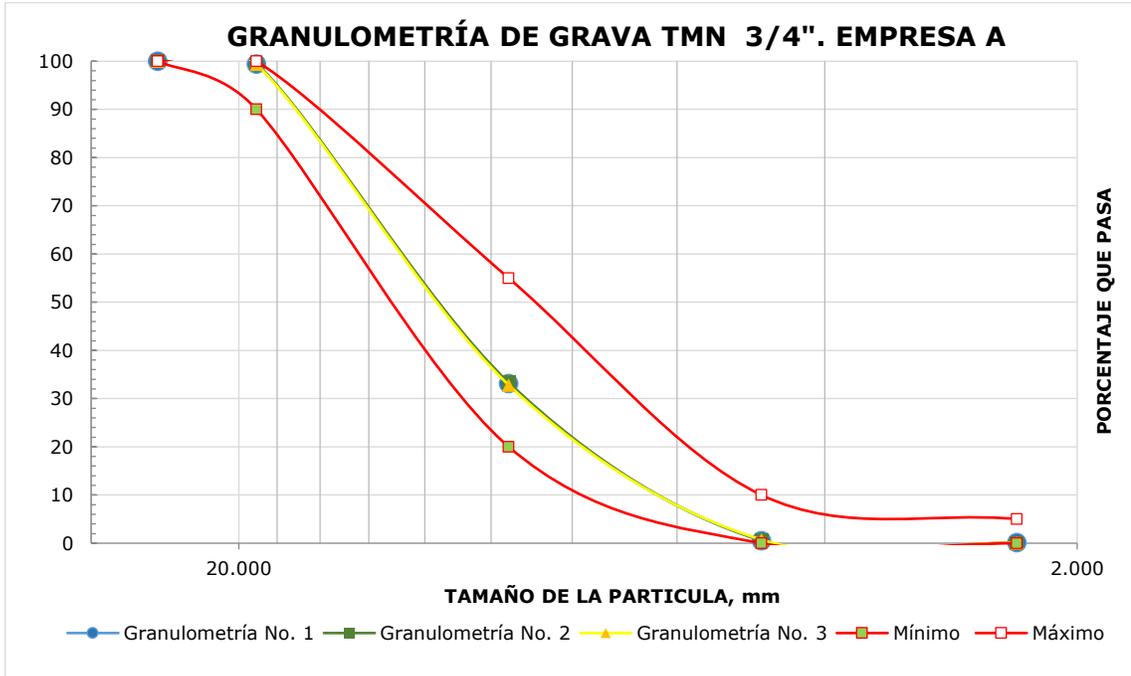


Figura No. 29 Gráfico de granulometría, grava TMN 3/4", empresa A.
Fuente: Propia.

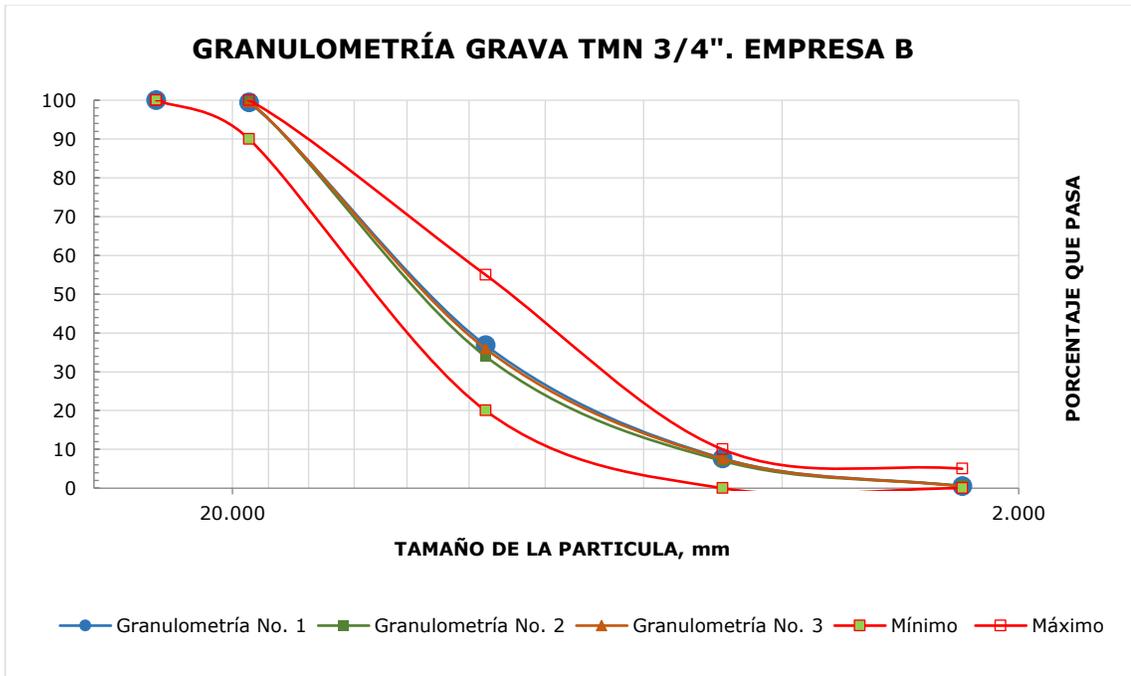


Figura No. 30 Gráfico de granulometría, grava TMN 3/4", empresa B.
Fuente: Propia.

Empresa A: proporcionó grava con dos tamaños, para la primera grava designada como TMN 1", se puede observar en la **Figura No. 28** que existe cumplimiento con ambos límites, sin embargo, los ensayos granulométricos se adaptan mejor a los límites correspondientes al tamaño No. 67, (la curva granulométrica se encuentra en el centro de estos), por lo que se determina que el Tamaño máximo y máximo nominal para este material es de 1" y ¾" respectivamente; además se determina que es un material bien graduado.

Es importante mencionar que no existe correspondencia entre el TMN que la empresa establece y el resultante de este análisis.

Para la empresa A y B, la grava TM 1" y TMN ¾" se observa que cumple con los requisitos del tamaño de granulometría No. 67 para la cual resulta una grava bien graduada.

Arena.

A partir de los datos obtenidos, se generan las gráficas de tendencia de la distribución del tamaño de las partículas, trazando los límites máximos y mínimos permisibles que indica la norma de especificación ASTM C33, tal como se muestra en las **Figuras No. 31 y No. 32**, que corresponden a la arena natural y las **Figuras No. 33 y No. 34** a la arena triturada.

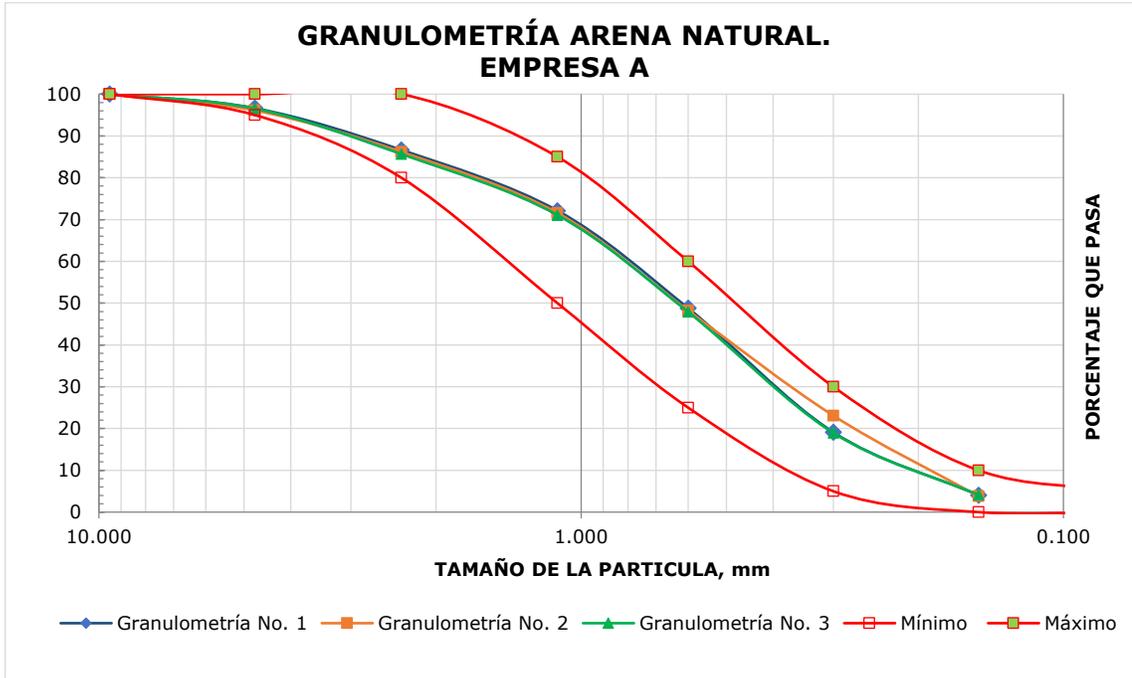


Figura No. 31 Curvas granulométricas de arena natural, Empresa A.
Fuente: Propia.

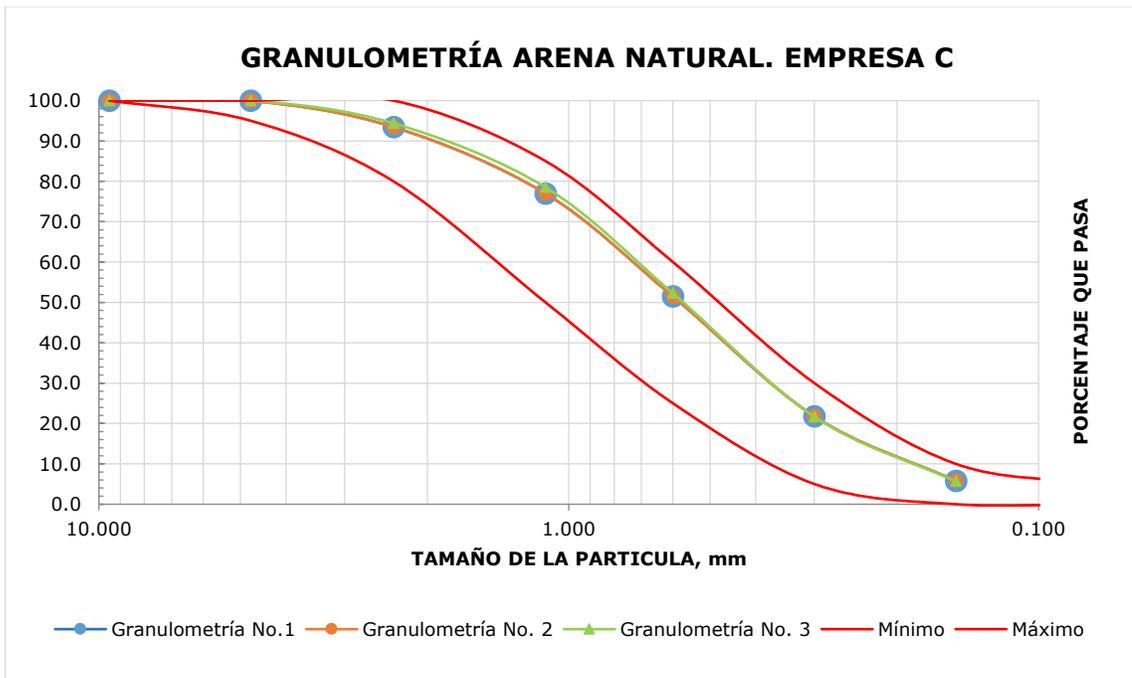


Figura No. 32 Curvas granulométricas de arena natural, Empresa C.
Fuente: Propia.

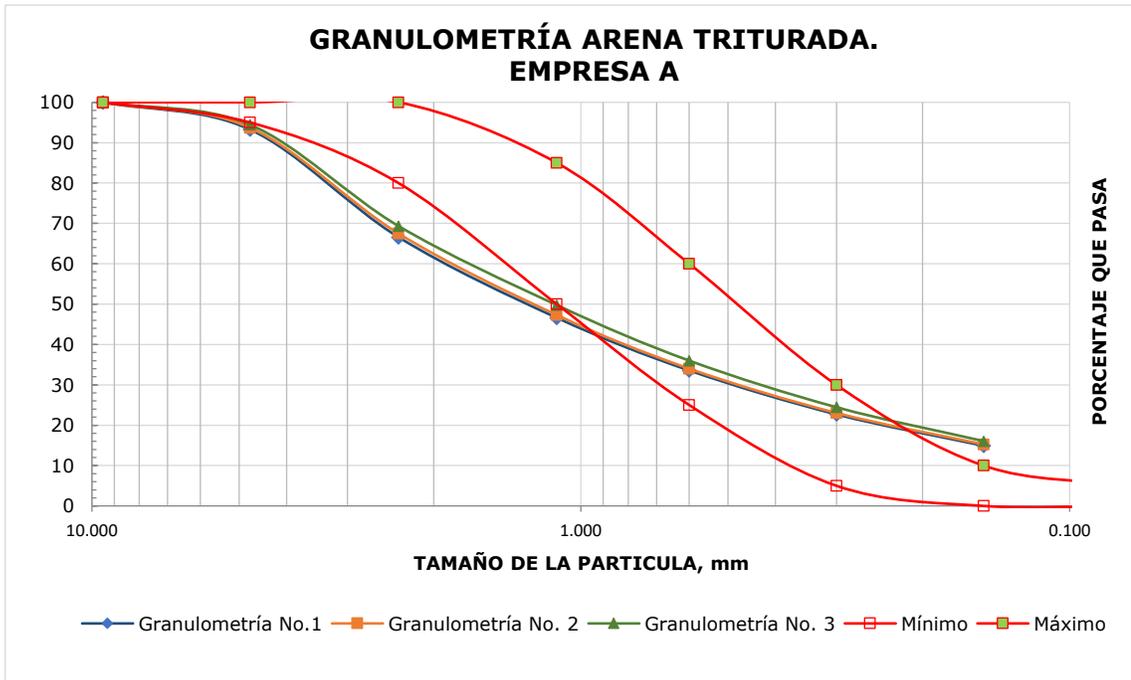


Figura No. 33 Curvas granulométricas de arena triturada, Empresa A.
Fuente: Propia.

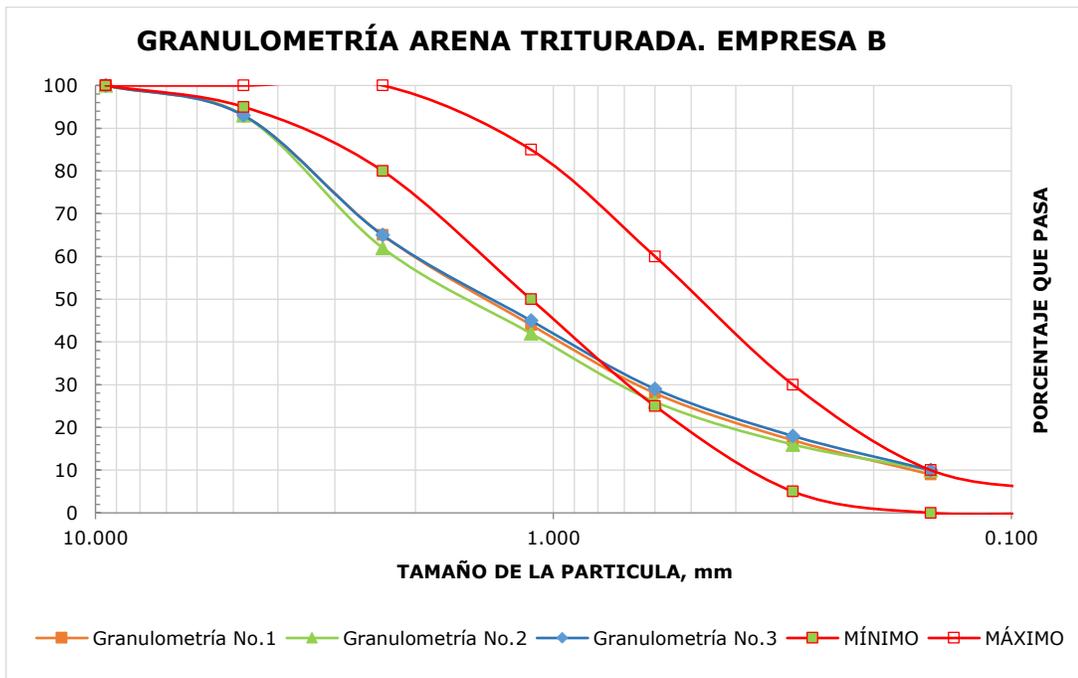


Figura No. 34 Curvas granulométricas de arena triturada, Empresa B.
Fuente: Propia.

En la **figura No. 35** se tiene la representación gráfica de los resultados obtenidos para el módulo de finura de la arena natural y arena triturada.

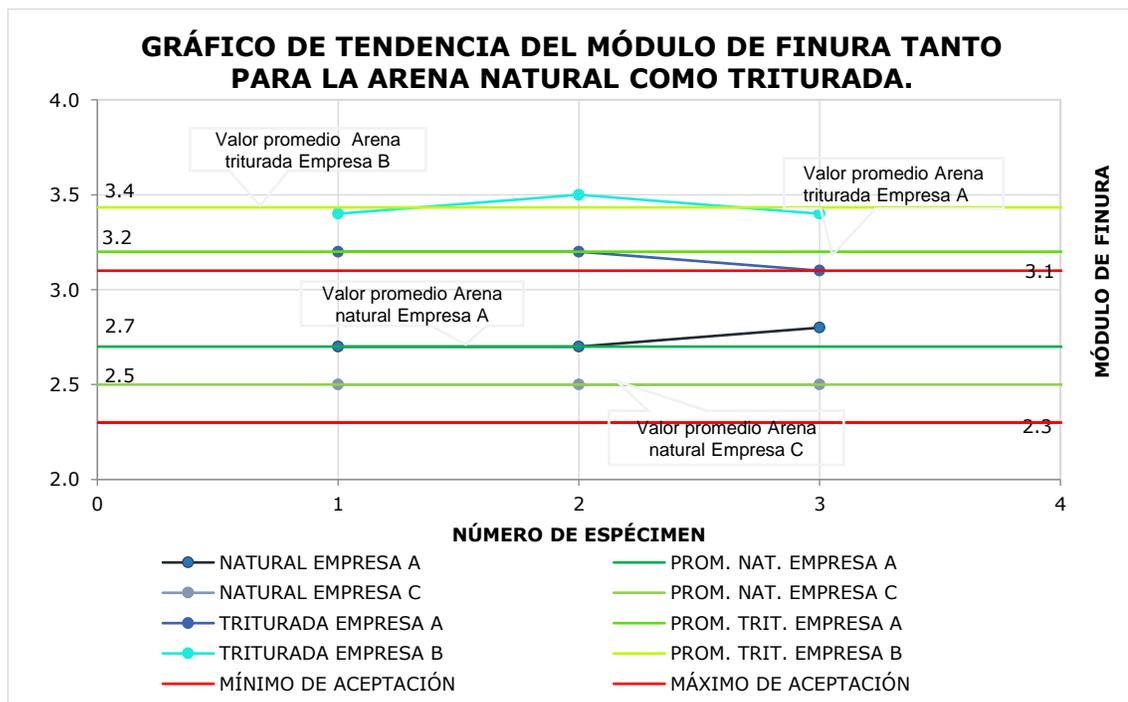


Figura No. 35 Módulo de finura de la arena natural y triturada.
Fuente: Propia.

En cuanto a la arena natural, ambas empresas (Empresa A y Empresa C) comercializan arena natural que cumple con los límites granulométricos establecidos por la norma ASTM C33, con un módulo de finura de **2.7** y **2.5** respectivamente, que se encuentran dentro del rango permitido, por lo que se constata que estas se clasifican como arenas de tamaño medio. Mientras que la arena triturada para las empresas A y B, retiene más material de lo especificado en las mallas No. 4, 8 y 16; el módulo de es de **3.2** y **3.4** para la empresa A y B respectivamente, con módulos de finura mayores al límite superior (3.1), que

establecen los requisitos para arena para ser utilizada en concreto, con lo que se comprueba que las arenas son gruesas.

Se determina que la arena natural es una arena bien graduada contrario a la arena triturada la cual se define como una arena gruesa, mal graduada.

Pesos volumétricos.

Grava.

En las **Figuras No. 36** y **No. 37** se muestran los resultados del peso volumétrico suelto y varillado, el promedio y los límites de aceptación que se exigen para esta propiedad para las gravas TMN 1" y TMN 3/4" de la empresa A.

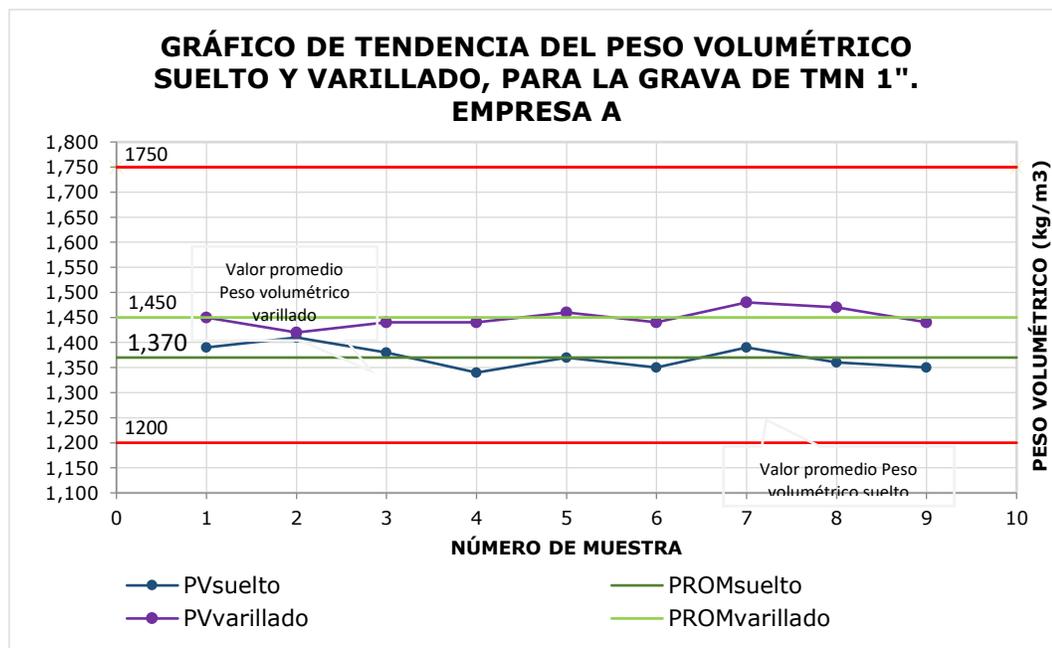


Figura No. 36 Gráfico de peso volumétrico y varillado de la grava de TMN 1", Empresa A.

Fuente: Propia.

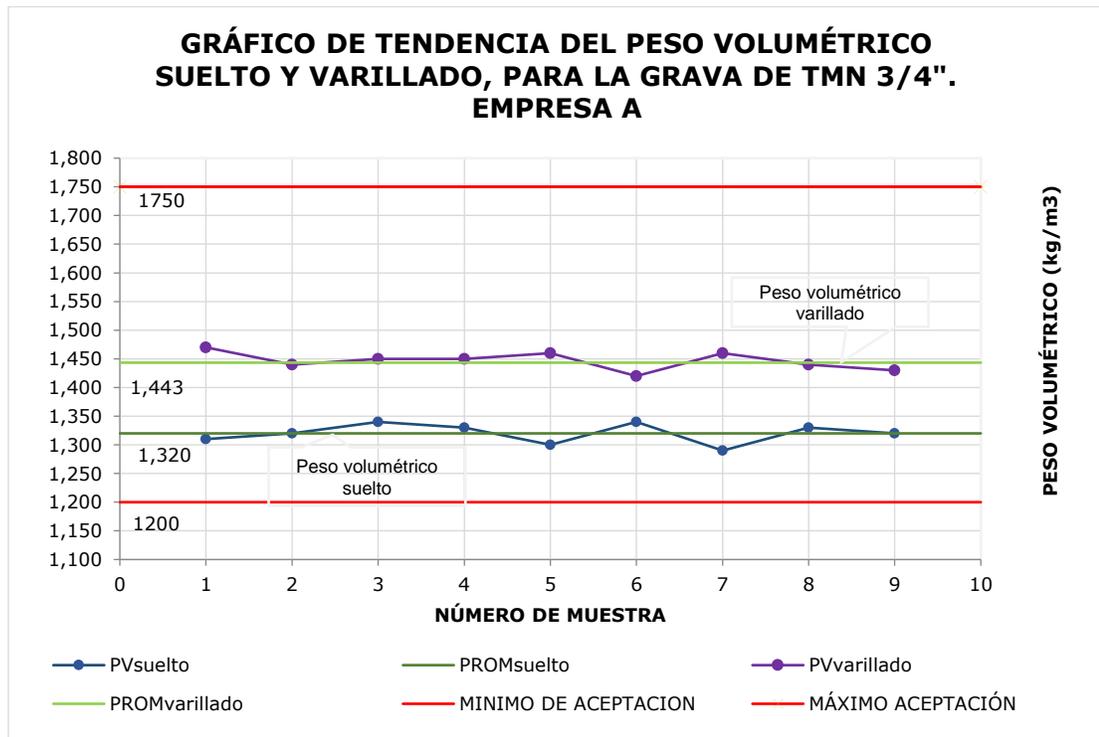


Figura No. 37 Gráfico de peso volumétrico suelto y varillado de la grava de TMN 3/4", Empresa A.
Fuente: Propia.

Empresa A. Los valores promedios del peso volumétrico suelto y varillado para la grava TMN 1" son de **1370 kg/m³** y **1450 kg/m³** respectivamente. Mientras que para la grava TMN ¾" se tiene resultados de **1320 kg/m³** y **1450 kg/m³**, cumpliendo con los valores que tiene el agregado para concreto de peso normal.

La **Figura No. 38** muestra los resultados del peso volumétrico suelto y varillado de la grava TMN ¾" así como el rango de variación aceptable para la empresa B.

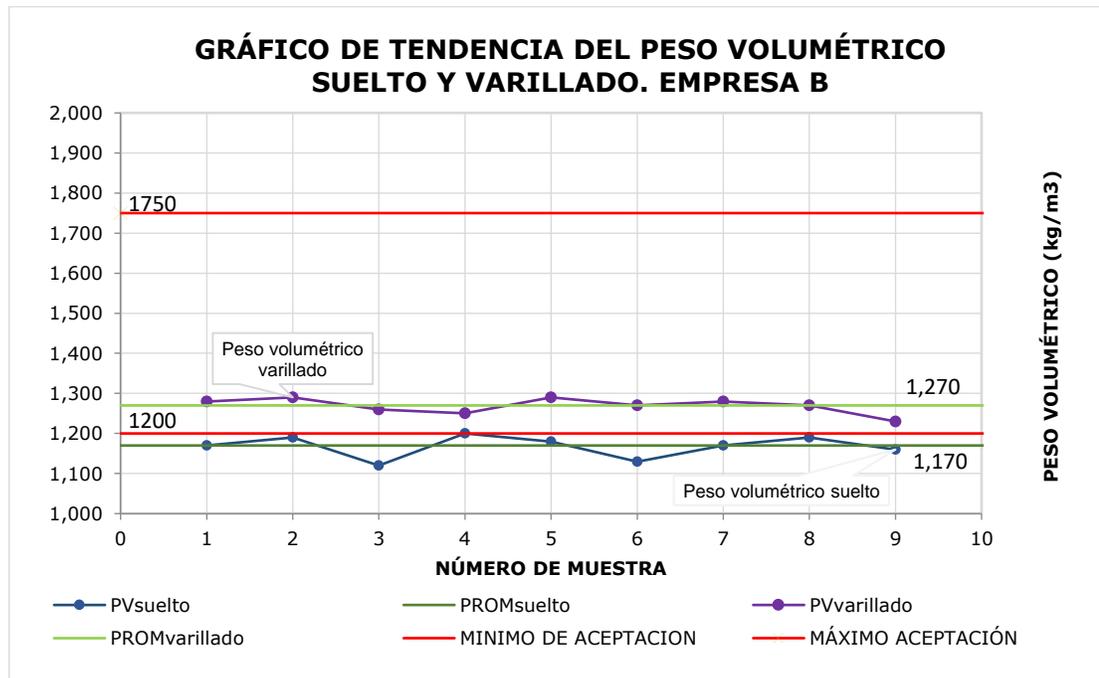


Figura No. 38 Gráfico del peso volumétrico suelto y varillado, grava TMN 3/4", Empresa B.
Fuente: Propia.

Empresa B. Los pesos volumétricos sueltos y varillados promedios son de **1170 kg/m³** y **1270 kg/m³** respectivamente, encontrándose dentro del rango en el que varía el agregado para concreto de peso normal.

Arena.

La población de resultados del peso volumétrico suelto de la arena se muestra en la **Figura No. 39**.

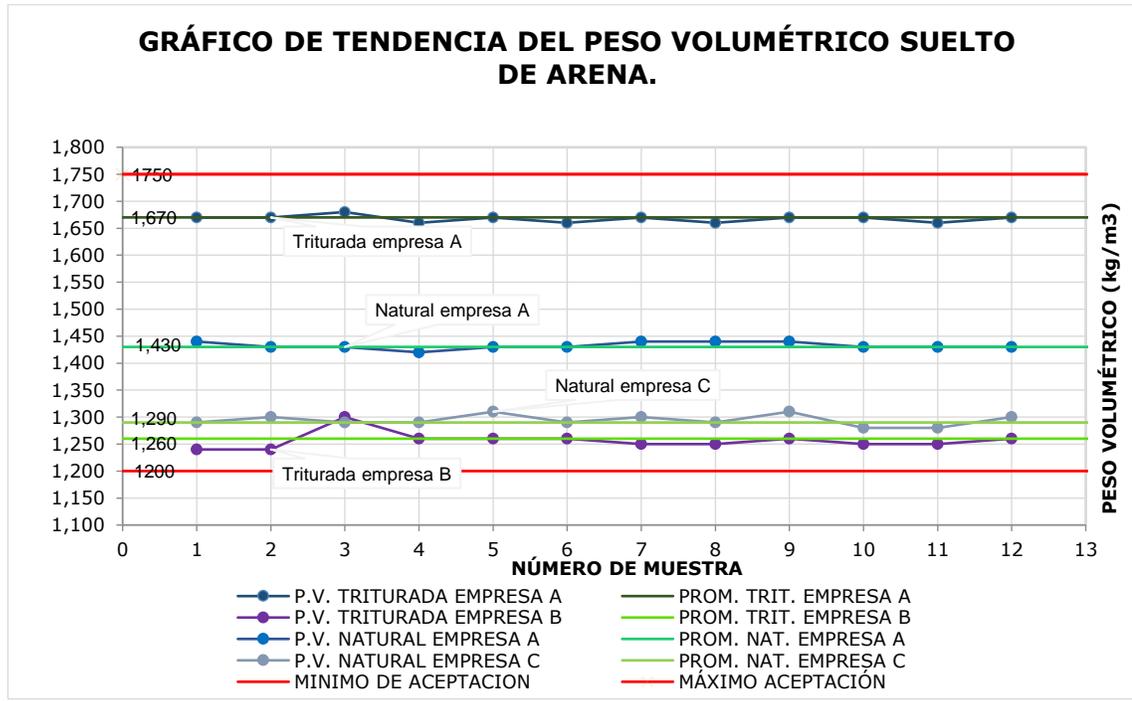


Figura No. 39 Peso volumétrico suelto de la arena natural y triturada.
Fuente: Propia.

Para la arena natural de la empresa A y empresa C, se obtuvieron resultados promedios para el peso volumétrico suelto de **1430 kg/m³** y **1290 kg/m³** respectivamente, mientras que para la arena triturada se tiene **1670 kg/m³** y **1260 kg/m³**, todos estos valores se encuentran dentro del rango permitido para agregados a ser usados en concreto de peso normal (1200 kg/m³ – 1700 kg/m³).

Gravedad específica y absorción.

Grava.

Las **Figuras No. 40** y **No. 41** reflejan los valores de la gravedad específica seca, saturada y aparente de ambas empresas; de la misma forma se presentan los resultados de la variación de la absorción en la **Figura No. 42**; además, el promedio y rango de variación tolerable.

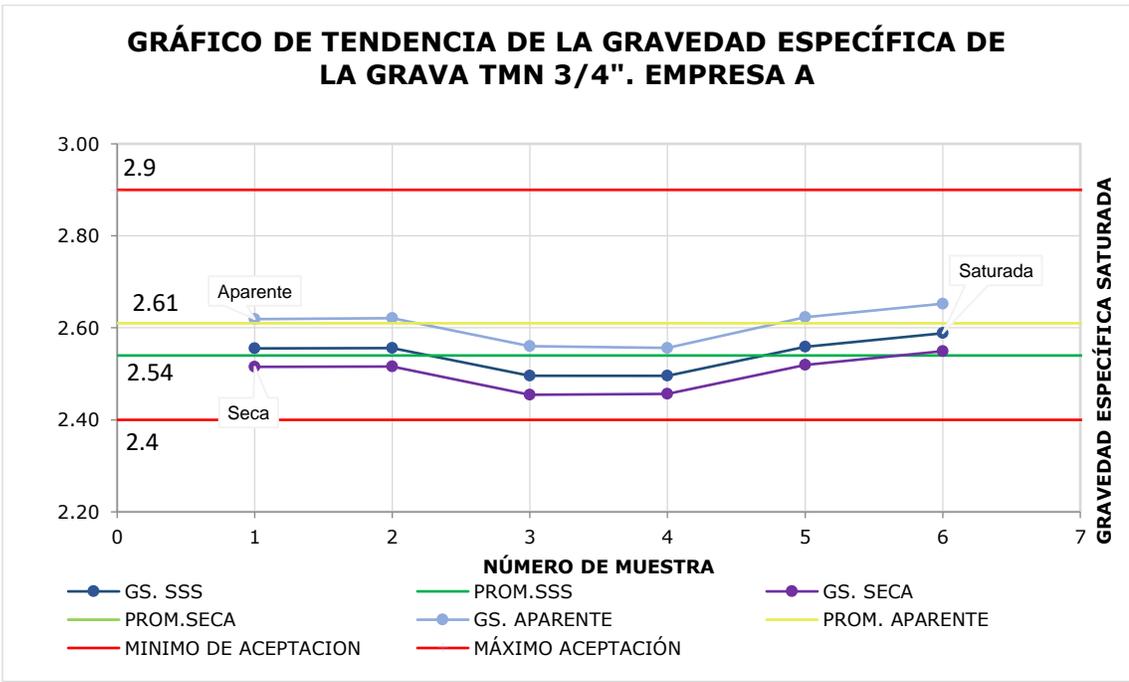


Figura No. 40 Gravedad específica saturada, seca y aparente. Grava TMN 3/4", Empresa A.
Fuente: Propia.

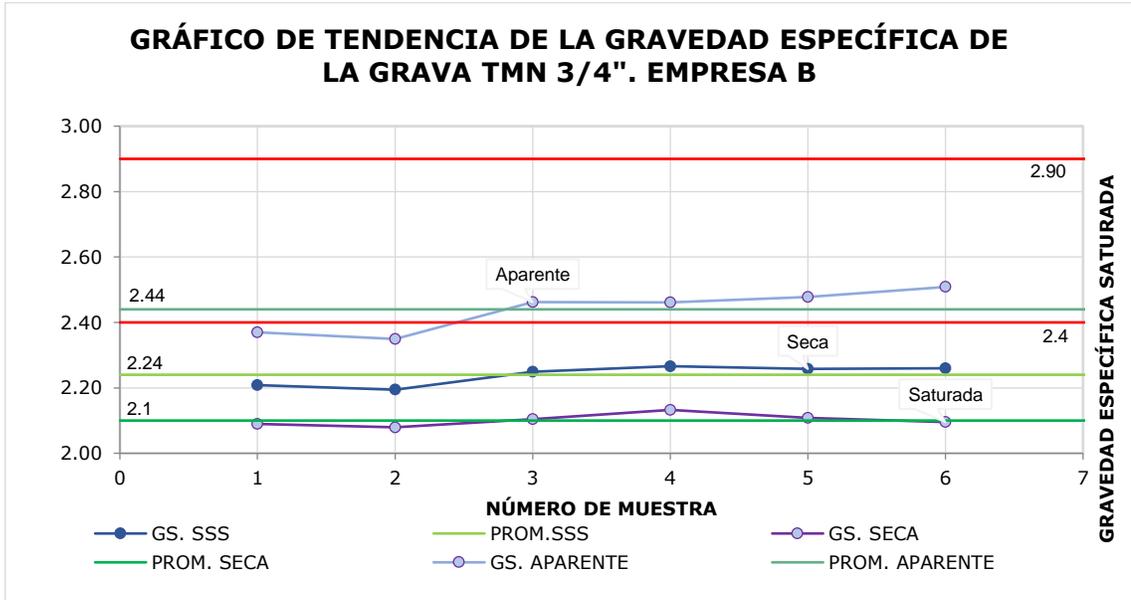


Figura No. 41 Gravedad específica saturada, seca, y aparente. Grava TMN 3/4", Empresa B.
Fuente: Propia.

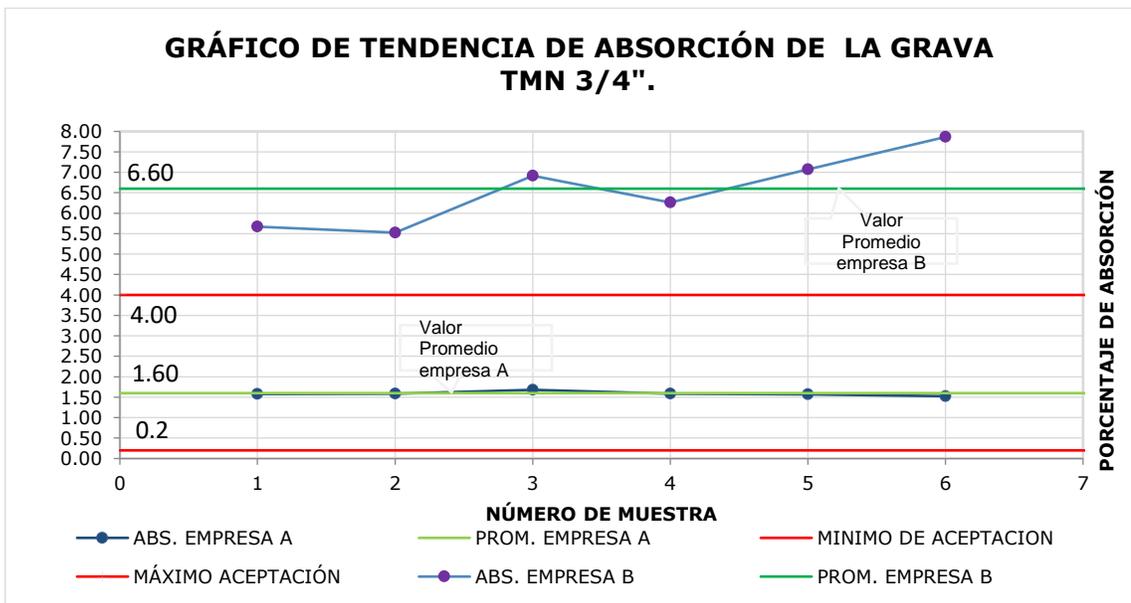


Figura No. 42 Gráfico de absorción empresa A y empresa B, grava TMN 3/4".
Fuente: Propia.

La propiedad que se compara con especificación es la gravedad específica aparente, la cual tiene valores promedios de **2.61** y **2.44** para la grava de la empresa A y B respectivamente, los cuales se encuentran dentro del rango requerido para agregados de peso normal, que se usan en concreto de peso normal (entre 2.4 y 2.9). La absorción promedio presenta valores de **1.6%** para la empresa A, encontrándose dentro del rango permitido (0.2 – 4.0%). La absorción de la grava de la empresa B tiene un valor alto **6.6%** como valor promedio, debido a su origen geológico presenta muchos poros, lo que hace que esta no se encuentre dentro de los valores requeridos para agregados para concreto.

Arena.

La arena natural dio como resultado una gravedad específica aparente promedio de **2.58** y **2.76** para la empresa A y C respectivamente, encontrándose dentro de los límites establecidos para el agregado fino (2.4 – 2.9). En cuanto a la absorción promedio se obtuvieron valores de **3.0%** para la empresa A y **4.8%** para la C, siendo ambos resultados menores al 6%.

La arena triturada de la empresa A tiene una gravedad específica aparente promedio de **2.61**, mientras que la empresa B obtuvo un valor de **2.54**, los dos materiales cumplen con los requisitos para arenas utilizadas en concreto de peso normal, las absorciones promedio fueron de **1.3%** y **9.5%** para la empresa A y

B respectivamente. La empresa A posee un porcentaje de absorción menor al 6%, sin embargo, la empresa B tiene una absorción mayor al valor máximo requerido.

Resistencia al desgaste.

Grava.

La empresa A produce agregados gruesos con un porcentaje de resistencia a la abrasión promedio de **21%**, mientras que a empresa B presenta un valor de **34%**; ambas canteras cumplen con el requisito de calidad estipulado en la norma ASTM C33, que indica que el porcentaje de desgaste debe ser menor al **50%**, por lo que es posible calificar a ambos agregados como resistentes a la abrasión.

Forma del agregado.

Grava.

El material triturado de la empresa A cuenta con el **2%** de partículas planas, y no posee partículas alargadas ni planas y alargadas, este posee un porcentaje menor al **15%** que es el valor máximo permitido indicado por documentación técnica.

El pétreo comercializado por la empresa B no contiene partículas planas, alargadas ni partículas planas y alargadas.

Para ambos agregados se determina que presentan formas apropiadas para ser utilizados en mezclas de concreto.

Angulosidad del agregado.

Grava.

Las dos canteras (empresa A y empresa B) generan material con un **100%** de partículas con caras fracturadas, por tanto, se puede considerar como materiales con una buena angulosidad.

Material más fino que la malla No. 200.

Arena.

Para las arenas naturales el requisito máximo de porcentaje de material pasante de la malla No. 200 es del **5%**, en el caso de la empresa A, distribuye un material con un porcentaje de finos promedio de **9.4%** excediendo lo permitido por las especificaciones. La empresa C cuenta con arena natural que posee un **3.0%** como valor promedio, encontrándose debajo del máximo permitido.

En el caso de las arenas trituradas, la empresa A cuenta con arena que tiene un porcentaje promedio de material pasante de la malla No. 200 de **8.2%** y la empresa B del **13.2%**, ambas superando el valor máximo permitido que es del **7%** para arenas trituradas, esto es debido a que contienen un exceso de material fino producto de la trituración del material, por tanto, las arenas trituradas de las

empresas A y B, así como la arena natural de la empresa A tienen un exceso de finos.

Contenido de material orgánico.

Arena.

La arena natural de la empresa A tiene una coloración No. 2, mientras que la arena natural de la empresa C, tiene una coloración correspondiente al No.1; ambas se encuentran por debajo del límite establecido en la norma de especificación ASTM C33, donde se establece el color No.3 como color estándar.

En cuanto a las arenas trituradas producidas por las empresas A y B, ninguna posee ningún tipo de coloración, es por ello que es posible determinar la inexistencia de material orgánico en las arenas trituradas, por lo que son consideradas adecuadas para la elaboración de mezclas de concreto.

Evaluación del grado de cumplimiento con los requisitos establecidos

Para determinar cumplimiento general de los requisitos evaluados para cada empresa, se toman en cuenta todos los resultados producto de la evaluación por material, para obtener el porcentaje de cumplimiento por propiedad evaluada. Ver

Tabla No. 46.

Tabla No. 46. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de calidad del agregado pétreo.

CARACTERÍSTICA/PROPIEDAD	EMPRESA A			EMPRESA B		EMPRESA C ARENA NATURAL
	GRAVA	ARENA NATURAL	ARENA TRITURADA	GRAVA	ARENA TRITURADA	
Granulometría	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple
Peso volumétrico suelto	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple	Cumple
Peso volumétrico varillado	Cumple	-	-	Cumple	-	-
Gravedad específica aparente	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Absorción	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple
Resistencia al desgaste	Cumple	-	-	Cumple	-	-
Forma del agregado	Cumple	-	-	Cumple	-	-
Angulosidad del agregado	Cumple	-	-	Cumple	-	-
Módulo de finura	-	Cumple	No cumple	-	No cumple	Cumple
Material más fino que la malla No. 200	-	No cumple	No cumple	-	No cumple	Cumple
Contenido de impurezas orgánicas	-	Cumple	Cumple	-	Cumple	Cumple
Porcentaje de cumplimiento general	(8/8) 100%	(6/7) 86%	(4/7) 57%	(6/8) 75%	(3/7) 43%	(7/7) 100%

Fuente: Propia

A partir del análisis presentado se puede decir lo siguiente:

La empresa A cumple en un **100%** con los requisitos de calidad evaluados para la grava (8/8). Para la arena natural tiene un **86%** de cumplimiento de los criterios (6/7), destacando incumplimiento en el material más fino que la malla No 200.

Para la arena triturada tiene un **57%** de cumplimiento de los criterios evaluados (4/7), destacando incumplimiento en granulometría, módulo de finura y el material más fino que la malla No 200.

En cuanto a la empresa B, para la grava presenta un **75%** de cumplimiento, sin satisfacer las propiedades siguientes: peso volumétrico suelto (6/8).

Para la arena triturada cuenta con un **43%** destacándose el incumplimiento en las siguientes características: granulometría, absorción, módulo de finura y el material más fino que la malla No 200 (3/7).

La empresa C cumple con un **100%** los requisitos de calidad en investigación (7/7).

4.1.2 MORTERO PRE DOSIFICADO.

Para evaluar el grado de calidad de este tipo de material, solo se evaluó un requisito, por la limitante en el equipo disponible para evaluar otras propiedades, se seleccionaron dos empresas, denominadas “Empresa A” y “Empresa B”, cuyos análisis de resultados se muestra a continuación:

Para cada empresa se elaboraron seis especímenes para ser ensayados a la edad de 7 días y doce a 28 días; siguiendo las instrucciones de elaboración del fabricante y la relación agua: mortero predosificado, que estos indican.

La propiedad en investigación, su correspondiente norma de especificación y el requerimiento que deben cumplir, se presentan en la **Tabla No. 47**.

Tabla No. 47. Requisito de cumplimiento para el mortero pre-dosificado según norma ASTM C270.

PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	TIPO	REQUERIMIENTO
Resistencia a la compresión	ASTM C270	M	17.2 MPa
		N	5.2 MPa ¹⁵

Fuente: Propia.

¹⁵ Solo se especifican los morteros tipo M y N dado que son los tipos de morteros que producen las empresas evaluadas.

Presentación de resultados.

Empresa A. El fabricante ofrece un producto que cumple con una resistencia a la compresión de un mortero tipo N (5.2 MPa). La relación indicada agua: mortero predosificado, en el empaque, es de 1:4.

La norma de especificación ASTM C270, no ofrece requisito mínimo de resistencia a la edad de 7 días, es por ello que la **Figura No. 52** únicamente detalla los resultados a 28 días. En la **Tabla No. 48** se muestran los resultados obtenidos a 7 y 28 días.

Tabla No.48 Resultados de la resistencia a la compresión de cubos de mortero pre-dosificado, para la empresa A.

No	EDAD Días	RESISTENCIA MPa	DENSIDAD g/cm ³	REQUERIMIENT O MPa	CUMPLIMIENTO SI / NO
1	7	2.7	2.10	-	-
2	7	3.2	2.11	-	-
3	7	3.0	2.11	-	-
4	7	3.3	2.12	-	-
5	7	2.7	2.11	-	-
6	7	3.2	2.09	-	-
PROMEDIO		3.0	2.10	-	-
1	28	5.3	2.03	5.2	SI
2	28	5.2	2.08		SI
3	28	5.3	2.08		SI
4	28	5.9	2.10		SI
5	28	5.7	2.07		SI
6	28	5.8	2.06		SI
7	28	6.1	2.07		SI
8	28	6.0	2.07		SI
9	28	6.1	2.08		SI
10	28	5.8	2.06		SI
11	28	5.7	2.06		SI
12	28	5.9	2.06		SI
PROMEDIO		5.7	2.07		SI

Fuente: Propia.

Empresa B. El fabricante asegura un mortero pre-dosificado con una resistencia tipo M (17.2 MPa). La relación agua: mortero predosificado que establece es de 1:6.7.

En la **Tabla No. 49** se muestran los resultados de compresión a 7 y 28 días.

Tabla No.49. Resultados de la resistencia a la compresión de cubos de mortero pre-dosificado, para la empresa B.

No	EDAD DIAS	RESISTENCIA MPa	DENSIDAD g/cm ³	REQUERIMIENTO MPa	CUMPLIMIENTO SI / NO
1	7	7.4	2.15	-	-
2	7	8.5	2.15	-	-
3	7	6.9	2.16	-	-
4	7	7.2	2.17	-	-
5	7	8.1	2.15	-	-
6	7	7.1	2.16	-	-
PROMEDIO		7.5	2.16	-	-
1	28	17.2	2.11	17.2	SI
2	28	18.9	2.13		SI
3	28	19.8	2.12		SI
4	28	17.3	2.12		SI
5	28	3.5	2.12		NO
6	28	17.8	2.12		SI
7	28	18.5	2.11		SI
8	28	17.5	2.12		SI
9	28	18.3	2.10		SI
10	28	20.0	2.12		SI
11	28	19.2	2.11		SI
12	28	19.5	2.12		SI
PROMEDIO		18.5	2.11		SI

Fuente: Propia.

El espécimen No. 5 ensayado a los 28 días, no se incluye dentro del promedio ya que la resistencia a la compresión del ejemplar es considerablemente menor a la del resto de los especímenes, por lo que se supone la ocurrencia de un error durante la elaboración o el ensaye del este.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En las Figuras No. 43 y No. 44, se muestran los resultados obtenidos para el mortero predosificado, así como el promedio de estos. Además, se representa el valor mínimo de resistencia a la compresión que exige la especificación ASTM C270, para morteros tipo N de la empresa A y morteros tipo M de la Empresa B.

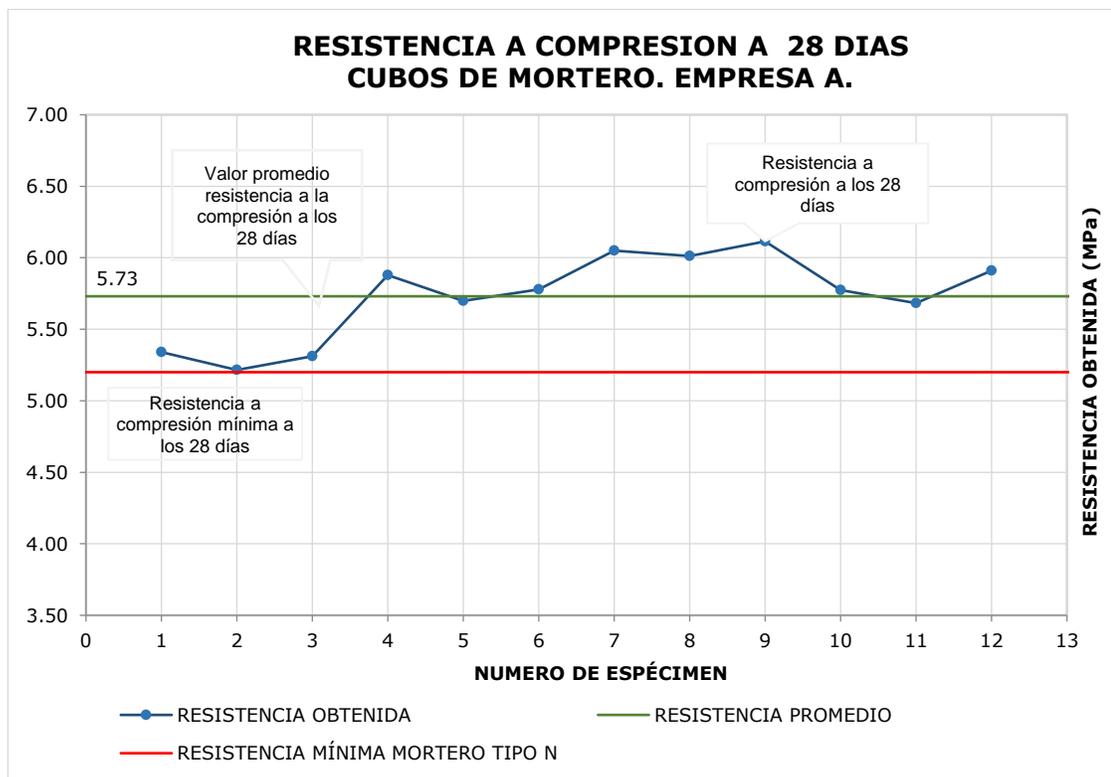


Figura No. 43 Gráfico de tendencia de resultados de compresión a la edad de 28 días.
Fuente: Propia.

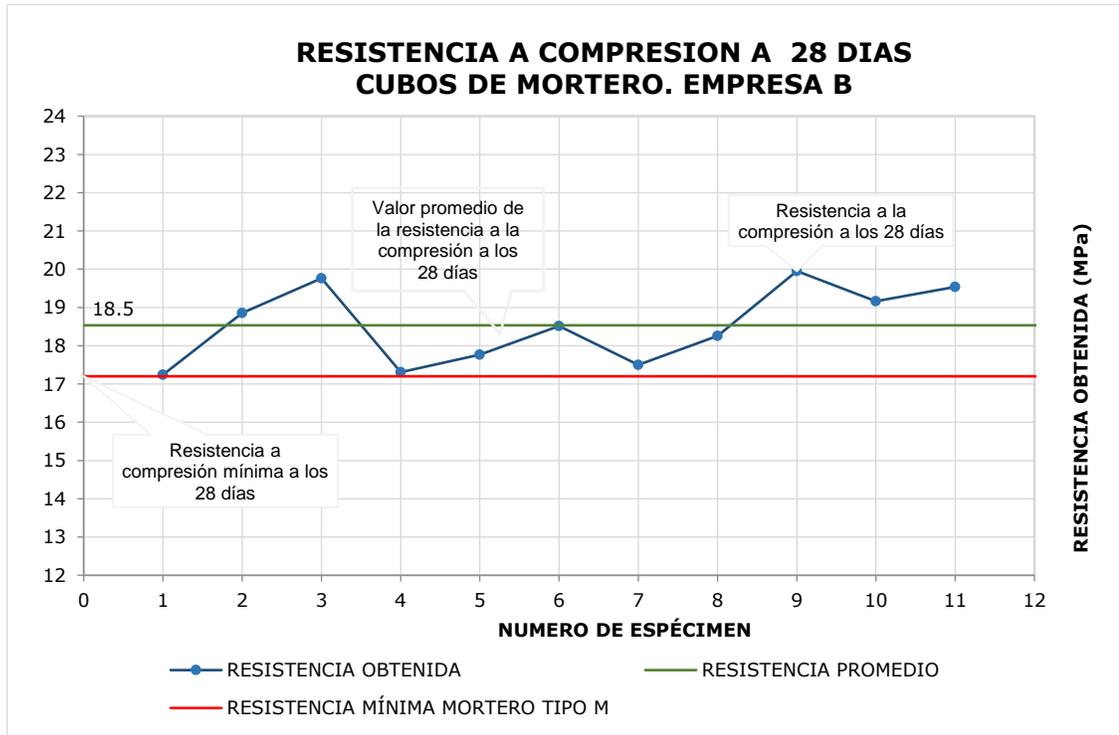


Figura No. 44 Gráfico de tendencia de resultados de compresión a la edad de 28 días.
Fuente: Propia.

El mortero fabricado por la empresa A tiene un valor promedio de resistencia a la compresión de **5.73 MPa** mayor que 5.2 MPa que es el valor mínimo de resistencia a la compresión especificado para un mortero tipo N, con un **10%** de incremento con respecto al valor mínimo de referencia.

La densidad promedio del mortero es de 2.07 kg/cm^3 para los especímenes ensayados a 28 días.

La Empresa B asegura que su producto es un mortero tipo S con una resistencia a la compresión a los 28 días de 17.2 MPa, siendo el promedio de resistencia a

28 días de **18.5 MPa**, lo que resulta en un **7.6%** de incremento en comparación al valor mínimo de referencia (7.2 MPa).

Con base en el análisis anterior y de los requisitos evaluados, se determina que ambas empresas comercializan productos que cumplen con los requisitos que el fabricante ofrece y que la norma ASTM C270 establece de los requisitos evaluados.

La densidad promedio del mortero es de 2.11 kg/cm³ para los especímenes ensayados a 28 días.

4.1.3 ADOQUINES

Para la determinación de la resistencia a compresión, absorción y tolerancia de dimensiones de los adoquines, se han seleccionado tres empresas, las cuales serán designadas como “Empresa A”, “Empresa B” y “Empresa C”, donde se ensayaron 12 unidades para realizar 4 ensayos de 3 unidades cada uno tanto para absorción como compresión, según lo que establece la norma de referencia ASTM C 140.

Las propiedades en investigación, su correspondiente norma de especificación y el requerimiento que estas debe cumplir, se presentan en la **Tabla No. 50**

Tabla No. 50 Requisito de cumplimiento para adoquines según norma ASTM C936.

PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	REQUERIMIENTO (PROMEDIO DE 3 UNIDADES)	REQUERIMIENTO (UNIDAD)
Resistencia a la compresión	ASTM C936	≥55 MPA	≥50 MPA
Absorción	ASTM C936	≤5 %	≤7%
Tolerancia de longitud y ancho	ASTM C936	-	±0.063 pulg. (±1.6 mm)
Tolerancia de Altura	ASTM C936	-	±0.125 pulg. (±3.2 mm)
Caras expuestas (m ²)	ASTM C936	-	≤0.065
Relación l/e	ASTM C936	-	≤4
Altura mínima	ASTM C936	-	≥60 mm

Fuente: Propia.

Resultados.

Los tres fabricantes ofrecen un material que ha sido elaborado bajo normas de especificación ASTM, por lo tanto las propiedades de compresión, absorción y tolerancia dimensional deben cumplir con los requisitos mínimos indicados en dicha norma. **Así mismo las dimensiones que ofrecen los tres fabricantes son de 24x20x10 cm**

Empresa A. En la **Tabla No. 51** se muestra los resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad para la empresa A.

Dicha empresa cumple con el requisito mínimo de altura que exige la norma ASTM C936 mostrado anteriormente en la **Tabla No. 50**.

Tabla No. 51 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de adoquines para empresa A.

Características	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Resistencia (MPa)		22.3	27.8	26.9	28.6	25.6	27.7	20.2	23.3	27.9	27.2	24.2	24.9
Requerimiento (MPa)		≥50.0											
Cumplimiento (SI/NO)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Promedio tres especímenes		25.7			27.3			23.8			25.4		
Requerimiento (MPa)		≥55.0											
Cumplimiento (SI/NO)		NO			NO			NO			NO		
Absorción (%)		7.7	9.9	6.0	6.2	9.1	6.8	6.5	6.6	7.2	9.8	6.2	9.1
Requerimiento (%)		≤7.0											
Cumplimiento (%)		NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO
Promedio tres especímenes		7.9			7.4			6.7			8.4		
Requerimiento (%)		≤5.0											
Cumplimiento (SI/NO)		NO			NO			NO			NO		
Longitud (mm)		235.0	237.5	237.5	237.5	235.0	237.5	235.0	237.5	237.5	237.5	237.5	235.0
Requerimiento (mm)		240±1.6											
Cumplimiento (SI/NO)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Ancho (mm)		220	222.5	220	220	220	222.5	222.5	220	222.5	222.5	220	220
Requerimiento (mm)		220±1.6											
Cumplimiento (SI/NO)		SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI
Altura (mm)		97.5	95.0	100.0	97.5	100.0	95.0	97.5	95.0	100.0	100.0	97.5	100.0
Requerimiento (mm)		100±3.2											
Cumplimiento (SI/NO)		SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Relación l/e		2.4	2.5	2.4	2.4	2.3	2.5	2.4	2.5	2.3	2.4	2.4	2.3
Requerimiento		≤4											
Cumplimiento (SI/NO)		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Caras expuestas (m ²)		0.042	0.044	0.043	0.043	0.043	0.042	0.043	0.043	0.043	0.043	0.042	0.043
Requerimiento (m ²)		≤0.065											
Cumplimiento (SI/NO)		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Densidad (kg/m ³)		1855.0	1776.6	1860.9	1832.8	1791.7	1870.9	1823.9	1871.6	1832.8	1769.8	1848.0	1791.2

Fuente: Propia.

Los valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad se detallan en la **Tabla No. 52**.

Tabla No. 52 Valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad para empresa A.

Resistencia promedio (especimen individual) MPa	25.5
Resistencia promedio de tres especímenes (MPa)	25.5
Absorción promedio (especimen individual) %	7.6
Absorción promedio de tres especímenes) (%)	7.6
Longitud promedio (mm)	236.7
Ancho promedio (mm)	221.1
Altura promedio (mm)	97.9
Densidad (kg/m ³)	1827.1

Fuente: Propia.

Empresa B. En la **Tabla No. 53** se muestra los resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad para la empresa B.

Dicha empresa cumple con el requisito mínimo de altura que exige la norma ASTM C936 mostrado anteriormente en la **Tabla No. 50**

Tabla No. 53 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de adoquines para empresa B.

Características	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Resistencia (MPa)		24.8	22.4	21.0	20.7	13.9	20.6	24.5	24.4	21.5	22.6	22.0	20.4
Requerimiento (MPa)		≥50.0											
Cumplimiento (SI/NO)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Promedio tres especímenes		22.7			18.4			23.5			21.7		
Requerimiento (MPa)		≥55.0											
Cumplimiento (SI/NO)		NO			NO			NO			NO		
Absorción (%)		7.0	6.9	7.1	9.7	9.2	9.2	9.6	7.7	9.6	9.8	9.3	9.6
Requerimiento (%)		≤7.0											
Cumplimiento (%)		SI	SI	NO									
Promedio tres especímenes		7.0			9.3			8.9			9.6		
Requerimiento (%)		≤5.0											
Cumplimiento (SI/NO)		NO			NO			NO			NO		
Longitud (mm)		237.5	237.5	237.5	237.5	237.5	237.5	237.5	240.0	240.0	240.0	237.5	237.5
Requerimiento (mm)		240±1.6											
Cumplimiento (SI/NO)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO
Ancho (mm)		220.0	220.0	222.5	222.5	222.5	222.5	222.5	222.5	222.5	220.0	222.5	222.5
Requerimiento (mm)		220±1.6											
Cumplimiento (SI/NO)		SI	SI	NO	SI	NO	NO						
Altura (mm)		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	102.5
Requerimiento (mm)		100±3.2											
Cumplimiento (SI/NO)		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Relación l/e		2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3
Requerimiento		≤4											
Cumplimiento (SI/NO)		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Caras expuestas (m ²)		0.043	0.044	0.044	0.043	0.043	0.044	0.043	0.043	0.043	0.044	0.044	0.043
Requerimiento (m ²)		≤0.065											
Cumplimiento (SI/NO)		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Densidad (kg/m ³)		1698.5	1723.2	1705.0	1668.4	1663.8	1655.3	1665.5	1682.2	1664.3	1637.1	1670.5	1647.4

Fuente: Propia.

Los valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad se detallan en la **Tabla No. 54**.

Tabla No. 54 Valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad para empresa B.

Resistencia promedio (espécimen individual) MPa	21.6
Resistencia promedio de tres especímenes (MPa)	21.6
Absorción promedio (espécimen individual) %	8.7
Absorción promedio de tres especímenes) (%)	8.7
Longitud promedio (mm)	238.1
Ancho promedio (mm)	221.0
Altura promedio (mm)	100.2
Densidad (kg/m ³)	1675.1

Fuente: Propia.

Empresa C. En la **Tabla No. 55** se muestra los resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad para la empresa C.

Dicha empresa cumple con el requisito mínimo de altura que exige la norma ASTM C936 mostrado anteriormente en la **Tabla No. 50**

Tabla No. 55 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de adoquines para empresa C.

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Características												
Resistencia (MPa)	19.7	17.9	21.4	19.2	17.4	20.2	22.0	20.2	17.5	19.3	19.2	18.4
Requerimiento (MPa)	≥50.0											
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Promedio tres especímenes	19.7			18.9			19.9			19.0		
Requerimiento (MPa)	≥55.0											
Cumplimiento (SI/NO)	NO			NO			NO			NO		
Absorción (%)	6.0	9.6	6.0	7.4	9.5	5.3	9.5	6.1	9.4	9.2	9.4	5.2
Requerimiento (%)	≤7.0											
Cumplimiento (%)	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI
Promedio tres especímenes	7.2			7.4			8.4			7.9		
Requerimiento (%)	≤5.0											
Cumplimiento (SI/NO)	NO			NO			NO			NO		
Longitud (mm)	240.0	242.5	242.5	240.0	242.5	242.5	242.5	240.0	240.0	240.0	240.0	242.5
Requerimiento (mm)	240±1.6											
Cumplimiento (SI/NO)	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO
Ancho (mm)	222.5	220.0	222.5	222.5	220.0	220.0	222.5	222.5	222.5	222.5	222.5	222.5
Requerimiento (mm)	220±1.6											
Cumplimiento (SI/NO)	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Altura (mm)	100.0	100.0	102.5	102.5	100.0	102.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Requerimiento (mm)	100±3.2											
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Relación l/e	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Requerimiento	≤4											
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Caras expuestas (m ²)	0.044	0.044	0.045	0.045	0.044	0.043	0.044	0.045	0.044	0.045	0.044	0.045
Requerimiento (m ²)	≤0.065											
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Densidad (kg/m ³)	1996.4	1941.9	2027.0	1984.1	1936.6	2030.9	1932.8	2011.7	1956.7	1904.6	1906.1	2032.8

Fuente: Propia.

Los valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad se detallan en la **Tabla No. 56**.

Tabla No. 56 Valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad para empresa C.

Resistencia promedio (especimen individual) MPa	19.4
Resistencia promedio de tres especímenes (MPa)	19.4
Absorción promedio (especimen individual) %	7.7
Absorción promedio de tres especímenes) (%)	7.7
Longitud promedio (mm)	241.3
Ancho promedio (mm)	221.9
Altura promedio (mm)	100.6
Densidad (kg/m ³)	1971.9

Fuente: Propia.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La población de resultados obtenidos para las tres empresas se muestra en las **Figuras No. 45 a la 52** que corresponden a absorción por valor individual, absorción promedio de tres especímenes, resistencia a compresión obtenida por valor individual, resistencia a compresión promedio de tres especímenes, longitud, ancho, altura y densidad respectivamente.

Requisito de absorción.

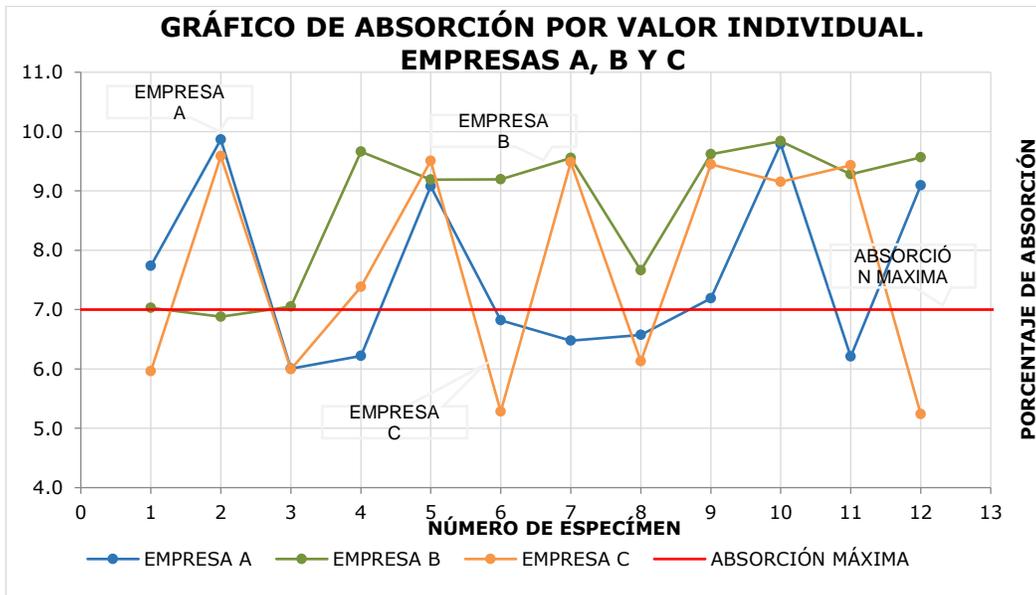


Figura No. 45 Gráfico de absorción por valor individual. Empresas A, B y C.
Fuente: Propia

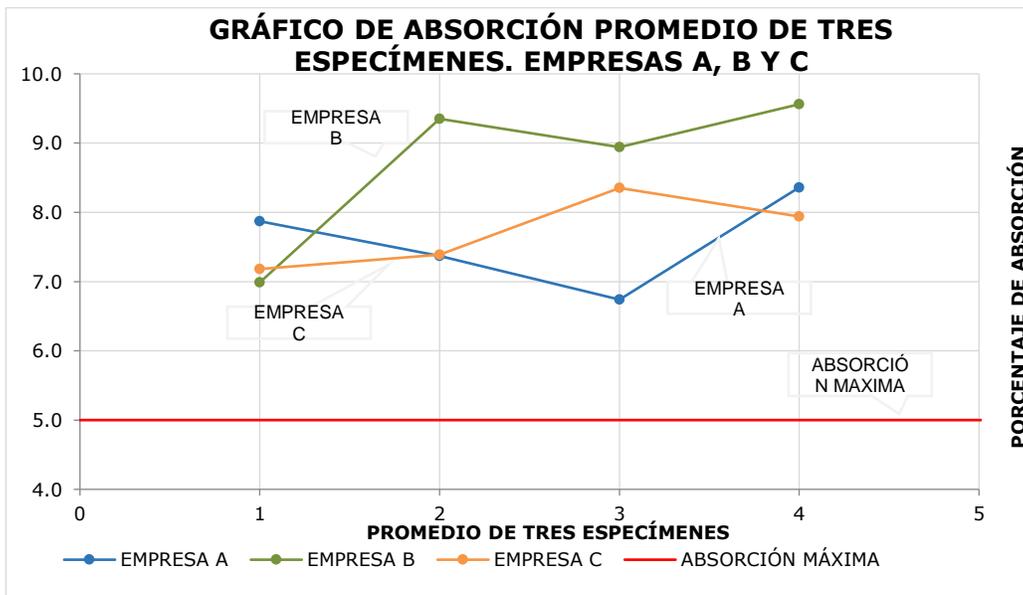


Figura No. 46 Gráfico de absorción promedio de tres especímenes. Empresas A, B y C.
Fuente: Propia

En las **Figuras No. 45 y No. 46** se presentan la tendencia de los resultados obtenidos de la absorción como valor individual y valor promedio para tres especímenes para la Empresa A, B y C respectivamente,

Para la empresa A el rango de valores se encuentra entre **6.0% y 9.9%**, obteniendo un promedio de **7.6%**, de los cuales al evaluar su grado de cumplimiento se determina que solamente el **50% (6/12)** de los especímenes cumplen con el requisito exigido por la norma ASTM C936, debiendo ser $\leq 7\%$. Así mismo para el promedio de tres unidades, el rango de valores se encuentra entre **6.7% y 8.4%** de los que el **100% (4/4)** no cumple con el requisito mínimo exigido por la norma ASTM C936 de $\leq 5\%$.

El rango de valores para la empresa B oscilan entre **6.9% y 9.8%** donde el promedio de estos es de **8.7%** determinándose que el **17% (2/12)** de estos cumple con la especificación de la norma antes mencionada y el promedio de tres unidades los valores oscilan entre **7.0% y 9.6%** de los cuáles el **0% (0/4)** cumple con el requisito descrito anteriormente.

Para la empresa C se observa que los valores obtenidos varían entre **6.0% y 9.6%** presentando un promedio de **7.7%** de los que el **42% (5/12)** cumple con el requisito exigido por la norma y el rango de valores para el promedio de tres unidades varían desde **7.2% hasta 8.4%** de los cuáles el **100% (4/4)** no cumple con el requisito mínimo exigido por la norma.

Requisito de resistencia a compresión.

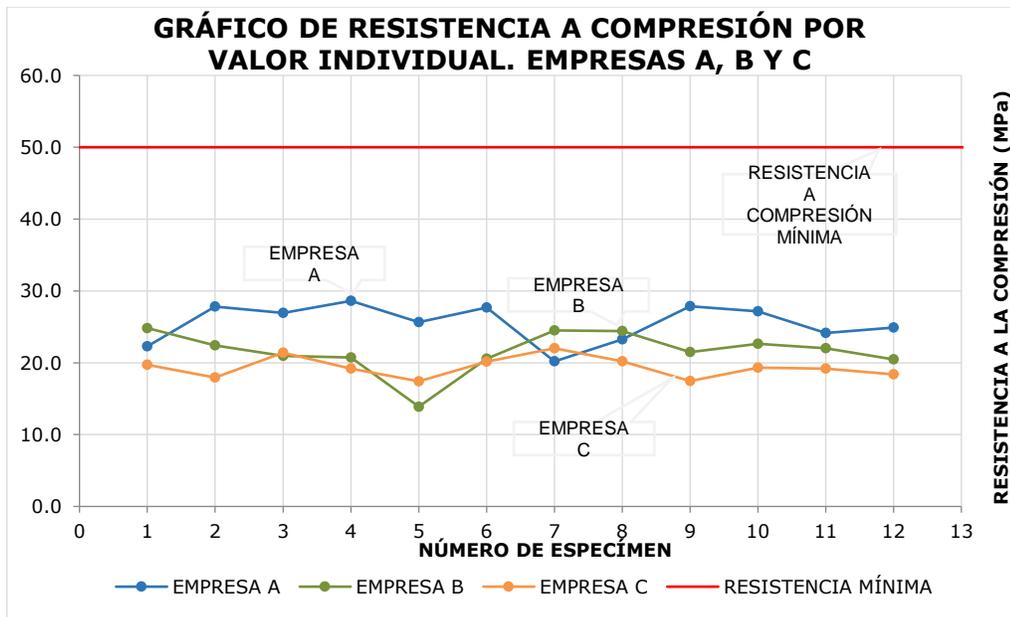


Figura No. 47 Gráfico resistencia a compresión por valor individual. Empresas A, B y C.

Fuente: Propia.

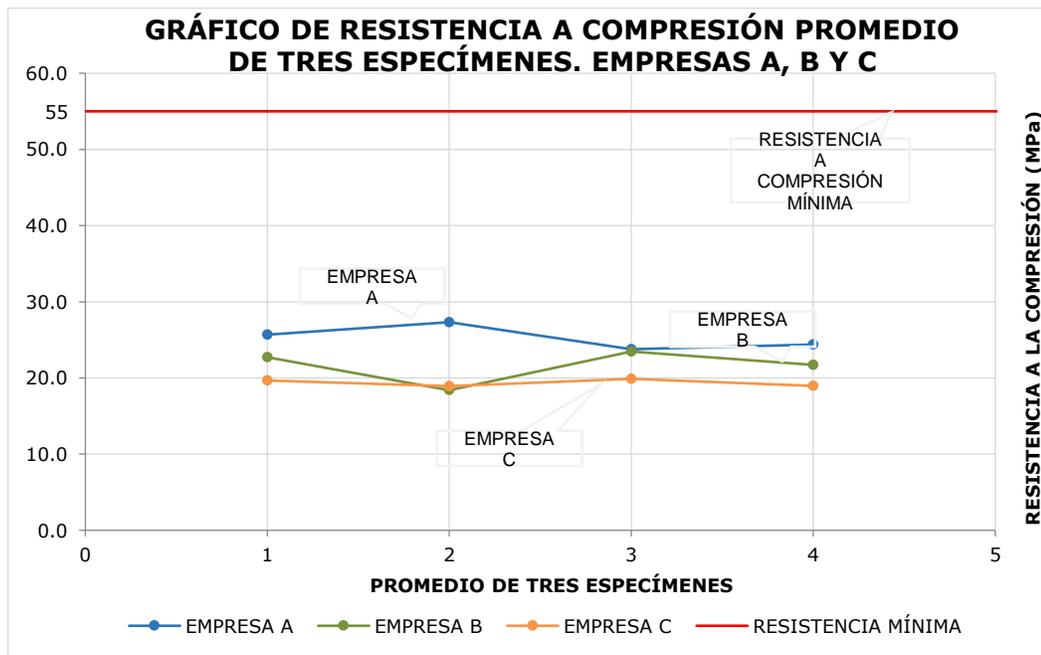


Figura No. 48 Gráfico de resistencia a compresión promedio de tres especímenes. Empresas A, B y C.

Fuente: Propia.

Se puede apreciar con claridad en las **Figuras No. 47 y No. 48**, que los valores obtenidos para la empresa A varían desde **20.2** hasta **28.6 MPa** y el promedio de dichos valores es de **25.5 MPa**, que evaluando el grado de cumplimiento se determina que el **100% (12/12)** no cumple con el requisito mínimo de resistencia a compresión que exige la norma ASTM C936, ya que debe ser ≥ 50 MPa. De igual manera para el promedio de tres unidades el rango de valores varía entre **23.8 y 27.3 MPa** de los que el **100% (4/4)** no cumple con el requisito mínimo de resistencia a compresión que exige la norma ASTM C936, ya que debe ser ≥ 55 MPa.

Para la empresa B el rango de valores obtenidos se encuentran entre **13.9 y 24.8 MPa** que dan como resultado un promedio de **21.6 MPa**, de los cuales se determina que el **100% (12/12)** no cumple con el requisito mínimo exigido por la norma, así mismo se observa que para el promedio de tres unidades; el rango de valores oscila entre **18.4 y 23.5 MPa** de los cuales el **100% (4/4)** no cumple con el requisito que exige la norma mencionado con anterioridad.

Finalmente, para la empresa C; **17.4 y 22.0 MPa** son los valores entre los que se encuentran los datos obtenidos para dicha empresa y en el que el promedio de datos es de **19.4 MPa**, por lo que al evaluar su grado de cumplimiento se determinó que el **100% (12/12)** de estos no cumplen con el requisito mínimo de resistencia, así mismo el rango de valores para el promedio de tres unidades se encuentran entre **18.9 y 19.9 MPa** de los que el **100% (4/4)** no cumple con el requisito mínimo.

Requisito de tolerancia dimensional.

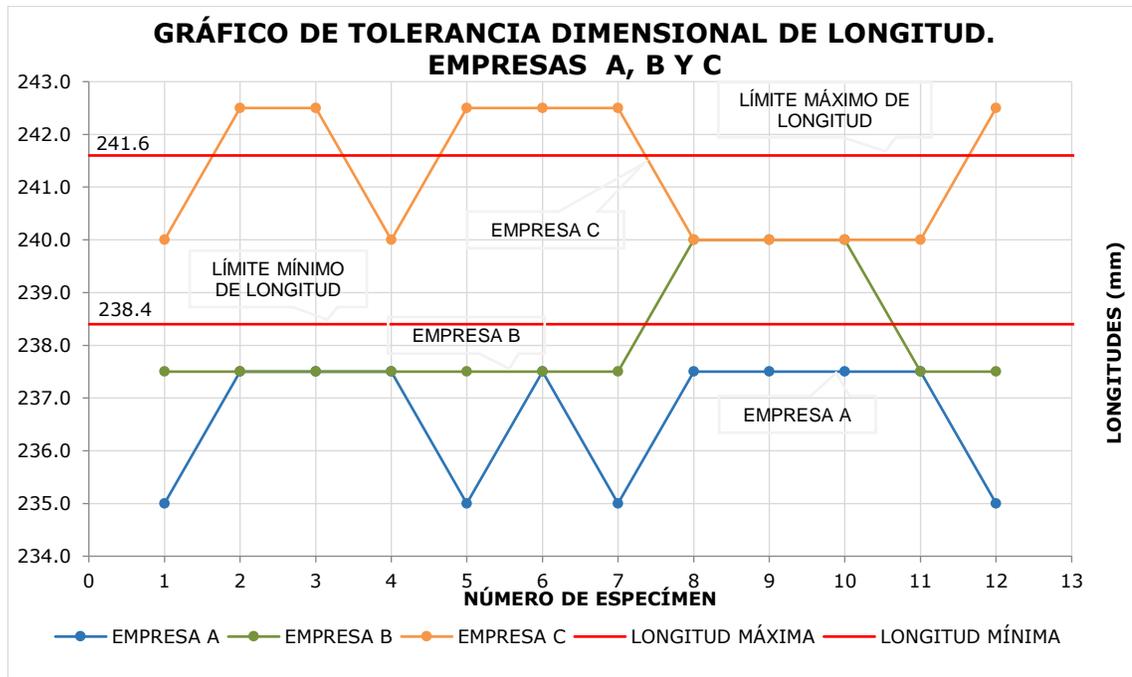


Figura No. 49 Gráfico de tolerancia dimensional de longitud. Empresas A, B y C.
Fuente: Propia

En la **Figura No. 49** se aprecia para el requisito de longitud; que para la empresa A, los valores obtenidos oscilan entre **235.0** y **237.5 mm** y el promedio es de **236.7 mm**, de los que al evaluar su grado de cumplimiento se determina que el **100% (12/12)** no cumple con la tolerancia descrita en la norma, siendo de ± 1.6 mm, respecto a la medida que ofrecen los tres fabricantes de **240 mm**

Para la empresa B los resultados obtenidos se encuentran entre los valores de **237.5** y **240.0 mm** que hacen un promedio de **238.1 mm** y de los cuales el **25% (3/12)** de estos cumplen con la tolerancia descrita en la norma.

Para la empresa C el rango de valores oscilan entre **240.0 y 242.5 mm** obteniendo un promedio de **241.3 mm**, de los cuales solamente el **50% (6/12)** de los especímenes cumple con la tolerancia descrita en la norma.

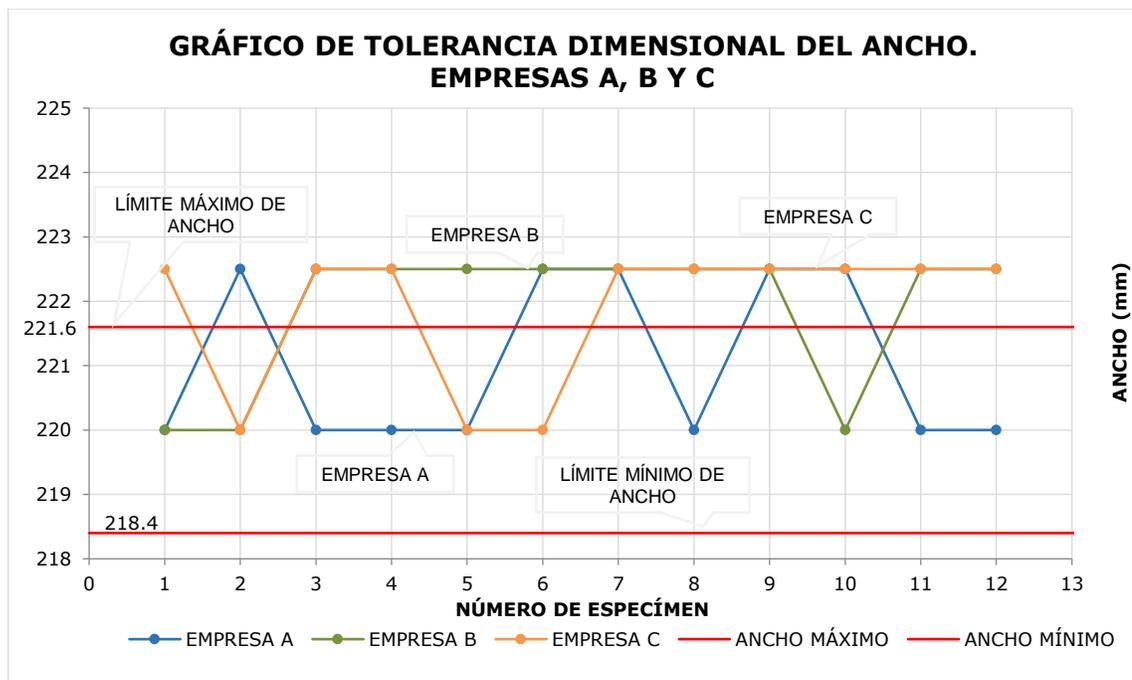


Figura No. 50 Gráfico de tolerancia dimensional del ancho. Empresas A, B y C.
Fuente: Propia

La norma ASTM C936 describe que la tolerancia para el ancho debe ser de ± 1.6 mm respecto a la medida que ofrecen los tres fabricantes de **220 mm** y en la **Figura No. 50** se observa que el rango de valores obtenidos para la empresa A se encuentran entre **220.0 y 222.5 mm** con un valor promedio de **221.1 mm** que al evaluar el grado de cumplimiento se determinó que el **58% (7/12)** de estos cumplen con la tolerancia que exige la norma.

Para la empresa B el rango de valores obtenidos oscilan entre **220.0 y 222.5 mm** que hacen un valor promedio de **221.0 mm** de los cuales el **25% (3/12)** cumplen con la tolerancia.

Para la empresa C el rango de valores obtenidos varían entre **220.0 y 222.5 mm** obteniendo un valor promedio de **221.9 mm** de los cuales el **25% (3/12)** cumplen con la tolerancia.

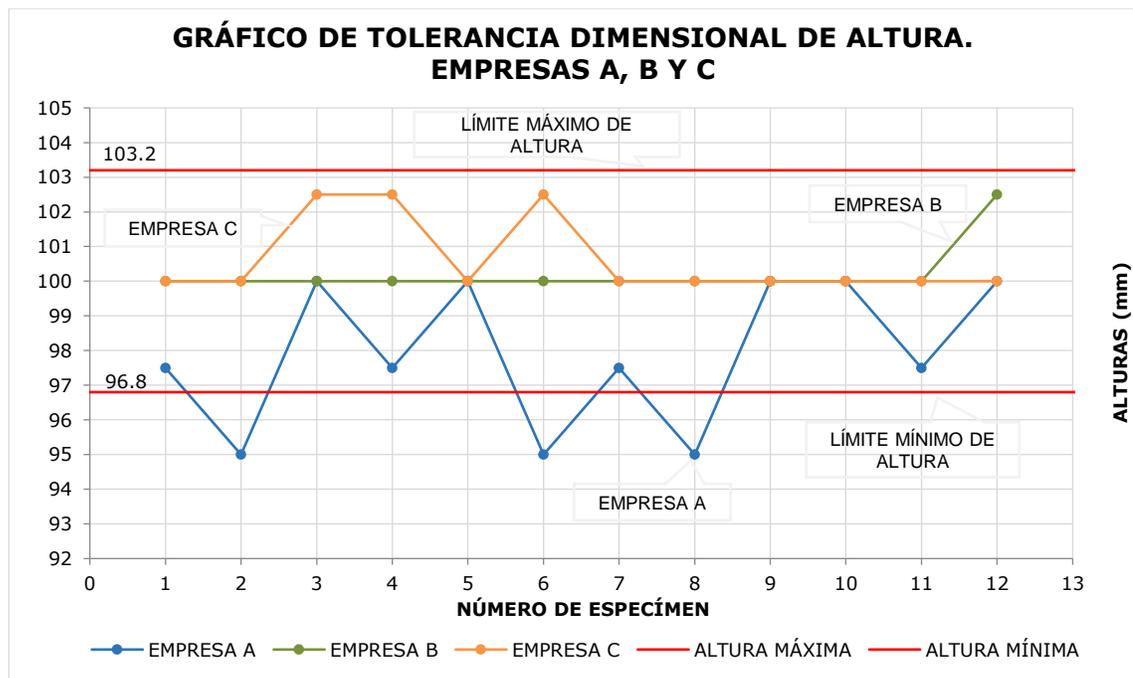


Figura No. 51 Gráfico de tolerancia dimensional de altura. Empresas A, B y C.
Fuente: Propia

En la **Figura No. 51** se observa que el rango de valores obtenidos de la altura para la empresa A se encuentran entre **95.0 y 100.0 mm** con un valor promedio de **97.9 mm** y evaluando el grado de cumplimiento se determinó que el **75% (9/12)** de estos cumplen con la tolerancia que exige la norma ASTM C936

debiendo ser de ± 3.2 mm respecto a la medida que ofrecen los tres fabricantes de **100 mm**

Para la empresa B el rango de valores obtenidos oscilan entre **100.0 y 102.5 mm** que hacen un valor promedio de **100.2 mm** de los cuales el **100% (12/12)** cumplen con la tolerancia.

Para la empresa C el rango de alturas obtenidas varían entre **100.0 y 102.5 mm** obteniendo un valor promedio de **100.6 mm** de los cuales el **100% (12/12)** cumplen con la tolerancia.

De igual forma como se muestra en la **Tabla No. 51, No. 53 y No. 55** el rango de valores para la empresa A sobre la **relación l/e**, se encuentran entre **2.3 y 2.5** de los cuales el **100% (12/12)** cumplen con el requisito máximo que exige la norma ASTM C936 debiendo ser ≤ 4

Para la empresa B, los valores oscilan entre **2.3 y 2.4** que al evaluar el grado de cumplimiento se determina que el **100% (12/12)** cumple con el requisito. Para la empresa C el rango de valores se mantiene continuo en **2.4**, determinándose que el **100% (12/12)** cumple con el requisito exigido por la norma.

Para el requisito de **caras expuestas** el rango de valores para la empresa A oscilan entre **0.042 y 0.044** de los que el **100% (12/12)** cumple con el requisito de ser ≤ 0.065 m² exigido por la norma ASTM C936.

Para la empresa B el rango de valores varía entre **0.043 y 0.044** de los que el **100% (12/12)** cumple con dicho requisito. Para la empresa C los valores se

encuentra entre **0.043** y **0.045** que al evaluar el grado de cumplimiento se determina que el **100% (12/12)** cumple con el requisito.

En la **Figura No. 52** se tienen los resultados de las densidades por fabricantes.

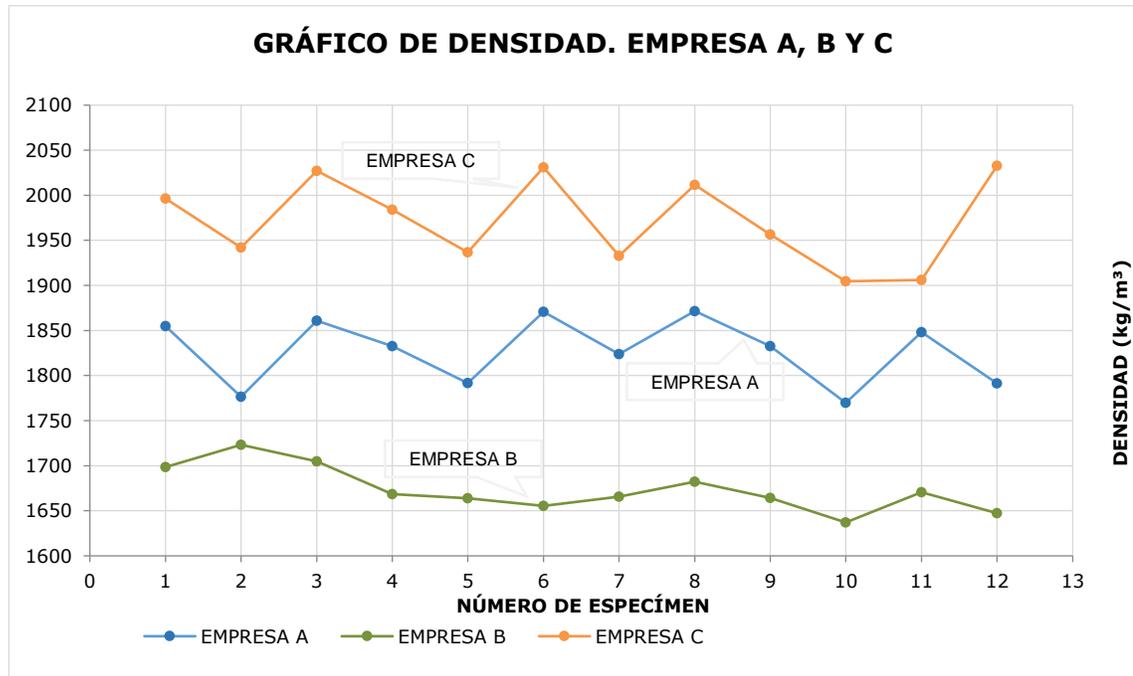


Figura No. 52 Gráfico de tendencia de resultados de densidad. Para las tres empresas.

Fuente: Propia

En la **Tabla No 57**. Se muestra el porcentaje de cumplimiento para las tres empresas de los requisitos de adoquines que exige la norma.

Tabla No 57. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de adoquines que exige la norma para las tres empresas.

Propiedad	Empresa	EMPRESA A	EMPRESA B	EMPRESA C
Resistencia a la compresión (individual)		(0/12)= 0%	(0/12)= 0%	(0/12)= 0%
Resistencia a la compresión (promedio tres especímenes)		(0/4)= 0%	(0/4)= 0%	(0/4)= 0%
Absorción (individual)		(6/12)= 50%	(2/12)= 17%	(5/12)= 42%
Absorción (promedio tres especímenes)		(0/4)= 0%	(0/4)= 0%	(0/4)= 0%
Largo		(0/12)= 0%	(3/12)= 25%	(6/12)= 50%
Ancho		(7/12)= 58%	(3/12)= 25%	(3/12)= 25%
Alto		(9/12)= 75%	(12/12)=100%	(12/12)=100%
Altura mínima		(12/12)=100%	(12/12)=100%	(12/12)=100%
Relación L/e		(12/12)=100%	(12/12)=100%	(12/12)=100%
Caras expuestas		(12/12)=100%	(12/12)=100%	(12/12)=100%
Grado de cumplimiento general		48%	47%	52%

Fuente: Propia.

Luego del análisis de resultados se determina lo siguiente:

El requisito de absorción como valor individual, lo cumplen de forma parcial de la siguiente forma: **Empresa A: 50%, C: 42% y B: 17%**.

El requisito de absorción como promedio de tres unidades, lo cumplen de la siguiente forma: **Empresa A: 0%, B: 0% y C: 0%**.

Los requisitos de Altura mínima, Relación l/e y Caras expuestas las tres empresas las cumplen al **100%**.

El total de los requisitos evaluados las tres empresas los cumplen de la siguiente forma: **Empresa C: 52%, A: 48% y B: 47%**.

4.1.4 LADRILLOS DE BARRO.

Para la determinación de la resistencia a compresión, absorción y tolerancia de dimensiones de los ladrillos de barro, se han seleccionado tres fabricantes, las cuales serán designados como “Fabricante A”, “Fabricante B” y “Fabricante C”, donde se muestrearon 25 unidades para realizar 5 ensayos de 5 unidades cada uno tanto para absorción, resistencia a la compresión y tolerancia de dimensiones.

En el país, la mayor parte del tiempo se presenta un clima tropical y la norma ASTM C62 clasifica a los ladrillos en tres grados (SW, MW y NW), por lo que para poder comparar los resultados de los ensayos, es necesario determinar el grado de los ladrillos ensayados, y dadas las condiciones prevalecientes en el país se consideran como grado NW; ya que estos presentan poca resistencia al daño por congelación por no estar expuestos a estas situaciones climáticas.

Así mismo se considera que dicha norma se refiere a ladrillos estructurales elaborados industrialmente, por lo que para las medidas se han considerado las que se utilizan comúnmente en el país; siendo estas 7x14x28 cm., ya que los ladrillos de barro se elaboran artesanalmente; lo que puede provocar variaciones significativas en los resultados obtenidos tanto para resistencia a la compresión como para tolerancia dimensional. De igual manera para los requisitos de tolerancia dimensional, la norma describe los requisitos según las dimensiones de estos; y establece seis rangos: sin embargo se mencionan los que se tomaran en cuenta en este trabajo dimensión hasta **76 mm** (en el caso de la altura), si la

medida está entre **102 y 152 mm** (en el caso del ancho) y si está entre **203 y 305 mm** (en el caso de la longitud) las tolerancias para longitud, ancho y alto serán diferentes tal y como se muestra en la **Tabla No. 58**.

Las propiedades en investigación, su correspondiente norma de especificación y el requerimiento que estos debe cumplir, se presentan en la **Tabla No. 58**

Tabla No. 58 Requisito de cumplimiento para ladrillos de barro según norma ASTM.

PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	REQUERIMIENTO (PROMEDIO DE 5 UNIDADES)	REQUERIMIENTO (UNIDAD)
Resistencia a la compresión	ASTM C62	≥10.3 MPA	≥8.6 MPA
Absorción	ASTM C62	-	-
Tolerancia de Longitud	ASTM C62	-	±0.25 pulg. (±6.4 mm)
Tolerancia de Ancho	ASTM C62	-	±0.1875 pulg. (±4.8 mm)
Tolerancia de Altura	ASTM C62	-	±0.09375 pulg. (±2.4 mm)

Fuente: Propia

Resultados.

En la **Tabla No. 59, No. 60 y No. 61** se muestran los resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad para el fabricante A.

Tabla No. 59 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro de fabricante A.

No. Características	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Resistencia (MPa)	6.9	6.7	6.4	7.1	6.8	6.7	5.3	6.9	6.9	4.5
Requerimiento (MPa)	≥8.6									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Promedio cinco especímenes	6.8					6.1				
Requerimiento (MPa)	≥10.3									
Cumplimiento (SI/NO)	NO					NO				
Absorción (%)	25.4	25.0	26.7	26.7	25.5	25.9	25.8	23.5	27.6	26.2
Promedio cinco especímenes	25.9					26.4				
Longitud (mm)	271	270	272	269	274	272	271	272	270	271
Requerimiento (mm)	280±7.9									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO
Ancho (mm)	140	140	139	138	140	140	140	139	140	139
Requerimiento (mm)	140±4.8									
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Altura (mm)	73	74	72	73	73	74	72	71	73	74
Requerimiento (mm)	70±2.4									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO
Densidad (g/cm ³)	1.26	1.26	1.24	1.24	1.23	1.30	1.29	1.35	1.26	1.25

Fuente: Propia.

Tabla No. 60 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro de fabricante A.

No. Características	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Resistencia (MPa)	6.3	7.2	6.0	8.0	7.9	7.0	8.9	8.7	6.3	6.8
Requerimiento (MPa)	≥8.6									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO
Promedio cinco especímenes	7.1					7.5				
Requerimiento (MPa)	≥10.3									
Cumplimiento (SI/NO)	NO					NO				
Absorción (%)	26.4	25.5	26.0	24.7	25.4	27.1	25.9	21.1	26.6	25.7
Promedio cinco especímenes	25.6					26.3				
Longitud (mm)	272	270	274	272	272	271	274	274	273	271
Requerimiento (mm)	280±7.9									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO
Ancho (mm)	138	137	138	139	139	137	140	140	138	137
Requerimiento (mm)	140±4.8									
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Altura (mm)	71	75	72	75	73	77	73	72	75	76
Requerimiento (mm)	70±2.4									
Cumplimiento (SI/NO)	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO
Densidad (g/cm ³)	1.28	1.27	1.24	1.36	1.31	1.21	1.31	1.33	1.28	1.32

Fuente: Propia.

Tabla No. 61 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro para fabricante A.

No.	21	22	23	24	25
Resistencia (MPa)	6.0	6.3	7.0	5.9	6.9
Requerimiento (MPa)	≥8.6				
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO
Promedio cinco especímenes	7.1				
Requerimiento (MPa)	≥10.3				
Cumplimiento (SI/NO)	NO				
Absorción (%)	27.2	26.3	25.1	26.3	27.0
Promedio cinco especímenes	26.4				
Longitud (mm)	270	273	272	272	273
Requerimiento (mm)	280±7.9				
Cumplimiento (SI/NO)	NO	SI	NO	NO	SI
Ancho (mm)	139	140	138	140	138
Requerimiento (mm)	140±4.8				
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI
Altura (mm)	74	73	76	73	73
Requerimiento (mm)	70±2.4				
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO
Densidad (g/cm ³)	1.27	1.25	1.30	1.35	1.30

Fuente: Propia.

Nota: Los datos de los especímenes No. 8 y 18 no se tomarán en cuenta para el promedio de absorción ya que están alejado del resto de especímenes.

Los valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad se detallan en la **Tabla No. 62**.

Tabla No. 62 Valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad para fabricante A.

Resistencia promedio (especimen individual) MPa	6.8
Resistencia promedio de cinco especímenes (MPa)	6.8
Absorción promedio (especimen individual) %	26.1
Absorción promedio de cinco especímenes (%)	26.1
Longitud promedio (mm)	271.6
Ancho promedio (mm)	138.9
Altura promedio (mm)	73.5
Densidad (g/cm ³)	1.28

Fuente: Propia.

En las **Tablas No. 63, No. 64 y No. 65** se muestran los resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad para el fabricante B.

Tabla No. 63 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro de fabricante B.

No. Características	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Resistencia (MPa)	7.0	9.7	8.3	9.5	8.1	8.3	8.0	7.0	7.6	7.7
Requerimiento (MPa)	≥8.6									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Promedio cinco especímenes	8.5					7.7				
Requerimiento (MPa)	≥10.3									
Cumplimiento (SI/NO)	NO					NO				
Absorción (%)	23.5	20.1	20.9	18.4	21.7	19.1	21.8	22.9	22.7	22.0
Promedio cinco especímenes	20.9					21.7				
Longitud (mm)	271	272	270	274	273	273	270	272	271	272
Requerimiento (mm)	280±7.9									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO
Ancho (mm)	140	139	139	140	138	140	139	139	139	140
Requerimiento (mm)	140±4.8									
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Altura (mm)	77	74	74	76	77	75	73	72	75	76
Requerimiento (mm)	70±2.4									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO
Densidad (g/cm³)	1.34	1.37	1.37	1.30	1.34	1.32	1.40	1.43	1.40	1.32

Fuente: Propia.

Tabla No. 64 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro de fabricante B.

No. Características	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Resistencia (MPa)	7.7	8.5	7.3	7.9	7.7	8.4	7.5	8.8	8.2	8.5
Requerimiento (MPa)	≥8.6									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO
Promedio cinco especímenes	7.8					8.3				
Requerimiento (MPa)	≥10.3									
Cumplimiento (SI/NO)	NO					NO				
Absorción (%)	22.1	21.3	23.2	22.0	22.3	20.4	22.1	20.1	21.4	20.6
Promedio cinco especímenes	22.2					20.9				
Longitud (mm)	275	273	272	271	270	273	275	271	276	271
Requerimiento (mm)	280±7.9									
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO
Ancho (mm)	139	137	138	139	139	140	140	138	139	140
Requerimiento (mm)	140±4.8									
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Altura (mm)	74	75	76	73	73	77	72	75	74	72
Requerimiento (mm)	70±2.4									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI
Densidad (g/cm ³)	1.36	1.36	1.30	1.38	1.38	1.32	1.42	1.41	1.37	1.44

Fuente: Propia.

Tabla No. 65 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro para fabricante B.

Características	No. 21	No. 22	No. 23	No. 24	No. 25
Resistencia (MPa)	8.0	7.4	8.6	9.4	7.9
Requerimiento (MPa)	≥8.6				
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	SI	SI	NO
Promedio cinco especímenes	8.2				
Requerimiento (MPa)	≥10.3				
Cumplimiento (SI/NO)	NO				
Absorción (%)	21.4	21.8	20.4	19.7	22.3
Promedio cinco especímenes	21.1				
Longitud (mm)	272	274	272	274	272
Requerimiento (mm)	280±7.9				
Cumplimiento (SI/NO)	NO	SI	NO	SI	NO
Ancho (mm)	137	139	139	137	139
Requerimiento (mm)	140±4.8				
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI
Altura (mm)	75	73	74	74	74
Requerimiento (mm)	70±2.4				
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO
Densidad (g/cm ³)	1.37	1.37	1.33	1.40	1.41

Fuente: Propia.

Los valores promedio de resistencia, absorción, longitud, ancho, altura y densidad se detallan en la **Tabla No. 66**.

Tabla No. 66 Valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad para fabricante B.

Resistencia promedio (especimen individual) MPa	8.1
Resistencia promedio de cinco especímenes (MPa)	8.1
Absorción promedio (especimen individual) %	21.4
Absorción promedio de cinco especímenes (%)	21.4
Longitud promedio (mm)	272.4
Ancho promedio (mm)	138.9
Altura promedio (mm)	74.4
Densidad (g/cm ³)	1.37

Fuente: Propia.

En las **Tablas No. 67, No. 68 y No. 69** se muestran los resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad para fabricante C.

Tabla No. 67 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro de fabricante C.

No. Características	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Resistencia (MPa)	4.5	6.2	4.4	6.2	4.9	6.4	4.5	6.1	6.6	5.0
Requerimiento (MPa)	≥8.6									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Promedio cinco especímenes	5.3					5.7				
Requerimiento (MPa)	≥10.3									
Cumplimiento (SI/NO)	NO					NO				
Absorción (%)	27.3	27.4	27.6	26.1	27.4	27.9	27.6	25.8	27.1	25.8
Promedio cinco especímenes	27.2					26.8				
Longitud (mm)	271	271	271	269	274	271	272	270	271	271
Requerimiento (mm)	280±7.9									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO
Ancho (mm)	139	139	139	137	140	139	139	138	138	137
Requerimiento (mm)	140±4.8									
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Altura (mm)	75	72	74	72	74	72	73	70	74	75
Requerimiento (mm)	70±2.4									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO
Densidad (g/cm ³)	1.20	1.24	1.26	1.26	1.22	1.23	1.21	1.30	1.26	1.20

Fuente: Propia.

Tabla No. 68 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro de fabricante C.

No. Características	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Resistencia (MPa)	5.6	4.9	6.4	5.5	6.2	5.7	5.6	6.6	5.5	6.1
Requerimiento (MPa)	≥8.6									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Promedio cinco especímenes	5.7					5.9				
Requerimiento (MPa)	≥10.3									
Cumplimiento (SI/NO)	NO					NO				
Absorción (%)	26.5	32.4	26.8	27.4	27.3	26.7	27.5	25.8	27.2	27.6
Promedio cinco especímenes	27.0					27.0				
Longitud (mm)	273	270	272	271	272	272	272	272	275	271
Requerimiento (mm)	280±7.9									
Cumplimiento (SI/NO)	SI	NO	SI	NO						
Ancho (mm)	139	136	138	139	139	140	139	139	138	140
Requerimiento (mm)	140±4.8									
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Altura (mm)	73	76	73	73	74	76	72	73	74	74
Requerimiento (mm)	70±2.4									
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO
Densidad (g/cm ³)	1.25	1.15	1.23	1.20	1.19	1.20	1.22	1.24	1.18	1.24

Fuente: Propia.

Tabla No. 69 Resultados de resistencia a compresión, absorción, tolerancia dimensional y densidad de ladrillos de barro para fabricante C.

No.	21	22	23	24	25
Características					
Resistencia (MPa)	5.4	5.2	2.8	4.8	4.9
Requerimiento (MPa)	≥8.6				
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	NO	NO
Promedio cinco especímenes	4.6				
Requerimiento (MPa)	≥10.3				
Cumplimiento (SI/NO)	NO				
Absorción (%)	26.5	27.9	31.8	27.0	27.6
Promedio cinco especímenes	27.3				
Longitud (mm)	272	272	270	273	273
Requerimiento (mm)	280±7.9				
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	SI	SI
Ancho (mm)	135	139	137	139	138
Requerimiento (mm)	140±4.8				
Cumplimiento (SI/NO)	NO	SI	SI	SI	SI
Altura (mm)	75	74	75	72	74
Requerimiento (mm)	70±2.4				
Cumplimiento (SI/NO)	NO	NO	NO	SI	NO
Densidad (g/cm ³)	1.25	1.19	1.19	1.23	1.20

Fuente: Propia.

Los datos de los especímenes No. 12 y 23 no se tomarán en cuenta para el promedio de absorción ya que está alejado del resto de especímenes.

Los valores promedio de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho, altura y densidad se detallan en la **Tabla No. 70**.

Tabla No. 70 Valores de resistencia a compresión, absorción, longitud, ancho y altura promedio, así como desviación estándar para fabricante C.

Resistencia promedio (especimen individual) MPa	5.4
Resistencia promedio de cinco especímenes (MPa)	5.4
Absorción promedio (especimen individual) %	27.0
Absorción promedio de cinco especímenes) (%)	27.0
Longitud promedio (mm)	271.6
Ancho promedio (mm)	138.4
Altura promedio (mm)	73.6

Fuente: Propia.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La población de resultados obtenidos para las tres empresas se muestra en las **Figuras No. 53 a la 60** que corresponden a absorción por valor individual, absorción promedio de tres especímenes, resistencia a compresión obtenida por valor individual, resistencia a compresión promedio de tres especímenes, longitud, ancho, altura y densidad respectivamente.

Requisito de absorción.

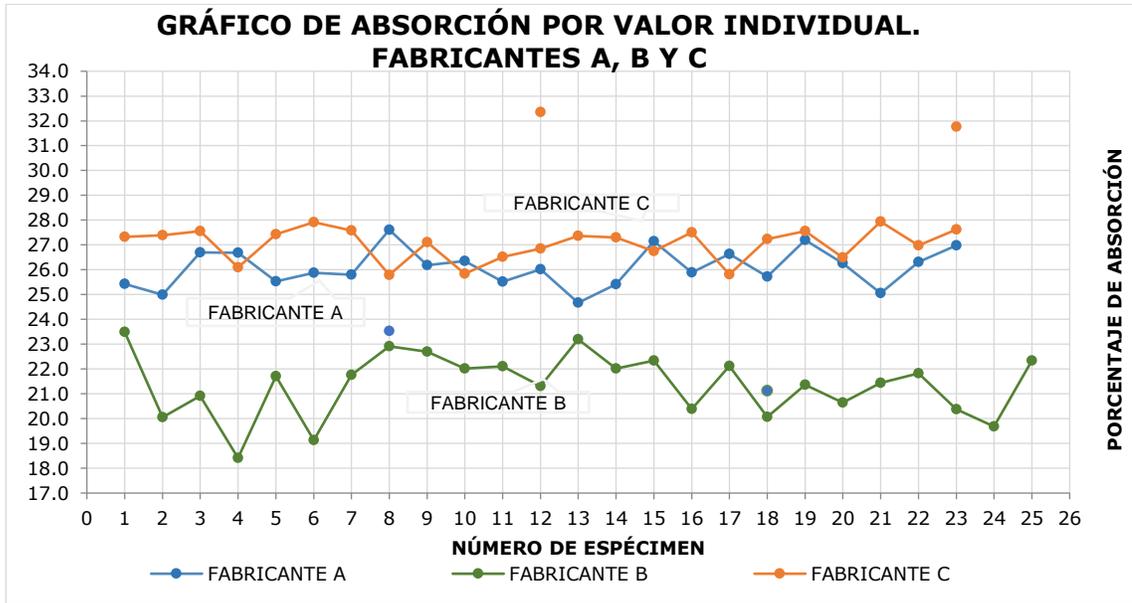


Figura No. 53 Gráfico de absorción como valor individual. Fabricantes A, B y C.
Fuente: Propia

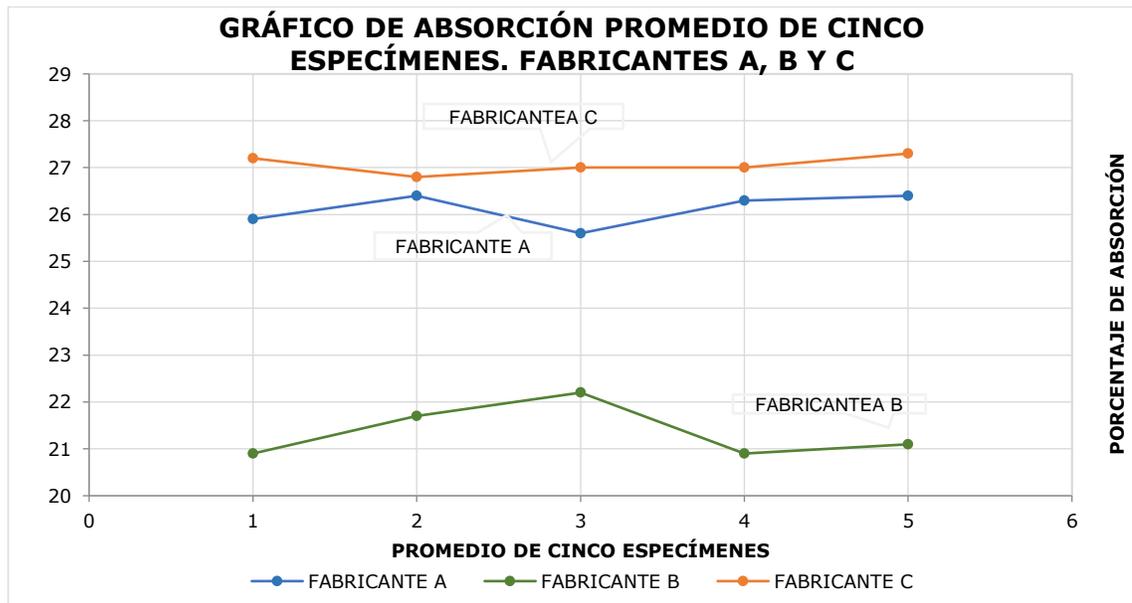


Figura No. 54 Gráfico de absorción promedio de cinco especímenes. Fabricantes A, B y C.
Fuente: Propia

En las **Figuras No. 53 y No. 54** está representada la tendencia de los resultados obtenidos luego de la ejecución de los ensayos para la absorción como valor individual y valor promedio de cinco especímenes para los fabricante A, B y C respectivamente, dado al grado NW considerado para el análisis de este material, la norma de especificación no indica un requisito mínimo ni máximo para la absorción, por lo tanto las gráficas solamente describen el comportamiento de los resultados y representan un parámetro de la precisión en la ejecución del procedimiento de ensayo, observando que para el fabricante A el rango de valores se encuentran entre **21.1% 27.6%**, con un promedio de **26.1%**, así mismo el rango de valores para el promedio de cinco especímenes oscila entre **25.6% y 26.4%**.

Para el fabricante B los valores obtenidos varían entre **18.4% y 23.2%** obteniendo un promedio de **21.4%**, para el promedio de cinco especímenes los valores varían entre **20.9% y 22.2%**.

Para el fabricante C el rango de valores se encuentran entre **25.8% y 32.4%** con un valor promedio de **27.0%** y para el promedio de cinco unidades oscilan entre **26.8% y 27.3%**.

Requisito de resistencia a compresión.

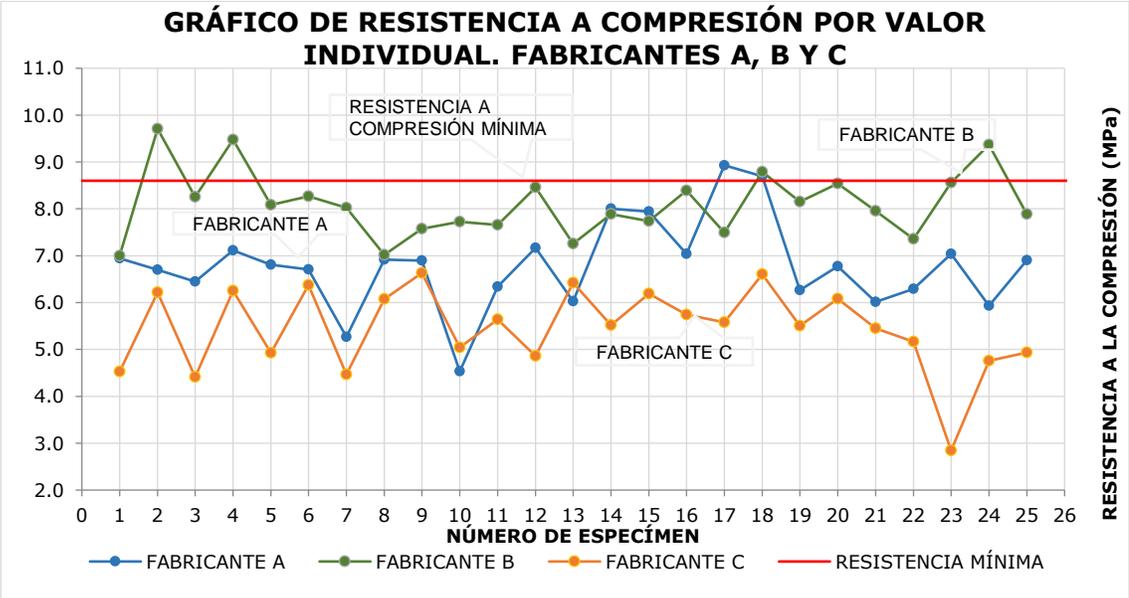


Figura No. 55 Gráfico de resistencia a compresión como valor individual. Fabricantes A, B y C.
Fuente: Propia.

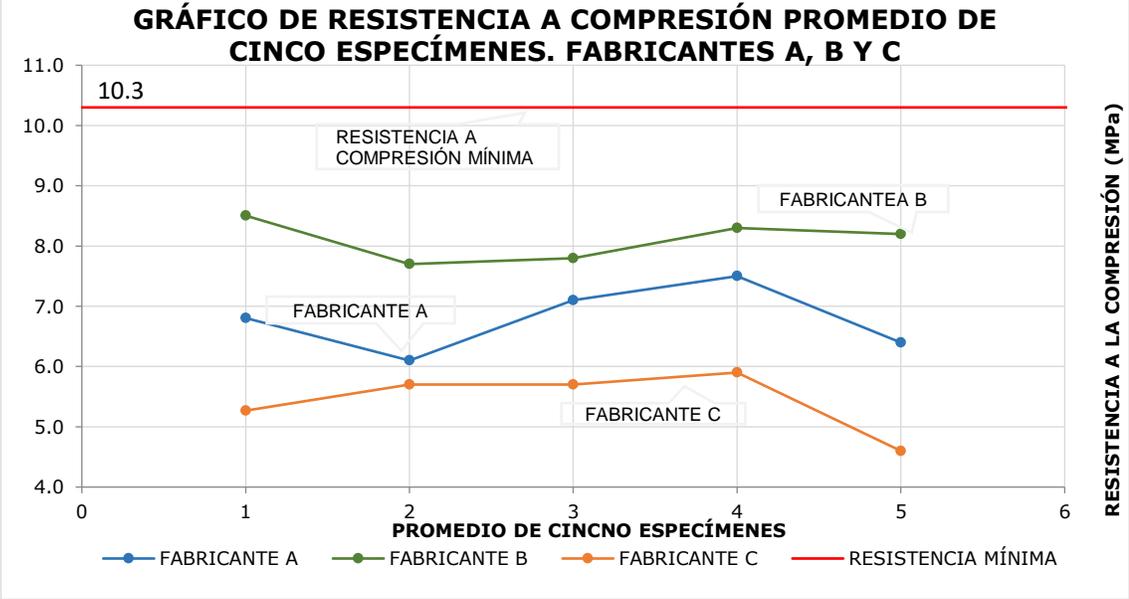


Figura No. 56 Gráfico de Resistencia a compresión promedio de cinco especímenes. Fabricantes A, B y C.
Fuente: Propia.

Para los tres fabricantes se representan los resultados obtenidos en la **Figura No. 55 y No. 56**, pudiendo observar que para el **fabricante A** el rango de valores de los resultados están entre **4.5 y 8.9 MPa**, con un promedio de **6.8 MPa**, de los que solamente el **8% (2/25)** de los especímenes ensayados cumplen con el requisito mínimo de resistencia a compresión que exige la norma ASTM C62, siendo este un valor ≥ 8.6 MPa, para el promedio de cinco especímenes el rango de valores varía entre **6.1 y 7.5 MPa** que al evaluar el grado de cumplimiento se determina que el **0% (0/5)** cumple con el requisito mínimo que describe la norma ASTM C936 de ≥ 10.3 MPa.

Para el **fabricante B** los resultados de la evaluación como valor individual varían entre **7.0 y 9.7 MPa**, obteniendo un promedio de **8.1 MPa** donde el **20% (5/25)** de estos cumple con el requisito mínimo. Así mismo el rango de valores para el promedio de cinco especímenes varían entre **7.7 y 8.5 MPa** de los que el **0% (0/5)** cumple con el requisito mínimo.

Finalmente, para **el fabricante C**, los resultados varían entre **2.8 y 6.6 MPa** con un promedio de **5.4 MPa**, la resistencia mínima como valor individual debe ser ≥ 8.6 MPa, resultando un **0% (0/25)** de los especímenes cumplen con el requisito como valores individuales. De igual forma el promedio de cinco especímenes se obtiene un rango de **4.6 a 5.9 MPa** determinándose que el **0% (0/5)** cumple con el requisito porque el valor mínimo es de ≥ 10.3 MP.

Requisito de tolerancia dimensional.

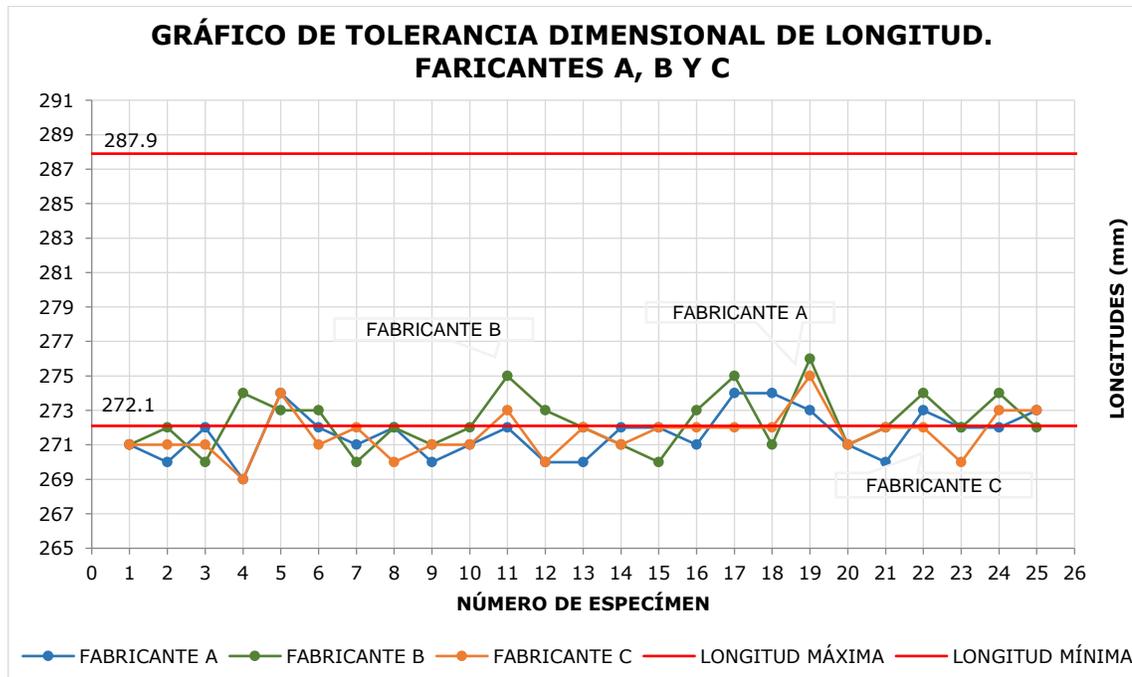


Figura No. 57 Gráfico de tolerancia dimensional de longitud. Fabricantes A, B y C.
Fuente: Propia

En las **Figuras No. 57, 58 y 59** se observan los resultados para la tolerancia dimensional de los ladrillos de barro, donde para el requisito de largo, los valores por fabricante son los siguientes:

Para el fabricante A varían entre **269** y **274** obteniendo un promedio de **271.6 mm**, la tolerancia descrita en la norma ASTM C62, es de 280 ± 7.9 mm respecto a la longitud con la que se fabrican los ladrillos de barro en El Salvador; por lo que el **28% (7/25)** de los resultados para dicho fabricante cumplen con la tolerancia mencionada anteriormente.

Para el fabricante B sus resultados varían desde **270.0** hasta **276.0 mm**, obteniendo un promedio de **272.4 mm**; de los que el **40% (10/25)** cumple con la tolerancia.

Para el fabricante C el rango de valores están desde **269.0** hasta **275.0 mm**, resultando un promedio de **271.6 mm**, de los que solamente el **20% (5/25)** se encuentran dentro de los límites permitidos.

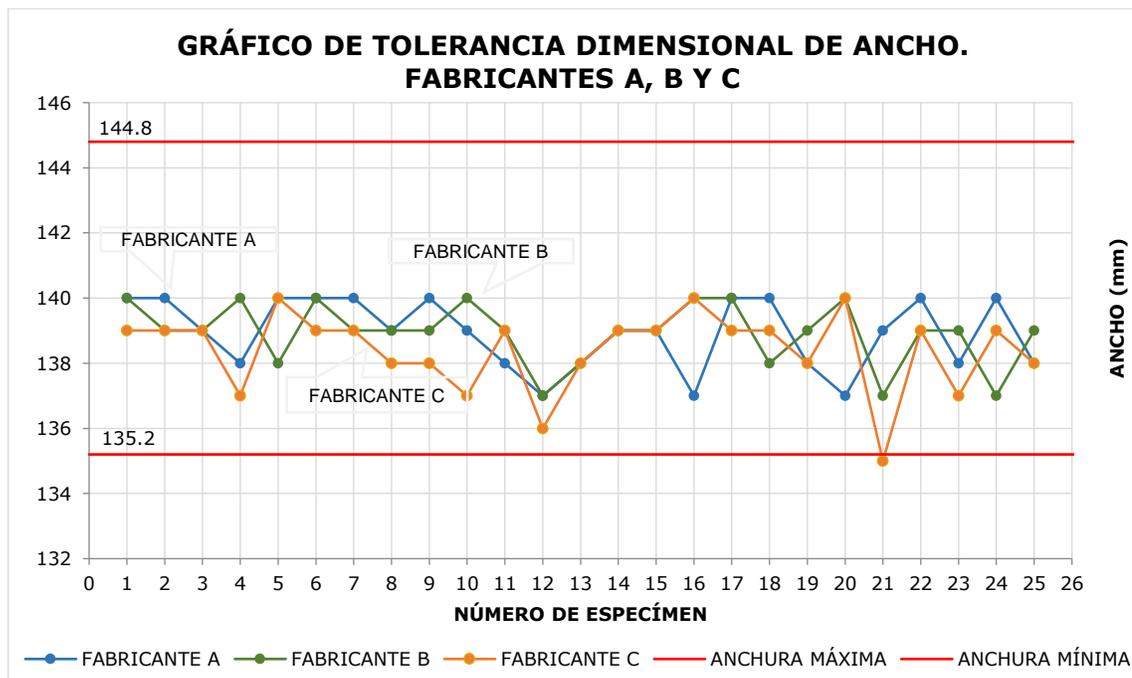


Figura No. 58 Gráfico de tolerancia dimensional de ancho. Fabricantes A, B y C.
Fuente: Propia

La norma ASTM C62 describe que la tolerancia para el ancho debe ser de 140 ± 4.8 mm, respecto al ancho con el que se fabrican estos ladrillos en El Salvador y en la **Figura No. 56** se observa que el rango de valores obtenidos para el fabricante A se encuentran entre **137.00 y 140.00 mm** con un valor promedio de

138.9 mm que al evaluar el grado de cumplimiento se determina que el **100% (25/25)** cumple con la tolerancia descrita en la norma.

Para el fabricante B el rango de valores se encuentran entre **137.00** y **140.00 mm**, teniendo a la vez un promedio de **138.9 mm** y de los que el **100% (25/25)** de los valores obtenidos cumplen con la tolerancia.

Para el fabricante C los resultados varían entre **135.0** y **140.0 mm**, los que hacen un promedio de **138.4 mm** de los cuales el **96% (24/25)** de estos cumplen con la tolerancia descrita en la norma.

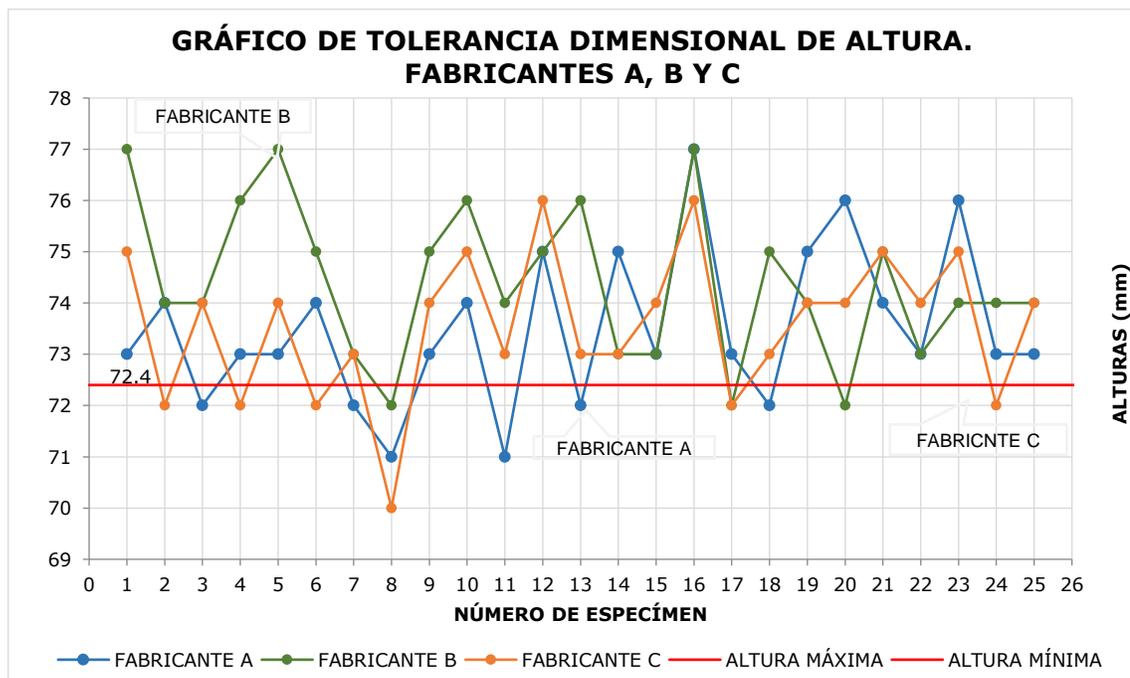


Figura No. 59 Gráfico de tolerancia dimensional de altura. Fabricantes A, B y C.
Fuente: Propia

La representación de datos mostrados en la **Figura No. 60** corresponden al resultado de la medición de altura de los ladrillos de barro, donde puede observarse que para el fabricante A los resultados varían entre **71.0** y **77.0 mm** obteniendo un promedio de **73.5 mm**, de los cuales el **24 % (6/25)** cumple con la tolerancia de 70 ± 2.4 mm que exige la norma ASTM C62, respecto a la altura con que se fabrican los ladrillos de barro en El Salvador.

Los resultados para el fabricante B varían desde **72.0** hasta **77.0 mm**, los que hacen un promedio de **74.4 mm** y de los que el **12% (3/25)** cumple con la tolerancia.

Para el fabricante C los resultados obtenidos oscilan entre **70.0** y **76.0 mm** con un valor promedio de **73.6 mm** y donde el **24% (6/25)** de los especímenes ensayados cumplen con la tolerancia descrita en la norma.

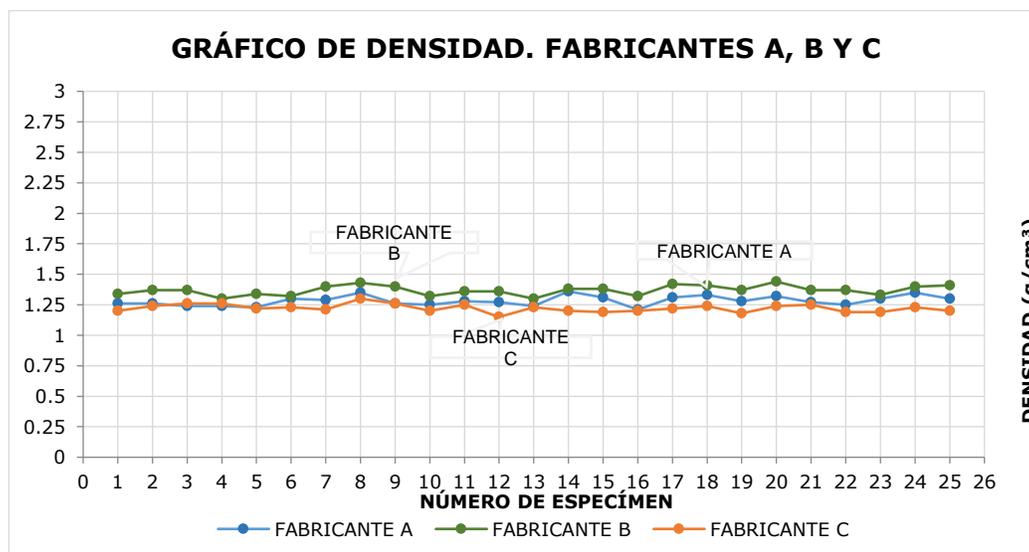


Figura No. 60 Gráfico de densidad. Fabricantes A, B y C.
Fuente: Propia

En la **Tabla No 71**. Se muestran los tres fabricantes y sus respectivos porcentajes de cumplimiento de los requisitos exigidos por la norma ASTM C62

Tabla No 71. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de ladrillos de barro exigidos por la norma ASTM C62 para los tres fabricantes.

Propiedad	Fabricante	FABRICANTE A	FABRICANTE B	FABRICANTE C
Resistencia a la compresión (individual)		(2/25)= 8%	(5/25)= 20%	(0/25)= 0%
Resistencia a la compresión (promedio tres especímenes)		(0/5)= 0%	(0/5)= 0%	(0/5)= 0%
Absorción (individual)		-	-	-
Absorción (promedio tres especímenes)		-	-	-
Largo		(7/25)= 28%	(10/25)= 40%	(5/25)= 20%
Ancho		(25/25)=100%	(25/25)=100%	(24/25)=96%
Alto		(6/25)= 24%	(3/25)= 12%	(6/25)= 24%
Grado de cumplimiento general		32%	34%	28%

Fuente: Propia.

Luego del análisis de resultados se determina lo siguiente:

El requisito de resistencia a compresión como valor individual los tres fabricantes lo cumplen de forma parcial de la siguiente manera: **Fabricante B: 20%, A: 8% y C: 0%**.

El requisito de resistencia a compresión como valor promedio de cinco especímenes los tres fabricantes lo cumplen en un **0%**.

El requisito de tolerancia dimensional de longitud los tres fabricantes lo cumplen de forma parcial de la siguiente manera: **Fabricante B: 40%, A: 28% y C: 20%**.

El requisito de tolerancia dimensional de ancho los tres fabricantes lo cumplen de forma parcial de la siguiente manera: **Fabricante B: 100%, A: 100% y C: 96%**.

El requisito de tolerancia dimensional de altura los tres fabricantes lo cumplen de forma parcial de la siguiente manera: **Fabricante A: 24%, C: 24% y B: 12%**.

El total de los requisitos evaluados las tres empresas los cumplen de la siguiente forma: **Empresa B: 34%, A: 32% y C: 28%**.

4.1.5 LADRILLO DE PISO CERÁMICO.

Para la determinación de la resistencia a compresión y absorción de los ladrillos de piso cerámico, se han seleccionado dos fabricantes, los cuales serán designados como “Fabricante A” y “Fabricante B”, donde se muestrearon 10 unidades para realizar 2 ensayos de 5 unidades cada uno para absorción y 3 ensayo de 7 unidades para determinar la resistencia a flexión.

La norma ISO clasifica a los ladrillos de pisos cerámicos en varios grupos, según su porcentaje de absorción.

La propiedad en investigación, su correspondiente norma de especificación y el requerimiento que estos deben cumplir; al obtener una absorción entre 6% y 10% se presentan en la **Tabla No. 72**

Tabla No. 72 Requisito de cumplimiento para ladrillos de piso cerámico según norma ISO. Para grupo All

PROPIEDAD	NORMA DE ESPECIFICACIÓN	REQUERIMIENTO (PROMEDIO DE 5 UNIDADES)	REQUERIMIENTO (UNIDAD)
Resistencia a la flexión	ISO 13006	$\geq 17.5 \text{ N/mm}^2$	$\geq 15 \text{ N/mm}^2$

Absorción	ISO 13006	-	≤11%
Tolerancia de Longitud y ancho	ISO 13006	-	±2%
Tolerancia de altura	ISO 13006	-	±10%

Fuente: Propia

Resultados.

Los ensayos para determinar variación de dimensiones, absorción y resistencia a flexión se realizaron siguiendo el procedimiento descrito en las normas ISO 10545-2, ISO 10545-3 e ISO 10545-4 respectivamente.

Para determinar la absorción la norma exige que se ensayen 10 unidades completas, pero en el apéndice 1 apartado 3 de la misma, indica que si el área superficial sobrepasa de 0.04 m² se pueden ensayar solamente 5 unidades completas, por lo tanto, se realizaron 3 ensayos de 5 unidades cada uno.

Debido a que no se contaba con el equipo necesario para poder determinar la resistencia a la flexión descrito por la norma ISO 10545-4 en el apéndice 1 apartado 4 fue necesario cortar las unidades de piso cerámico, no obstante, en dicho apartado menciona que en casos excepcionales en donde el piso cerámico sea muy grande y esto dificulte poder introducirlo al aparato de ensayo se puede proceder a cortar y dependiendo de la dimensión indica el número de probetas necesarias para el ensayo; para nuestro caso, dado que la dimensión es mayor a 95 mm se deberá ensayar 7 probetas por ensayo, por lo tanto, se realizaron 3 ensayos de 7 unidades cortadas cada uno, teniendo en cuenta que se podrían presentar variaciones en los resultados

Una vez finalizada la ejecución de los ensayos de laboratorio se presentan los resultados obtenidos para la determinación del cumplimiento o no cumplimiento de los requisitos investigados.

Fabricante A. El fabricante ofrece un producto que cumple con los requisitos mínimos exigidos por la norma internacional ISO. Para grupo AII y un ladrillo terminado de 32x32x0.75 cm

En las **Tablas No. 73 y No. 74** se muestran los resultados de absorción y tolerancia dimensional y resistencia a flexión respectivamente para el fabricante A.

Tabla No. 73 Resultados absorción y tolerancia dimensional de ladrillos de piso cerámico de fabricante A.

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Absorción (%)	9.7	9.5	9.3	10.0	9.8	9.5	10.0	9.3	9.9	9.2	9.7	9.7	9.5	9.5	10.0
Requerimiento Máximo (%)	≤11														
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Longitud (mm)	315	316	316	316	316	316	316	316	316	315	315	315	316	315	316
Requerimiento (mm)	320±6.4 (±2%)														
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ancho (mm)	315	316	316	315	315	316	316	316	316	316	316	316	315	315	316
Requerimiento (mm)	320±6.4 (±2%)														
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Altura (mm)	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
Requerimiento (mm)	7.5±0.75 (±10%)														
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Propia.

Tabla No. 74 Resultados de resistencia a flexión de ladrillos de piso cerámico de fabricante A.

Características No.	Resistencia individual (N/mm ²)	Requerimiento (N/mm ²)	Cumplimiento (SI/NO)	Promedio siete especímenes	Requerimiento (N/mm ²)	Cumplimiento (SI/NO)
1	21.4	≥15	SI	20.2	≥17.5	SI
2	19.6		SI			
3	21.0		SI			
4	19.9		SI			
5	19.1		SI			
6	21.0		SI			
7	19.6		SI			
8	25.3		-	19.8		SI
9	20.0		SI			
10	18.9		SI			
11	18.8		SI			
12	19.9		SI			
13	21.4		SI			
14	19.5		SI			
15	22.8		SI	20.3		SI
16	19.0		SI			
17	19.0		SI			
18	21.2		SI			
19	19.2		SI			
20	19.6		SI			
21	21.5		SI			

Fuente: Propia.

Nota: el resultado del espécimen No. 8 no se tomará en cuenta para el promedio de la resistencia a la flexión ya que está alejado del resto de especímenes.

Los valores promedio de resistencia a la flexión, absorción, longitud, ancho y altura para fabricante A se detallan en la **Tabla No. 75**.

Tabla No. 75 Valores promedio de resistencia a la flexión, absorción, longitud, ancho y altura para fabricante A.

Resistencia promedio (espécimen individual) MPa	20.1
Resistencia promedio de siete especímenes (MPa)	20.1
Absorción promedio (espécimen individual) %	9.6
Longitud promedio (mm)	315.7
Ancho promedio (mm)	315.7
Altura promedio (mm)	7.7

Fuente: Propia.

Fabricante B. El fabricante B igualmente ofrece un producto que cumple con los requisitos mínimos exigidos por la norma internacional ISO. Para grupo All así como un ladrillo terminado de dimensiones 32x32x0.75 cm

En las **Tablas No. 76 y No. 77** se muestran los resultados de resistencia a flexión, absorción y tolerancia dimensional para el fabricante A.

Tabla No. 76 Resultados de absorción y tolerancia dimensional de ladrillos de piso cerámico de fabricante B.

No. Características	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Absorción (%)	9.9	9.6	9.5	10.2	9.8	9.5	9.6	9.9	9.6	9.9	9.9	10.0	9.9	10.1	9.8
Requerimiento Máximo (%)	≤11														
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Longitud (mm)	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	315	315	316	315	316
Requerimiento (mm)	320±6.4 (±2%)														
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ancho (mm)	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	316	317	317
Requerimiento (mm)	320±6.4 (±2%)														
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Altura (mm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
Requerimiento (mm)	7.5±0.75 (±10%)														
Cumplimiento (SI/NO)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Propia.

Tabla No. 77 Resultados de resistencia a flexión de ladrillos de piso cerámico de fabricante B.

No.	Características	Resistencia individual (N/mm ²)	Requerimiento (N/mm ²)	Cumplimiento (SI/NO)	Promedio siete especímenes	Requerimiento (N/mm ²)	Cumplimiento (SI/NO)
1		19.9	≥15	SI	20.4	≥17.5	SI
2		20.2		SI			
3		21		SI			
4		19.9		SI			
5		19.9		SI			
6		22.0		SI			
7		20.0		SI			
8		20.2		SI	21.1		SI
9		22.4		SI			
10		21.1		SI			
11		20.4		SI			
12		19.9		SI			
13		22.1		SI			
14		21.7		SI			
15		22.7		SI	21.9		SI
16		21.7		SI			
17		23.7		SI			
18		22.8		SI			
19		20.6		SI			
20		21.2		SI			
21		20.4		SI			

Fuente: Propia.

Los valores promedio de resistencia a la flexión, absorción, longitud, ancho y altura para fabricante B se detallan en la **Tabla No. 78**.

Tabla No. 78 Valores de promedio de resistencia a la flexión, absorción, longitud y ancho para fabricante B.

Resistencia a la flexión promedio (especimen individual) MPa	21.1
Resistencia a la flexión promedio de siete especímenes (MPa)	21.1
Absorción promedio (especimen individual) %	9.8
Longitud promedio (mm)	316.9
Ancho promedio (mm)	316.9
Altura promedio (mm)	6.8

Fuente: Propia.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La población de resultados se muestra en las **Figuras No. 61** a la **67** que corresponden a absorción por valor individual, absorción promedio de 5 especímenes, resistencia a flexión obtenida por valor individual, resistencia promedio de siete especímenes, longitud, ancho, y altura respectivamente, para los fabricantes en estudio.

Requisito de absorción.

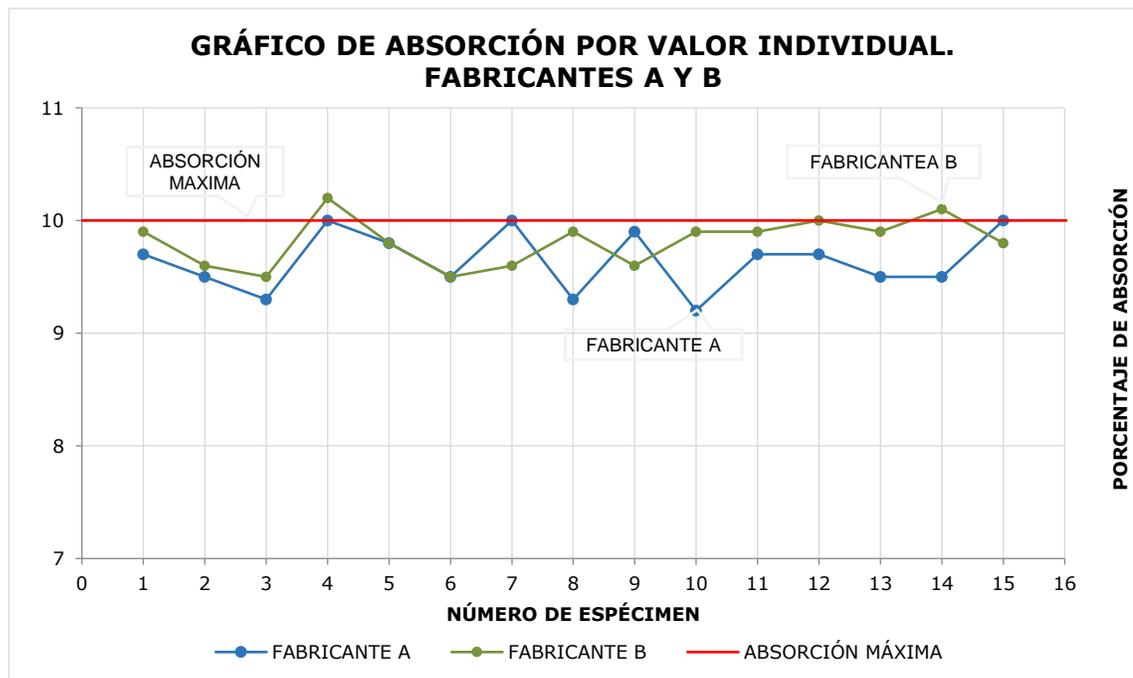


Figura No. 61 Gráfico de absorción como valor individual. Fabricantes A y B.
Fuente: Propia.

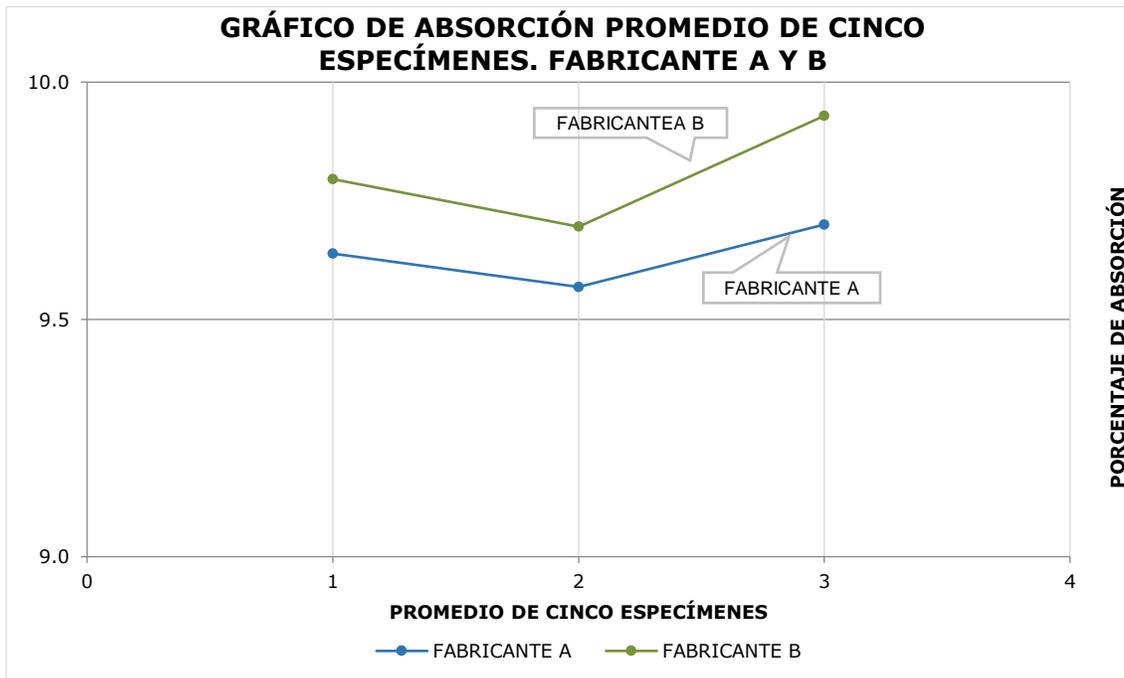


Figura No. 62 Gráfico de tendencia de resultados de absorción. Para los dos fabricantes
Fuente: Propia.

El requisito máximo de absorción exigido por la norma ISO 13006 debe ser $\leq 11\%$ y en la **figura No. 61 y No. 62** se representa la tendencia de resultados obtenidos para la absorción como valor individual para el fabricante A y B, donde se puede observar que para el fabricante A los resultados varían entre **9.2%** y **10.0%**, con un promedio de **9.6%** y que al evaluar el grado de cumplimiento se determina que el **100% (15/15)** de los especímenes ensayados cumplen con el requisito descrito anteriormente.

Para el fabricante B el rango de valores oscilan entre **9.5%** y **10.2%** obteniendo un valor promedio de **9.8%**, determinándose que el **87% (13/15)** cumple con el requisito exigido por la norma.

Requisito de resistencia a la flexión.

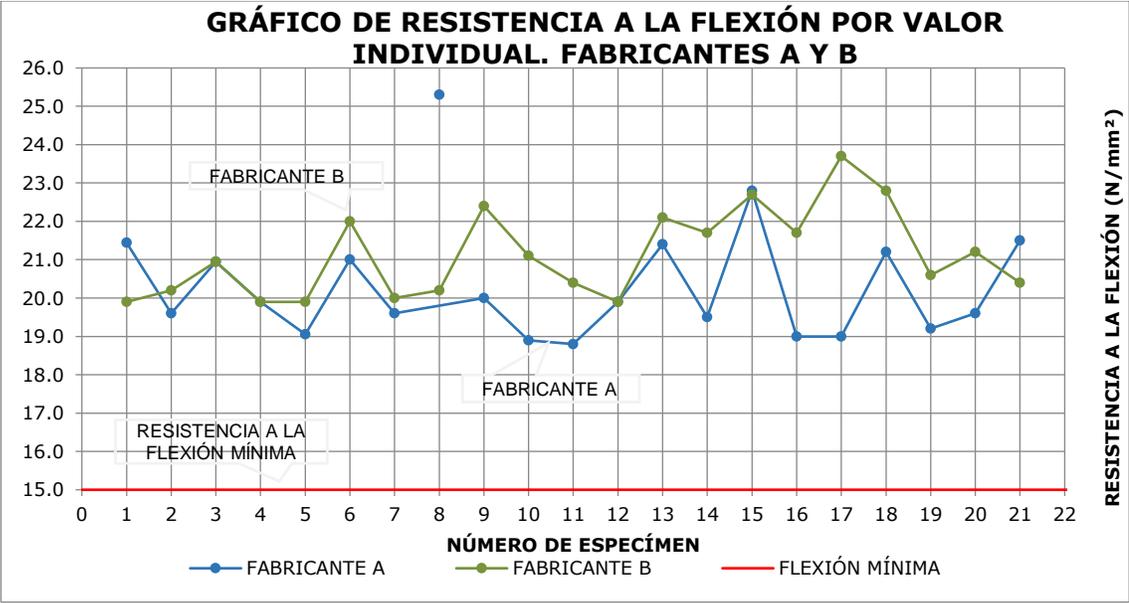


Figura No. 63 Gráfico de resistencia a la flexión como valor individual. Fabricantes A y B.
Fuente: Propia.

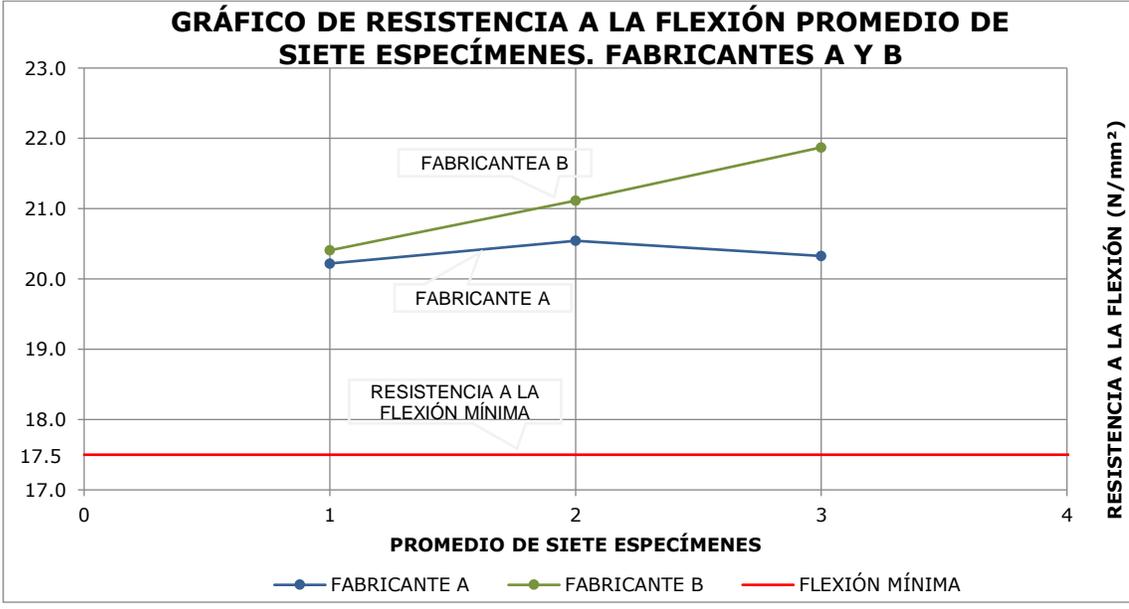


Figura No. 64 Gráfico de resistencia a la flexión promedio de siete especímenes. Fabricantes A y B.
Fuente: Propia.

Debido a que no se contaba con el equipo necesario para seguir el procedimiento de ensayo descrito en la norma ISO 10545-4, los resultados obtenidos no pueden compararse con exactitud con los requisitos de especificación, no obstante para los dos fabricantes se representan los datos obtenidos como valor individual y promedio de siete especímenes en las **Figuras No. 63 y No. 64** respectivamente, pudiendo observar que por valor individual para el fabricante A el rango de valores varían entre **18.8 y 25.3 N/mm²** obteniendo un promedio de **20.1 N/mm²**. Así mismo para el promedio de siete especímenes el rango de valores oscila entre **19.8 y 20.3 N/mm²**.

Para el fabricante B el rango de valores de los resultados se encuentran entre **19.9 y 23.7 N/mm²** con un promedio de **21.1 N/mm²**. De igual manera el rango de valores para el promedio de siete especímenes varía entre **20.4 y 21.9 N/mm²**. Se aprecia que los dos fabricantes sobrepasan el requisito mínimo a flexión que exige la norma ISO 13006, teniendo que ser ≥ 15 N/mm².

Requisito de tolerancia dimensional.

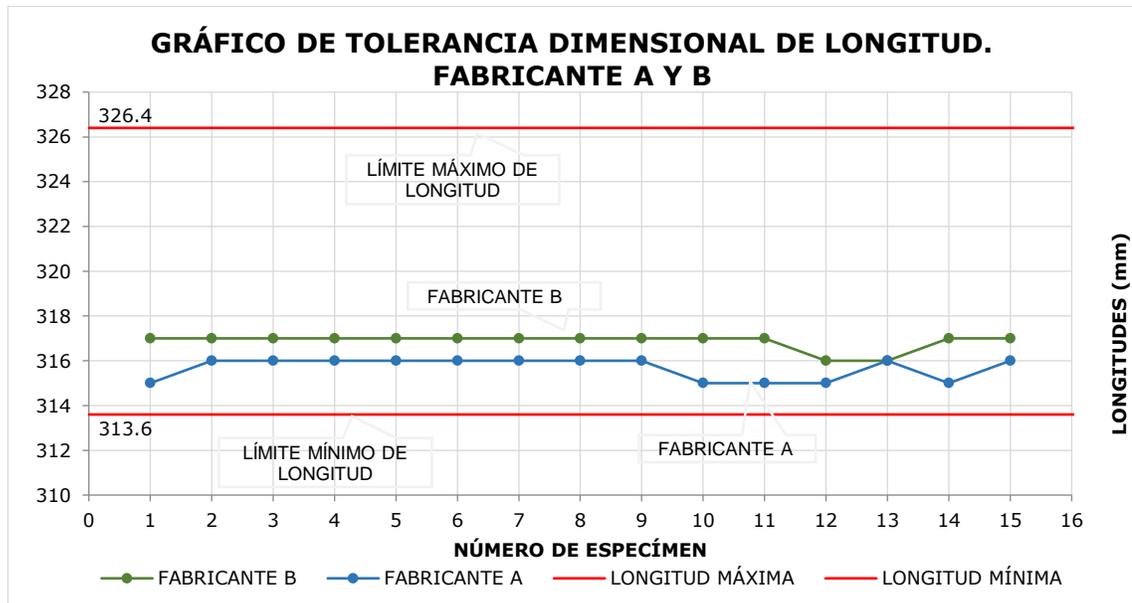


Figura No. 65 Gráfico de tendencia de resultados de longitud. Para los dos fabricantes.
Fuente: Propia

En la **Figura No. 65** se aprecia que, para el requisito de largo el rango de valores para el fabricante A varía entre **315 y 316 mm** obteniendo un promedio de **315.7 mm**, donde al evaluar el grado de cumplimiento se determina que el **100% (15/15)** cumple con la tolerancia descrita en la norma ISO 13006 de **320±6.4 mm (±2%)**. Para el fabricante B los valores oscilan entre **315 y 317 mm** obteniendo un promedio de **316.9 mm**; de los cuales el **100% (15/15)** cumplen con la tolerancia descrita en la norma.

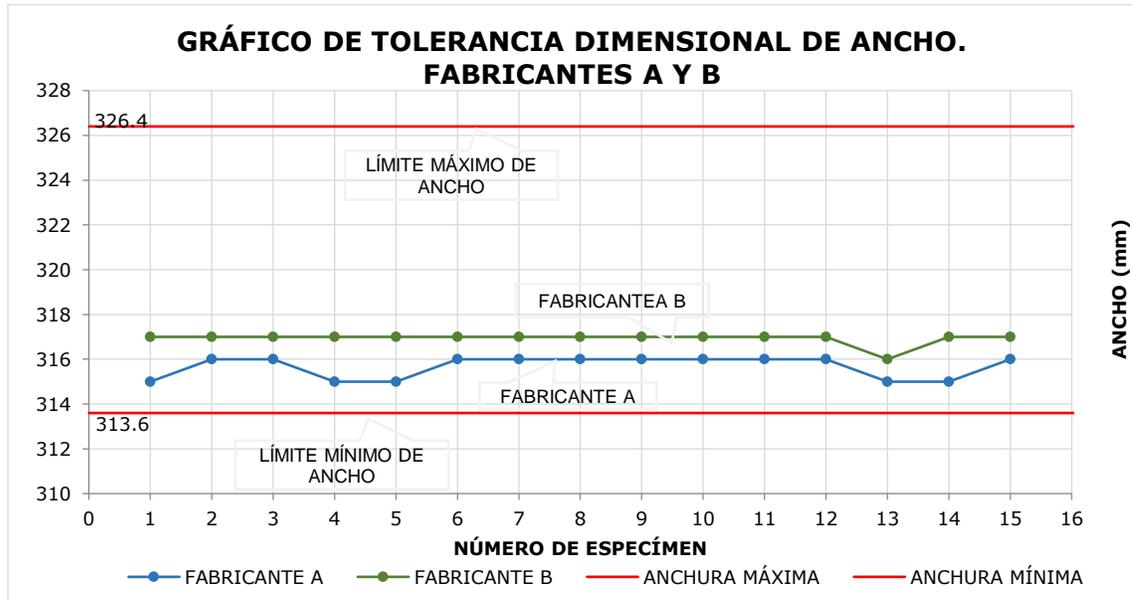


Figura No. 66 Gráfico de tolerancia dimensional de ancho. Fabricantes A y B.
Fuente: Propia

En la **Figura No. 66** se observa que, para el requisito de ancho los valores de los resultados obtenidos para el fabricante A varían entre **315.0** y **316.0 mm** que hacen un promedio de **315.7 mm** de los que el **100% (15/15)** cumple con la tolerancia descrita en la norma ISO 13006 de **320 ± 6.4 mm ($\pm 2\%$)**.

Para el fabricante B los resultados varían entre **316.0** y **317.0 mm**, con un promedio de **316.9 mm**, por lo que se determina que el **100% (15/15)** cumple con la tolerancia que describe la norma.

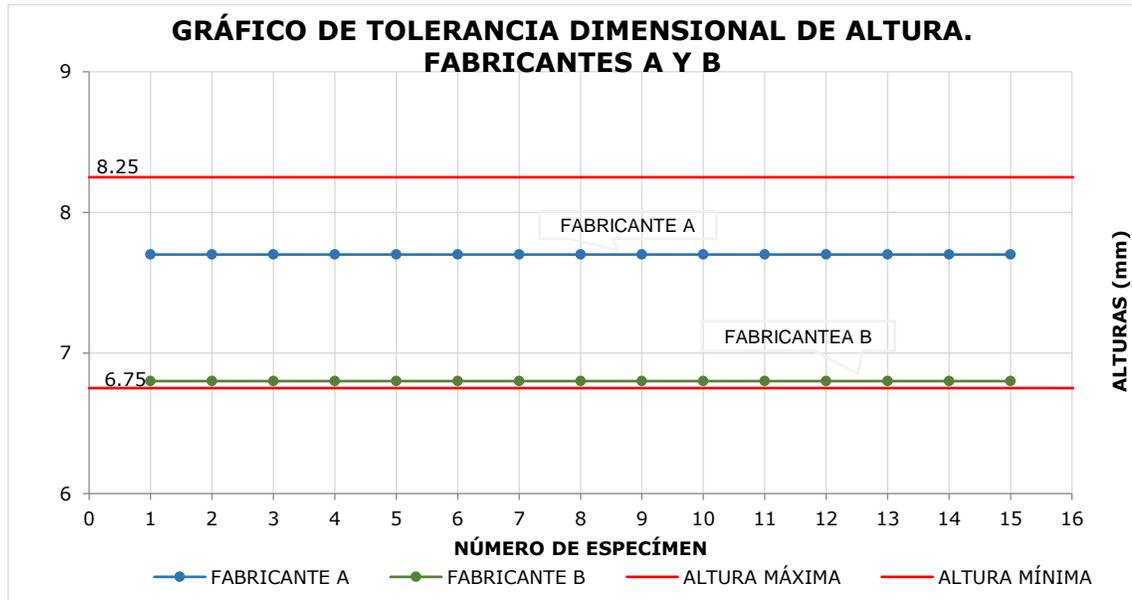


Figura No. 67 Gráfico de tolerancia dimensional de altura. Fabricantes A y B.
Fuente: Propia

La representación de datos mostrados en la **Figura No. 67** corresponden a la medición de altura de los ladrillos de piso cerámico, donde se aprecia que para el fabricante A los resultados obtenidos son uniformes con un valor de **7.7 mm** por lo que al evaluar el grado de cumplimiento se puede determinar que el **100% (15/15)** cumplen con el requisito que describe la norma ISO 13006 de **7.5±0.75 mm (±10%)**.

Para el fabricante B igualmente los resultados son uniformes con un valor de **6.8 mm**, por lo que claramente se observa que el **100% (15/15)** de los especímenes cumplen con la tolerancia descrita en la norma.

Sin embargo, se aprecia que los resultados de la fábrica B se acerca al límite inferior de tolerancia

En la **Tabla No 79**. Se muestra el porcentaje de cumplimiento para las tres empresas de los requisitos de adoquines que exige la norma.

Tabla No 79. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de adoquines que exige la norma para las tres empresas.

Propiedad	Fabricante	FABRICANTE A	FABRICANTE B
Resistencia a la flexión (individual)		-	-
Resistencia a la flexión (promedio siete especímenes)		-	-
Absorción (individual)		(15/15)=100%	(15/15)=100%
Largo		(15/15)=100%	(15/15)=100%
Ancho		(15/15)=100%	(15/15)=100%
Alto		(15/15)=100%	(15/15)=100%
Grado de cumplimiento general		100%	100%

Fuente: Propia.

Luego del análisis de resultados se determina lo siguiente:

El requisito de absorción como valor individual, los dos fabricantes lo cumplen al **100%**.

Los requisitos de largo, ancho y alto los dos fabricantes lo cumplen al **100%**.

El total de los requisitos evaluados los dos fabricantes los cumplen de la siguiente forma: **Fabricante A: 100%, y B: 100%**.

4.1.6 BLOQUES DE CONCRETO.

Para el análisis de las características de los bloques se recurre a las normas de ensayo que se mencionan en el capítulo II, haciendo uso de la norma de especificación ASTM C-90-06 “Especificación estándar para unidades de mampostería de concreto con carga”. Para alcanzar el objetivo de la

investigación, se debe contar con una población representativa, tomando muestras de las empresas que comercializan estos productos estandarizados, denominándolas “Empresa A, B, y C”. La “Empresa C” no fabrica bloques de 20 cm por lo que se recurre a una empresa adicional a la que denominamos “Empresa D” (Ver **Figura No. 68**).

En la **Tabla No. 80**. Se presentan los requisitos mínimos de resistencia, absorción y la clasificación por peso; así mismo la **Tabla No. 81**. Muestra las tolerancias de espesores.

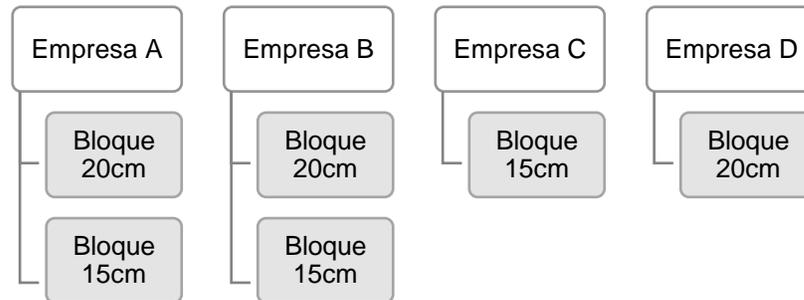


Figura No. 68 Los diferentes tipos de bloques de concreto que se estudiaron por empresa.

Fuente: Propia.

Tabla No. 80. Requerimientos de resistencia, absorción, y clasificación por peso.

Clasificación por peso	Muestra seca – Densidad del concreto, (Kg/m ³)	Máxima absorción de agua, (Kg/m ³)		Resistencia Mínima a la Compresión en el área Neta, (MPa)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad Individual	Promedio de 3 unidades	Unidad Individual
Peso Ligero	Menos que 1680	288	320	13.1	11.7
Peso Medio	Entre 1680 - 2000	240	272	13.1	11.7
Peso Normal	Más de 2000	208	240	13.1	11.7

Fuente: ASTM C-90-06 “Especificación estándar para las unidades de mampostería de concreto portantes”

Tabla No. 81. Espesores de tabiques y paredes.

Ancho nominal de las unidades (mm)	Espesor mínimo de las paredes (mm)	Espesor de Tabiques	
		Tabique mínimo (mm)	Tabique equivalente mínimo (mm/ml)
76.2 hasta 102	19	19	136
152	25	25	188
203	32	25	188
254 y mas	32	29	209

Fuente: ASTM C-90-06 “Especificación estándar para las unidades de mampostería de concreto portantes”

Resultados.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos por empresa.

Dimensiones.

Empresa A. La empresa distribuye bloques enteros, asegurando poseer un método de fabricación innovador que satisface los requerimientos de la ASTM C-90-06 “Especificación estándar para unidades de mampostería de concreto portante”.

A continuación, en la **Tabla No. 82** se tienen los resultados de las dimensiones de una población de 15 especímenes por cada juego de bloque de 15 y 20 cm, para este fabricante las dimensiones reales son:

Bloques de 15 cm

- 390 mm x 142 mm x 190 mm

Bloques de 20 cm

- 390 mm x 195 mm x 190 mm (ver en la **tabla No. 83**)

En la **Tabla No. 81**, se muestra el grado de cumplimiento de cada dimensión para los bloques de 15 y 20 cm.

Tabla No. 82. Resultados de las dimensiones de los bloques de 15 cm y 20 cm, empresa A.

BLOQUES DE 15 cm															
ESPECIMEN	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15
PROMEDIO LARGO (mm)	390.0	392.5	390.0	392.5	392.5	390.0	392.5	392.5	390.0	392.5	392.5	392.5	392.5	392.5	392.5
PROMEDIO ANCHO (mm)	140.0	140.0	140.0	140.0	142.5	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	142.5	142.5	142.5	140.0	142.5
PROMEDIO ALTURA (mm)	190.0	192.5	190.0	192.5	190.0	192.5	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	192.5
BLOQUES DE 20 cm															
ESPECIMEN	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15
PROMEDIO LARGO (mm)	390.0	392.5	390.0	390.0	390.0	392.5	390.0	390.0	392.5	392.5	392.5	392.5	392.5	392.5	392.5
PROMEDIO ANCHO (mm)	192.5	195.0	195.0	195.0	192.5	195.0	192.5	187.5	195.0	190.0	195.0	195.0	195.0	195.0	195.0
PROMEDIO ALTURA (mm)	190.0	190.0	185.0	187.5	187.5	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	187.5

Fuente: Propia.

Tabla No. 83. Requerimientos de acuerdo a la Norma de Especificación.

BLOQUE DE 15 CM DE ANCHO	REQUERIMIENTO	RANGO DE VALORES	CUMPLIMIENTO	BLOQUE DE 20 CM DE ANCHO	REQUERIMIENTO	RANGO DE VALORES	CUMPLIMIENTO
LARGO 40 cm	390.0 ± 3.2 (386.8 – 393.2)	390.0 - 392.5	15/15=100%	LARGO 40 cm	390.0 ± 3.2 (386.8 – 393.2)	390.0 - 392.5	15/15=100%
ANCHO 15 cm	142.0 ± 3.2 (138.8 – 145.2)	140.0 - 142.5	15/15=100%	ANCHO 20 cm	195.0 ± 3.2 (191.8 – 198.2)	187.5 - 195.0	14/15=93%
ALTURA 20 cm	190.0 ± 3.2 (186.8 – 193.2)	190.0 - 192.5	15/15=100%	ALTURA 20 cm	190.0 ± 3.2 (186.8 – 193.2)	185.0 - 190.0	14/15=93%

Fuente: Propia.

Espesores de tabiques y pared.

Empresa A. En la **Tabla No. 84** se muestran los resultados obtenidos de las dimensiones de tabique y de pared para los bloques de 15 cm y de 20 cm.

Tabla No. 84. Resultados de los espesores de tabique y pared 15 cm y 20 cm.

BLOQUES DE CONCRETO (15 cm)																CUMPLIMIENTO
Espécimen N°	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
Tabique (mm)	28.5	31.0	27.0	27.3	28.0	28.0	27.6	27.4	27.2	27.7	29.0	28.3	28.0	27.5	27.1	
	5	0	0	5	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	5	
	36.5	30.0	30.5	31.0	31.0	21.0	29.3	30.4	29.8	29.3	28.0	28.2	28.0	29.0	30.0	
	29.0	27.0	29.3	30.3	29.5	31.0	31.0	31.0	30.4	31.0	30.0	31.0	30.4	30.6	31.0	
Tabique Promedio (mm)	31	29	29	30	30	27	29	30	29	29	29	29	29	29	29	15/15=100%
Tabique mínimo (mm)	25															
Pared (mm)	27.0	27.0	27.5	27.2	27.3	27.2	27.0	27.8	26.8	26.9	27.0	27.0	27.0	26.6	27.4	
	27.2	27.1	27.0	27.4	28.0	27.3	27.0	27.5	27.1	27.0	27.1	27.1	27.1	27.2	27.1	
Diferencia	0.25	0.15	0.50	0.17	0.70	0.05	0.05	0.30	0.27	0.10	0.03	0.10	0.18	0.63	0.25	
Promedio de Pared (mm)	27	27	27	27	28	27	27	28	27	27	27	27	27	27	27	15/15=100%
Espesor de pared mínimo (mm)	25															
Espesor de Tabique Equivalente	241	225	222	227	226	205	225	227	224	224	222	224	221	222	225	15/15=100%
Tabique Equivalente mínimo (mm/m)	188															
BLOQUES DE CONCRETO (20 cm)																CUMPLIMIENTO
Espécimen N°	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
Tabique (mm)	38.4	37.5	35.8	41.6	38	42.1	32.4	34.2	37.2	31.7	31.8	31	32.3	31.4	31	
	37.6	37.2	40	37.9	38	37.7	35.1	39	37.7	33.8	34.6	33.7	32.8	34.2	34.8	
	39.1	38.8	38.5	36.1	40	38	29.7	35	39.5	31.6	32.6	32.7	32.3	32.8	32.5	
Tabique Promedio (mm)	38	38	38	39	39	39	32	36	38	32	33	32	32	33	33	15/15=100%
Tabique mínimo (mm)	25															
Pared (mm)	35.4	36.5	35.2	35.6	36.1	35.9	40.5	36.4	35.5	38.8	38.5	39.0	38.8	37.9	38.7	
	35.2	35.2	34.6	35.7	36.6	34.8	38.7	34.0	34.9	37.9	38.7	38.4	39.1	38.5	38.6	
Diferencia	0.20	1.33	0.55	0.15	0.50	1.08	1.85	2.40	0.65	0.83	0.25	0.65	0.35	0.55	0.10	
Promedio de Pared (mm)	35	36	35	36	36	35	40	35	35	38	39	39	39	38	39	15/15=100%
Espesor de pared mínimo (mm)	32															
Espesor de Tabique Equivalente	296	290	294	297	297	301	249	278	292	248	253	249	249	251	251	15/15=100%
Tabique Equivalente mínimo (mm/m)	188															

Fuente: propia.

Empresa B. Distribuye el producto bajo norma ASTM C90, asegurando que el cumple de cada uno de los requisitos de la norma establece mencionada, a continuación, estos fueron los resultados ver **Tabla No. 85.**

Las dimensiones reales de esta empresa son:

Bloque de 15 cm

- 390 mm × 142 mm × 190 mm

Bloque de 20 cm

- 390 mm × 190 mm × 190 mm (ver en la **Tabla No. 86**)

La **Tabla No. 86**, se muestra el número de especímenes que lograron aprobar el requisito mínimo y así mismo el porcentaje del grado de cumplimiento obtenido por dimensiones y por tipo de bloque.

Tabla No. 85. Resultados de las dimensiones para bloques de 15 cm y 20 cm para la empresa B.

BLOQUES DE 15 cm															
ESPECIMEN	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15
PROMEDIO LARGO (mm)	390.0	387.5	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0
PROMEDIO ANCHO (mm)	142.5	140.0	140.0	142.5	142.5	142.5	140.0	140.0	140.0	140.0	142.5	142.5	142.5	140.0	142.5
PROMEDIO ALTURA (mm)	190.0	187.5	187.5	187.5	190.0	190.0	190.0	187.5	187.5	190.0	187.5	190.0	190.0	190.0	190.0
BLOQUES DE 20 cm															
ESPECIMEN	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15
PROMEDIO LARGO (mm)	390.0	387.5	387.5	390.0	390.0	387.5	387.5	390.0	390.0	387.5	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0
PROMEDIO ANCHO (mm)	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	187.5	190.0	190.0
PROMEDIO ALTURA (mm)	187.5	187.5	187.5	187.5	190.0	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	190.0	187.5	190.0	190.0

Fuente: Propia.

Tabla No. 86. Requerimientos de acuerdo a la Norma de Especificación.

BLOQUE DE 15 CM DE ANCHO	REQUERIMIENTO	RANGO DE VALORES	CUMPLIMIENTO	BLOQUE DE 20 CM DE ANCHO	REQUERIMIENTO	RANGO DE VALORES	CUMPLIMIENTO
LARGO 40 cm	390.0 ± 3.2 (386.8 – 393.2)	387.5 - 390.0	15/15=100%	LARGO 40 cm	390.0 ± 3.2 (386.8 – 393.2)	387.5 - 390	15/15=100%
ANCHO 15 cm	142.0 ± 3.2 (138.8 – 145.2)	140.0 - 142.5	15/15=100%	ANCHO 20 cm	190.0 ± 3.2 (186.8 – 193.2)	187.5 - 190	15/15=100%
ALTURA 20 cm	190.0 ± 3.2 (186.8 – 193.2)	187.5 - 190.0	15/15=100%	ALTURA 20 cm	190.0 ± 3.2 (186.8 – 193.2)	187.5 - 190	15/15=100%

Fuente: Propia.

Espesores de tabiques y pared.

Empresa B. en la **Tabla No. 87** se muestra los resultados de las dimensiones tabiques y paredes para bloques de 15 cm y 20 cm.

Tabla No. 87. Resultados de los espesores de tabique y pared 15 cm y 20 cm.

BLOQUES DE CONCRETO (15 cm)																CUMPLIMIENTO SI/NO
Espécimen N°	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
Tabique (mm)	29.2	29.5	29.6	28.2	29.4	31.1	29.8	28.3	29.1	29.2	31.5	29.8	30.0	30.6	29.2	
	2	5	2	4	5	0	5	2	5	0	6	5	8	5	8	
	28.0	29.2	27.8	29.1	28.1	28.2	28.4	28.4	28.6	28.3	28.0	28.4	28.1	28.2	28.0	
Tabique Promedio (mm)	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	30	30	29	29	15/15=100%
Tabique mínimo (mm)	25															
Pared (mm)	29.3	29.4	30.5	29.1	28.6	29.7	30.6	29.1	29.3	29.1	29.9	28.4	30.3	29.2	29.2	
	28.2	29.3	29.0	29.2	30.6	29.1	28.3	30.0	29.0	30.4	28.9	29.5	28.8	29.0	28.7	
Diferencia	1.04	0.05	1.47	0.08	1.99	0.62	2.30	0.94	0.30	1.33	0.95	1.13	1.48	0.27	0.50	
Promedio de Pared (mm)	29	29	30	29	30	29	30	30	29	30	29	29	30	29	29	15/15=100%
Espesor de pared mínimo (mm)	25															
Espesor de Tabique Equivalente	223	226	227	223	222	225	224	225	225	226	227	229	228	225	225	15/15=100%
Tabique Equivalente mínimo (mm/m)	188															
BLOQUES DE CONCRETO (20 cm)																
Tabique (mm)	32.3	31.4	33	31.4	31.7	32.6	30.6	30.3	32	32.6	31	31.2	30.2	31	30.3	
	32.7	33.5	33.6	34.5	33.2	32.4	33.5	33.6	33.7	32.4	31	32.2	31.2	32.5	33.5	
	30	30.5	31.3	33.9	31.5	31.4	32.4	31.1	31.5	31.4	32	33	31.4	32.6	30.1	
Tabique Promedio (mm)	32	32	33	33	32	32	32	32	32	32	31	32	31	32	31	15/15=100%
Tabique mínimo (mm)	25															
Pared (mm)	35.3	36.0	38.3	36.6	34.8	38.6	37.8	36.5	36.7	38.6	37.0	39.4	38.8	39.2	36.1	
	36.1	35.3	39.3	35.0	36.6	39.5	39.7	37.2	37.4	39.5	36.6	39.4	39.2	38.2	36.6	
Diferencia	0.78	0.78	0.98	1.60	1.75	0.93	1.88	0.68	0.62	0.93	0.33	0.02	0.33	1.04	0.47	
Promedio de Pared (mm)	36	36	39	36	36	39	39	37	37	39	37	39	39	39	36	15/15=100%
Espesor de pared mínimo (mm)	32															
Espesor de Tabique Equivalente	244	246	252	257	247	249	249	244	250	249	241	248	238	246	241	15/15=100%
Tabique Equivalente mínimo (mm/m)	188															

Fuente: Propia.

Empresa C Y D. Como se refleja en la **Figura No. 109**, la empresa C solo distribuye el bloque de 15 cm normado bajo ASTM, por lo que se hizo necesario recurrir a la compra de los bloques de 20 cm en otra empresa.

A continuación, Se muestran los resultados obtenidos del análisis de dimensiones (ver **Tabla No. 88.**), espesores de tabiques y paredes, de una población de 15 especímenes para cada tipo (15 cm para la empresa C y 20 cm para Empresa D).

Las dimensiones reales de la empresa C son:

Bloque de 15 cm

- 390 mm × 140 mm × 190 mm

Las dimensiones reales de la empresa D son:

Bloque de 20 cm

- 390 mm × 190 mm × 190 mm (ver en la **Tabla No. 89**)

Tabla No. 88. Resultados de las dimensiones de los bloques de 15 cm y 20 cm.

BLOQUES DE 15 cm – EMPRESA C															
ESPECIMEN	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15
PROMEDIO LARGO (mm)	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	392.5	392.5	392.5	392.5
PROMEDIO ANCHO (mm)	137.5	140.0	137.5	140.0	137.5	137.5	137.5	137.5	137.5	137.5	142.5	142.5	142.5	140.0	142.5
PROMEDIO ALTURA (mm)	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	187.5	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	192.5
BLOQUES DE 20 cm– EMPRESA D															
ESPECIMEN	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15
PROMEDIO LARGO (mm)	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	392.5	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0	390.0
PROMEDIO ANCHO (mm)	190.0	192.5	190.0	192.5	190.0	190.0	190.0	187.5	190.0	190.0	192.5	190.0	190.0	190.0	190.0
PROMEDIO ALTURA (mm)	182.5	185.0	185.0	187.5	187.5	190.0	187.5	187.5	190.0	187.5	187.5	187.5	185.0	185.0	185.0

Fuente: Propia.

Tabla No. 89. Requerimientos de acuerdo a la Norma de Especificación.

BLOQUE DE 15 CM DE ANCHO	REQUERIMIENTO	RANGO DE VALORES	CUMPLIMIENTO	BLOQUE DE 20 CM DE ANCHO	REQUERIMIENTO	RANGO DE VALORES	CUMPLIMIENTO
LARGO 40 cm	390.0 ± 3.2 (386.8 – 393.2)	390.0 - 392.5	15/15=100%	LARGO 40 cm	390.0 ± 3.2 (386.8 – 393.2)	390.0 - 392.5	15/15=100%
ANCHO 15 cm	140.0 ± 3.2 (136.8 – 143.2)	137.5 - 142.5	15/15=100%	ANCHO 20 cm	190.0 ± 3.2 (186.8 – 193.2)	187.5 - 192.5	15/15=100%
ALTURA 20 cm	190.0 ± 3.2 (186.8 – 193.2)	187.5 - 192.5	15/15=100%	ALTURA 20 cm	190.0 ± 3.2 (186.8 – 193.2)	185.0 - 190.0	9/15=60%

Fuente: Propia. Espesores de tabiques y pared.

Empresa C y D. en la **Tabla No. 90** se muestra los resultados de las dimensiones tabiques y paredes para bloques de 15 y 20 cm.

Tabla No. 90. Resultados de los espesores de tabique y pared de bloque de 15 cm y 20 cm.

BLOQUES DE CONCRETO (15 cm) – EMPRESA C																CUMPLIMIENTO O SI/NO
Espécimen N°	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
Tabique (mm)	32.4 8	32.4 6	31.5 8	30.5 0	33.4 4	32.2 2	32.3 6	32.8 6	32.2 2	33.0 0	31.0 0	32.0 6	33.6 4	32.3 6	31.1 2	
	32.4	32.9	32.5	32.8	33.6	32.3	32.7	34.2	32.3	33.4	34.1	32.5	32.0	33.0	32.3	
	32.5	33.3	31.1	31.3	32.8	32.0	33.0	33.5	32.0	32.2	32.1	33.0	32.3	32.5	32.3	
Tabique Promedio (mm)	32	33	32	32	33	32	33	34	32	33	32	33	33	33	32	15/15=100%
Tabique mínimo (mm)	25															
Pared (mm)	27.8	27.6	26.6	27.2	28.0	26.8	28.0	33.5	27.2	28.0	27.6	27.3	26.4	27.3	27.9	
	27.7	27.4	27.1	26.5	28.2	27.9	27.2	33.2	28.0	28.3	26.8	30.6	27.2	27.2	27.6	
Diferencia	0.10	0.16	0.50	0.65	0.17	1.04	0.80	0.32	0.77	0.26	0.83	3.29	0.78	0.18	0.31	
Promedio de Pared (mm)	28	28	27	27	28	27	28	33	28	28	27	29	27	27	28	15/15=100%
Espesor de pared mínimo (mm)	25															
Espesor de Tabique Equivalente	249	253	244	243	257	248	251	259	248	253	249	249	250	250	244	15/15=100%
Tabique Equivalente mínimo (mm/m)	188															
BLOQUES DE CONCRETO (20 cm) – EMPRESA D																
Tabique (mm)	40.0	39.5	38.8	31.5	39.1	43.2	40.6	36.4	39.8	39.5	39.7	38.2	39.6	38.5	40.5	
	37.7	37.9	41.2	39.0	41.1	39.5	39.7	39.5	37.2	39.7	40.7	40.6	40.6	38.3	41.7	
	39.7	41.6	36.0	43.0	40.0	39.7	40.3	39.8	37.6	40.7	39.6	40.1	38.1	41.1	36.6	
Tabique Promedio (mm)	39	40	39	38	40	41	40	39	38	40	40	40	39	39	40	15/15=100%
Tabique mínimo (mm)	25															
Pared (mm)	35.6	38.1	34.6	35.4	36.8	36.6	37.5	36.0	35.0	35.7	35.5	36.0	37.1	35.6	35.1	
	36.5	36.3	36.0	37.8	37.9	37.5	36.4	36.1	35.4	35.3	33.9	36.2	36.8	36.6	35.6	
Diferencia	0.85	1.85	1.35	2.45	1.05	0.90	1.05	0.10	0.47	0.35	1.65	0.15	0.25	1.05	0.57	
Promedio de Pared (mm)	36	37	35	37	37	37	37	36	35	36	35	36	37	36	35	15/15=100%
Espesor de pared mínimo (mm)	32															
Espesor de Tabique Equivalente	301	305	298	292	307	312	309	297	294	307	307	304	304	302	305	15/15=100%
Tabique Equivalente mínimo (mm/m)	188															

Fuente: Propia.

Absorción.

Empresa A – Empresa B – Empresa C – Empresa D. Para poder tener un criterio de comparación de los bloques para verificar su cumplimiento es necesario clasificar los bloques de concreto de acuerdo con su densidad tal como se muestra en la **Tabla No. 91**. Además, se presentan los resultados obtenidos de la absorción de especímenes individuales y del promedio de tres, para las cuatro empresas según la clasificación a la que estos pertenezcan, (ver en la **Tabla No. 92**).

Tabla No. 91. Resultados de densidades individuales y promedio de 3 unidades por empresa y tipo de bloque.

DENSIDAD (kg/m³)																
ESPECIMENES	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	CUMPLIMIENTO
	BLOQUE DE 15 cm															
EMPRESA A	1617	1683	1643	1657	1621	1642	1611	1657	1619	1623	1621	1602	1625	1618	1638	
Promedio (Kg/m ³)	1648			1640			1629			1615			1627			
Clasificación	PESO LIGERO			PESO LIGERO			PESO LIGERO			PESO LIGERO			PESO LIGERO			(5/5) = 100%
EMPRESA B	1895	2011	1927	1935	1882	1932	1943	1939	1947	1942	1922	1951	1877	1909	1879	
Promedio (Kg/m ³)	1944			1916			1943			1938			1888			
Clasificación	PESO MEDIO			PESO MEDIO			PESO MEDIO			PESO MEDIO			PESO MEDIO			(5/5) = 100%
EMPRESA C	2011	2026	1986	1998	2018	1988	2025	2029	2098	1954	2030	1954	2032	1982	2157	
Promedio (Kg/m ³)	2008			2001			2051			1979			2057			
Clasificación	PESO NORMAL			PESO NORMAL			PESO NORMAL			PESO MEDIO			PESO NORMAL			(4/5) = 80%
	BLOQUE DE 20 cm															
EMPRESA A	1665	1716	1662	1733	1744	1710	1675	1646	1745	1708	1739	1677	1704	1638	1667	
Promedio (Kg/m ³)	1681			1729			1689			1708			1670			
Clasificación	PESO MEDIO			PESO MEDIO			PESO MEDIO			PESO MEDIO			PESO LIGERO			(4/5) = 80%
EMPRESA B	1698	1710	1794	2055	1794	1868	1865	1823	1799	1847	1817	1867	1921	1884	1768	
Promedio (Kg/m ³)	1734			1906			1829			1844			1858			
Clasificación	PESO MEDIO			PESO MEDIO			PESO MEDIO			PESO MEDIO			PESO MEDIO			(5/5) = 100%
EMPRESA D	1599	1628	1556	1474	1564	1603	1595	1529	1530	1569	1603	1578	1606	1564	1546	
Promedio (Kg/m ³)	1594			1547			1551			1583			1572			
Clasificación	PESO LIGERO			PESO LIGERO			PESO LIGERO			PESO LIGERO			PESO LIGERO			(5/5) = 100%

Fuente: Propia.

Tabla No. 92. Resultados de absorción individuales y promedio de 3 unidades por empresa y tipo de bloque.

ABSORCION (kg/m³)																		CUMPLIMIENTO
		ESPECIMENES	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
		ESPECIFICACION	BLOQUES DE 15 cm															
EMPRESA A	VALOR INDIV.	≤320	181	130	156	151	170	167	179	159	179	166	164	185	163	169	145	(15/15)=100%
	VALOR PROM.	≤288	156			163			172			172			159			(5/5)=100%
EMPRESA B	VALOR INDIV.	≤272	193	106	201	181	193	185	152	160	153	157	172	150	177	166	178	(15/15)=100%
	VALOR PROM.	≤240	167			186			155			160			174			(5/5)=100%
EMPRESA C	VALOR INDIV.	≤240	162	160	169	166	158	160	170	172	169	160	171	154	156	160	178	(15/15)=100%
	VALOR PROM.	≤208	164			161			170			162			165			(5/5)=100%
BLOQUES DE 20 cm																		
EMPRESA A	VALOR INDIV.	≤272	177	156	187	138	117	161	183	188	136	157	138	166	158	190	182	(15/15)=100%
	VALOR PROM.	≤240	173			139			169			154			177			(5/5)=100%
EMPRESA B	VALOR INDIV.	≤272	157	224	174	182	178	203	154	154	177	210	149	149	156	176	202	(15/15)=100%
	VALOR PROM.	≤240	185			188			162			169			178			(5/5)=100%
EMPRESA D	VALOR INDIV.	≤320	140	108	189	243	165	134	145	196	198	169	152	159	131	171	201	(15/15)=100%
	VALOR PROM.	≤288	146			181			180			160			168			(5/5)=100%

Fuente: Propia.

Resistencia a la compresión***Empresa A – Empresa B – Empresa C – Empresa D.***

A continuación, en la **Tabla No. 93** se observan los resultados de las resistencias a la compresión individual de cada bloque 15 y 20 cm, y se compara con la resistencia mínima que depende de la clasificación por densidad del bloque, en la **Tabla No. 94** se presentan los resultados de cuatro ensayos, cuyos valores se obtuvieron como promedio de tres especímenes.

Nota: se establece que de los 15 especímenes que fueron sometidos a análisis de dimensiones y absorciones, solo 12 especímenes de forma aleatoria fueron sometidos a la prueba estándar de resistencia a la compresión.

Tabla No. 93. Resultados de la compresión individual por cada espécimen por empresa y por tipo de bloque.

ESPECIMENES		RESISTENCIA A LA COMPRESION EN EL AREA NETA (MPa)															CUMPLIMIENTO
		P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
EMPRESA A	BLOQUE 15 cm	11.9	11.5	11.6	11.1	13.0	-	11.0	-	-	11.1	12.1	11.4	11.1	11.1	12.0	4/12 = 33%
EMPRESA B		7.0	-	7.7	9.4	8.0	8.6	7.4	-	-	8.3	8.3	10.9	7.1	7.4	7.0	0/12 = 0%
EMPRESA C		20.2	19.2	18.7	18.5	22.8	21.9	19.8	21.8	18.8	18.8	16.2	16.2	-	-	-	12/12 = 100%
EMPRESA A	BLOQUE 20 cm	12.1	12.5	12.0	12.6	12.7	11.9	13.2	12.8	12.9	12.4	12.7	-	-	12.9	12.2	12/12 = 100%
EMPRESA B		6.6	5.3	7.6	9.7	8.5	7.3	8.7	8.3	-	5.6	8.4	8.5	-	-	5.6	0/12 = 0%
EMPRESA D		-	10.1	-	8.6	9.2	8.9	12.2	10.8	8.3	12.0	11.8	8.6	-	7.5	7.4	3/12 = 25%
MINIMA RESISTENCIA		11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	

Fuente: Propia.

Tabla No. 94. Resultados de la compresión del promedio de tres especímenes por empresa y por tipo de bloque.

PROMEDIO DE 3 UNIDADES - RESISTENCIA A LA COMPRESION EN EL AREA NETA (MPa)					CUMPLIMIENTO	
ESPECIMENES		PP1	PP2	PP3		PP4
EMPRESA A	BLOQUE 15 cm	11.7	11.7	11.5	11.4	0/4 = 0%
EMPRESA B		8.0	8.0	9.2	7.2	0/4 = 0%
EMPRESA C		19.4	21.1	20.1	17.1	4/4 = 100%
EMPRESA A	BLOQUE 20 cm	12.2	12.4	13.0	12.7	0/4 = 0%
EMPRESA B		6.5	8.5	7.5	7.5	0/4 = 0%
EMPRESA D		9.3	10.6	10.7	7.8	0/4 = 0%
MINIMA RESISTENCIA		13.1	13.1	13.1	13.1	

Fuente: Propia.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

A continuación, se analizarán los resultados presentados sobre las características evaluadas de los bloques por empresa, para luego hacer una comparación de resultados entre estas.

Se estudiará las características físicas como primer punto, posteriormente las características mecánicas, las que serán comparadas con las normas de especificación, para ver el grado de cumplimiento.

DIMENSIONES

A continuación, se presentará las gráficas correspondientes a los resultados obtenidos de las dimensiones de los bloques estudiados por empresa.

LARGO PARA BLOQUES DE 15 y 20 cm

Empresa A: Por medio de los gráficos se puede verificar sencillamente el grado de cumplimiento de las dimensiones de los bloques de 15 y 20 cm, tal como se nos muestran las **Figuras No. 69 y 70**, donde se observa que para el largo de bloques de 15 cm tienen resultados que oscilan entre **390 mm** hasta **392.5 mm**, con un valor promedio de **391.8 mm** resultando un cumplimiento del 100%, obteniéndose los mismos resultados para los bloques con un ancho de 20 cm.

Empresa B: En **Figura No. 69 y 70**, se puede observar que la longitud de cada bloque está dentro de los límites permitidos por la norma de especificación,

resultando un rango de resultados entre **387.5 mm** a **390.0 mm** con un promedio de **389.9 mm** con un 100% de cumplimiento para bloques de 15 cm y para bloques de 20 cm, oscilan los resultados en el mismo rango anterior, teniendo un promedio de **389.2 mm** cumpliendo de igual forma el 100%.

Empresa C: Para los bloques de 15 cm de esta empresa obtuvieron resultados en un rango **390.0 mm** hasta **392.5 mm** de largo, con un promedio de **390.7 mm** con un grado de cumplimiento del 100%.

Empresa D: Alcanzo un cumplimiento de 100% de este requisito, obteniendo valores entre **390.0 mm** a **392.0 mm** con un promedio **390.2 mm** para los bloques de 20 cm de esta empresa.

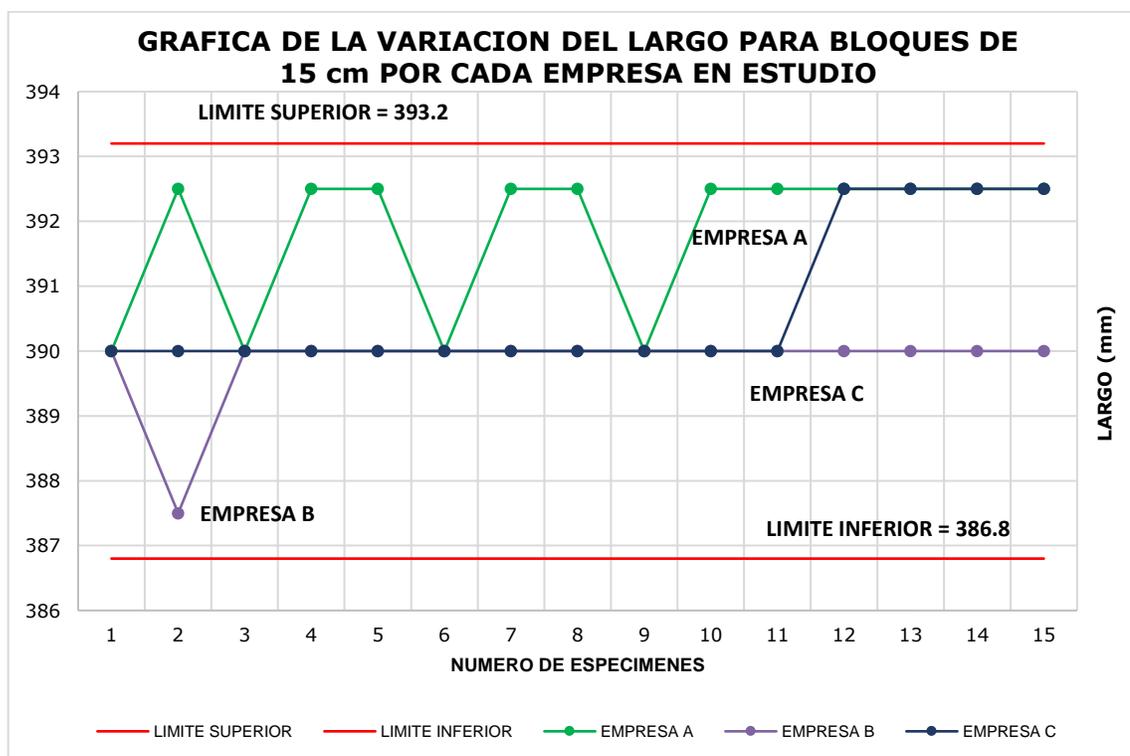


Figura No. 69 Comportamiento de la variación de la longitud de bloques de 15 cm de ancho para cada empresa en estudio.

Fuente: Propia.

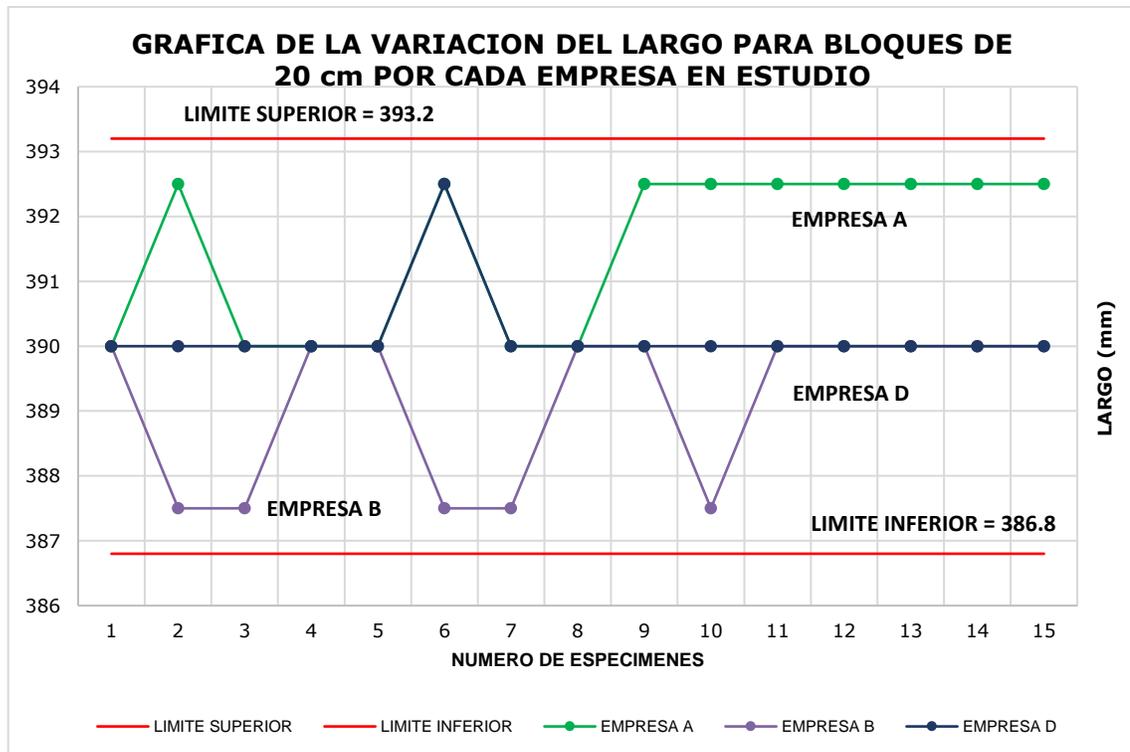


Figura No. 70 Comportamiento de la variación de la longitud de bloques de 20 cm de ancho para cada empresa en estudio.

Fuente: Propia.

ANCHO PARA BLOQUES DE 15 y 20 cm

Empresa A: Para el ancho de bloques de 15 cm podemos observar que oscilan los resultados entre **140.0 a 142.5 mm** con un promedio **140.8 mm** cumpliendo satisfactoriamente el 100% del requisito, por otro lado, los bloques de 20 cm oscilan entre **187.5 hasta 195 mm**, con un valor promedio de **193.7 mm** cumpliendo tan solo el 93% (14/15) de los bloques catalogando este resultado como bueno, pero no satisfactorio, (ver **Figura No. 71 y 72**).

Empresa B: esta empresa para bloques de 15 cm obtuvo resultados entre **140 mm** a **142.5 mm**, y como promedio un valor de **141.3 mm** que al evaluar su cumplimiento se determina que el 100% (15/15) cumplen la tolerancia indicada en la **tabla No. 84**, y para bloques de 20 cm el rango de anchos se encuentra dentro de **187.5 mm** a **190.0 mm**, con un valor promedio de **189.8 mm**, su cumplimiento se determina que es del 100% (15/15).

Empresa C: se obtuvieron valores que oscilan entre **137.5** a **142.5 mm** con un promedio **139.3 mm** dando como resultado un cumplimiento del 100% (15/15).

Empresa D: Los anchos variaron entre **187.5** a **192.5 mm**, con el promedio de la población de **190.3 mm**, su cumplimiento es de 100% (15/15).

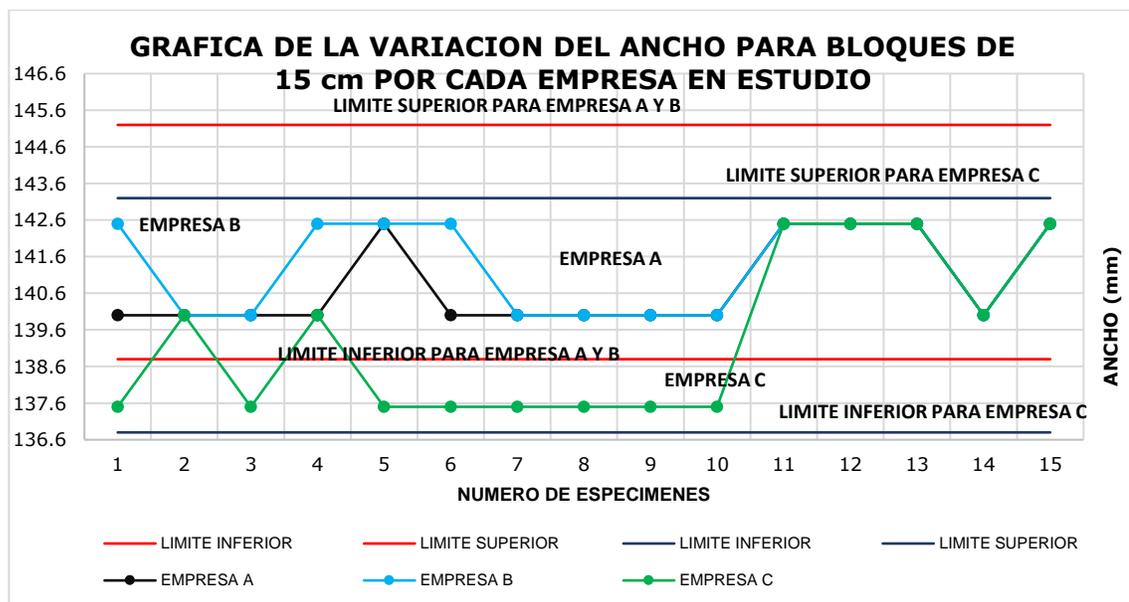


Figura No. 71 Comportamiento de la variación del ancho de bloques de 15 cm de ancho para cada empresa en estudio.

Fuente: Propia.

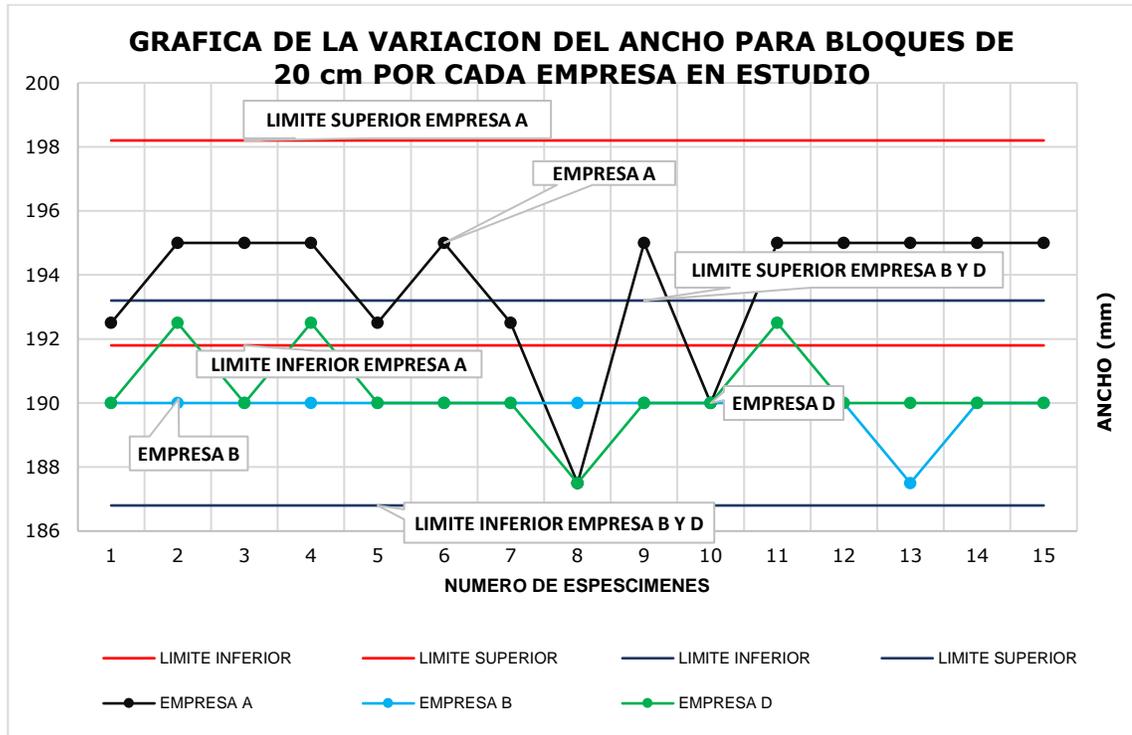


Figura No. 72 Comportamiento de la variación del ancho de bloques de 20 cm de ancho para cada empresa en estudio.

Fuente: Propia.

ALTURA PARA BLOQUES DE 15 y 20 cm

Empresa A: Por último, las alturas para bloques de 15 cm se encuentran entre **190 mm** hasta **192.5 mm**, un promedio de **190.7 mm**, por lo que cumple el 100% (15/15) de los especímenes estudiados, y para bloques de 20 cm cumple el 93% (14/15) obteniendo un rango de valores de **185.0 mm** a **190.0 mm**, con un promedio de **189.2 mm** (ver **Figura No. 73**).

Empresa B: las alturas de los bloques de 15 y 20 cm tienen un cumplimiento del 100% (15/15), con rangos de valores de **187.5 a 190.0 mm** y **187.5 a 190.0 mm**

respectivamente, con un promedio para bloque de 15 cm de **189.0 mm** y **188.2 mm** para los de 20 cm.

Empresa C: Con un cumplimiento del 100% (15/15), y un promedio de **190.0 mm** obtenido de un rango de valores que oscila entre **187.5 a 192.5 mm**, cabe mencionar que la altura de los bloques ensayados, tienen el valor que especifica el fabricante, en un 93% (14/15).

Empresa D: Para esta empresa se tiene lo siguiente: **182.5 mm** como valor mínimo y **190.0 mm** como máximo, con un valor promedio de **186.7 mm** obteniendo tal solo un 60% (9/15) de cumplimiento de este requisito tal como se muestra en la **Figura No. 74**.

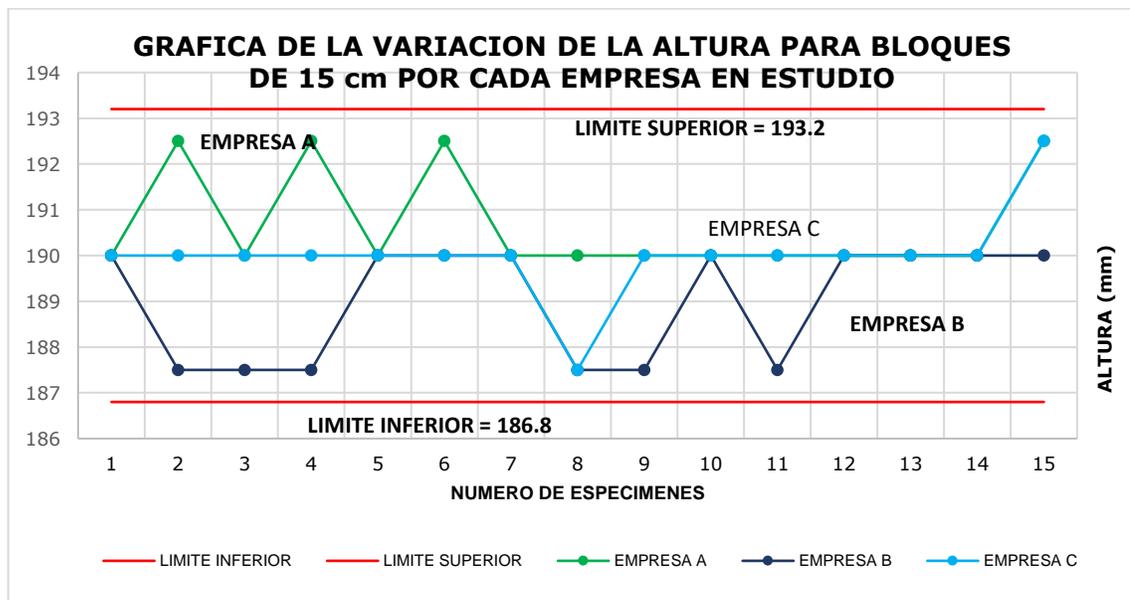


Figura No. 73 Comportamiento de la variación de la altura de los bloques de 15 cm de ancho para cada empresa en estudio.

Fuente: Propia.

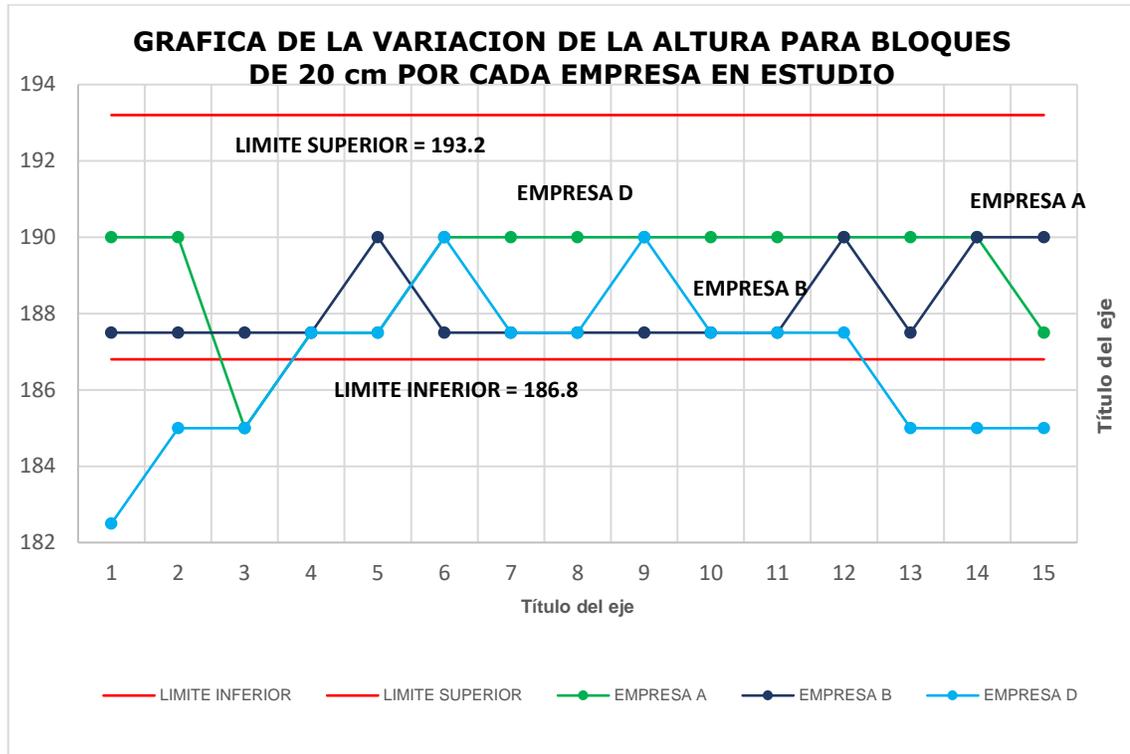


Figura No. 74 Comportamiento de la variación de la altura de los bloques de 20 cm de ancho para cada empresa en estudio.

Fuente: Propia.

ESPEORES DE TABIQUES, PAREDES Y TABIQUE EQUIVALENTE PARA BLOQUES DE 15 Y 20 cm

La función de los tabiques es contribuir a la estabilidad estructural, por ello la norma de especificación ASTM C90 es muy rigurosa, proporcionando valores mínimos que dependen del ancho del bloque tal como se muestra en la **Tabla No. 79**. Para anchos de **152 mm y 203 mm**, se establece un espesor de tabique de **25 mm** como mínimo para ambos, así mismo el espesor de tabique equivalente **188 mm/m y 25 mm y 32 mm** como valores mínimos de espesores de pared respectivamente.

EMPRESA A: A continuación, se presenta los resultados obtenidos de espesores así mismo el grado de cumplimiento de esta empresa.

Espesor de Tabique:

Como se observa en la **Figura No. 75**, para ambos bloques de 15 y 20 cm, los espesores de tabiques están muy por encima del mínimo valor. Para espesor de 15 cm se observa que los valores oscilan entre **27 mm** a **31 mm**, obteniendo un promedio de **29 mm**, por otro lado, de **32 mm** hasta **39 mm**; con un promedio de **36 mm** de tabique para bloques de 20 cm, satisfaciendo el grado de cumplimiento al 100% (15/15). Además, no se descartaron datos porque son superiores a **19.1 mm**

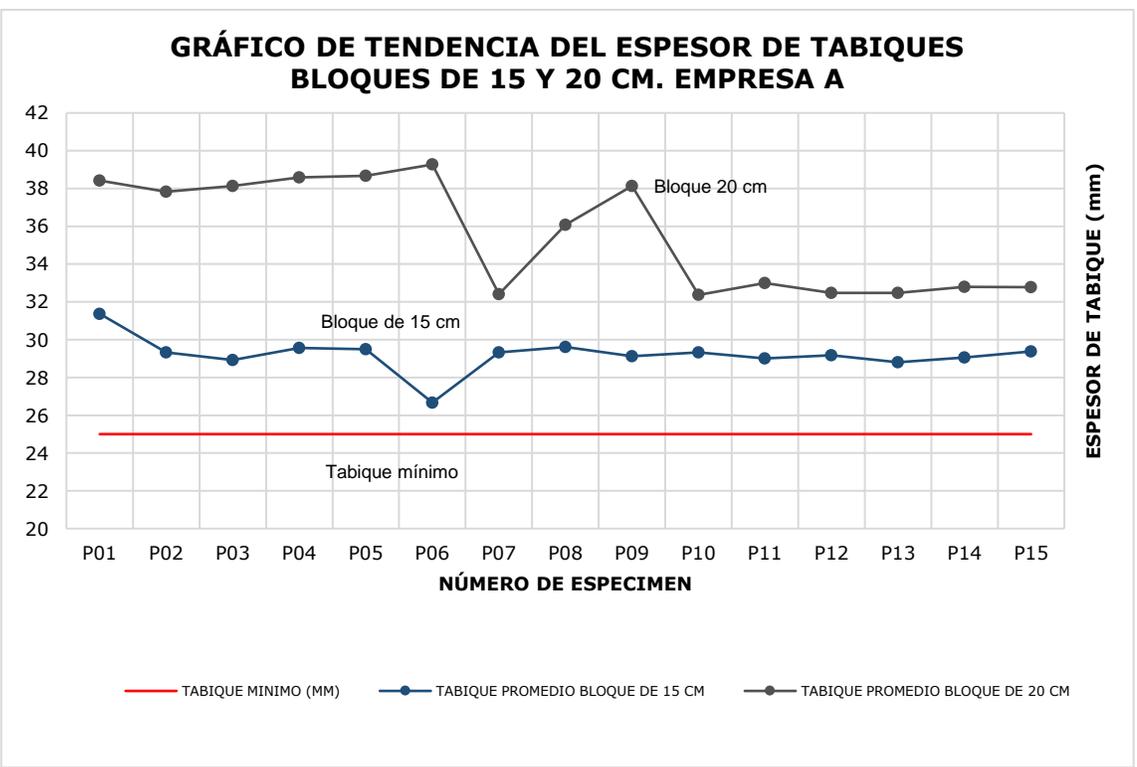


Figura No. 75 Cumplimiento de espesores de tabiques de bloque de 15 y 20 cm. Fuente: Propia.

Espesor de Pared:

Los bloques de 15 cm muestran resultados satisfactorios, cuando se evalúa los espesores de pared, encontrándose valores que varían tan solo entre **27 y 28 mm** con un promedio de **27 mm**, los promedios de las paredes de los bloques estudiados satisfacen el 100% (15/15) porque sobre pasan el requerimiento mínimo que es de **25 mm**

Para los bloques de 20 cm obtuvieron el mismo resultado de cumplimiento al 100% (15/15), con valores que oscilan entre **35 y 40 mm** y valor promedio de **37 mm** La siguiente **Figura No. 76** muestra el comportamiento de los promedios de pared calculados a los 15 especímenes.

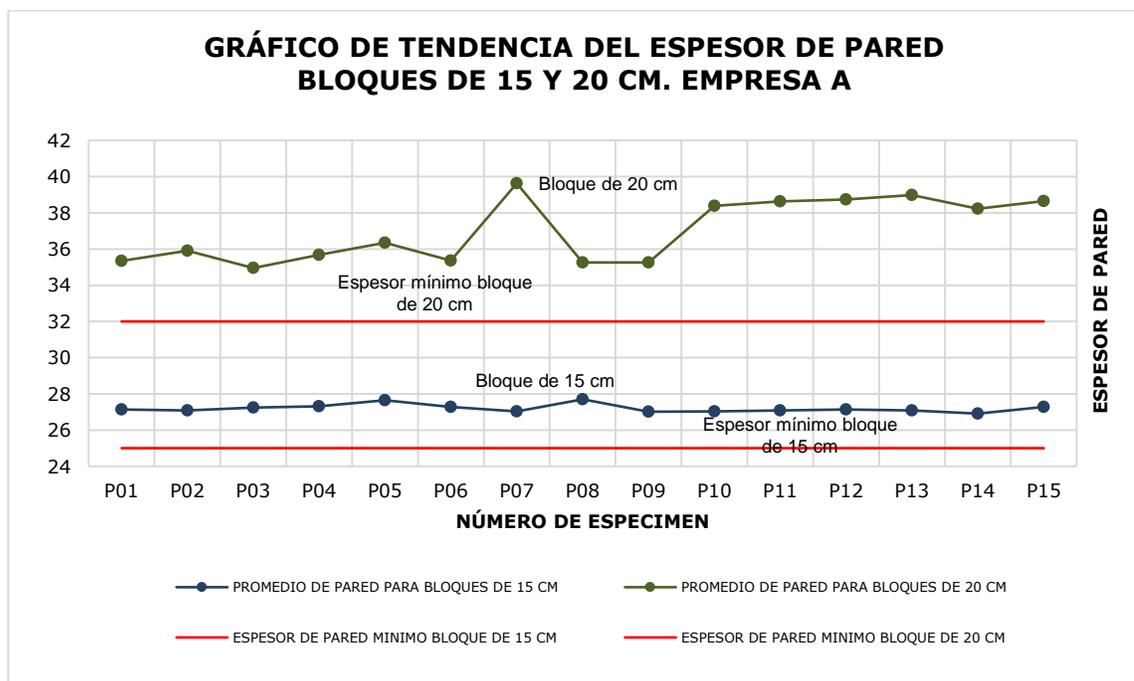


Figura No. 76 Cumplimiento de espesores de paredes de bloque de 15 y 20 cm.

Fuente: Propia.

Espesor de tabique equivalente:

Para el espesor de tabique equivalente de los bloques de 15 cm y 20 cm presentaron valores que oscilaban entre **205 – 241 mm/m** y **248 – 301 mm/m**, **224 y 273 mm/m**, como valores promedios de espesor de tabique equivalente respectivamente. La **Figura No. 77** muestra este comportamiento y a la vez los datos obtenidos resultaron mayores al valor mínimo requerido.

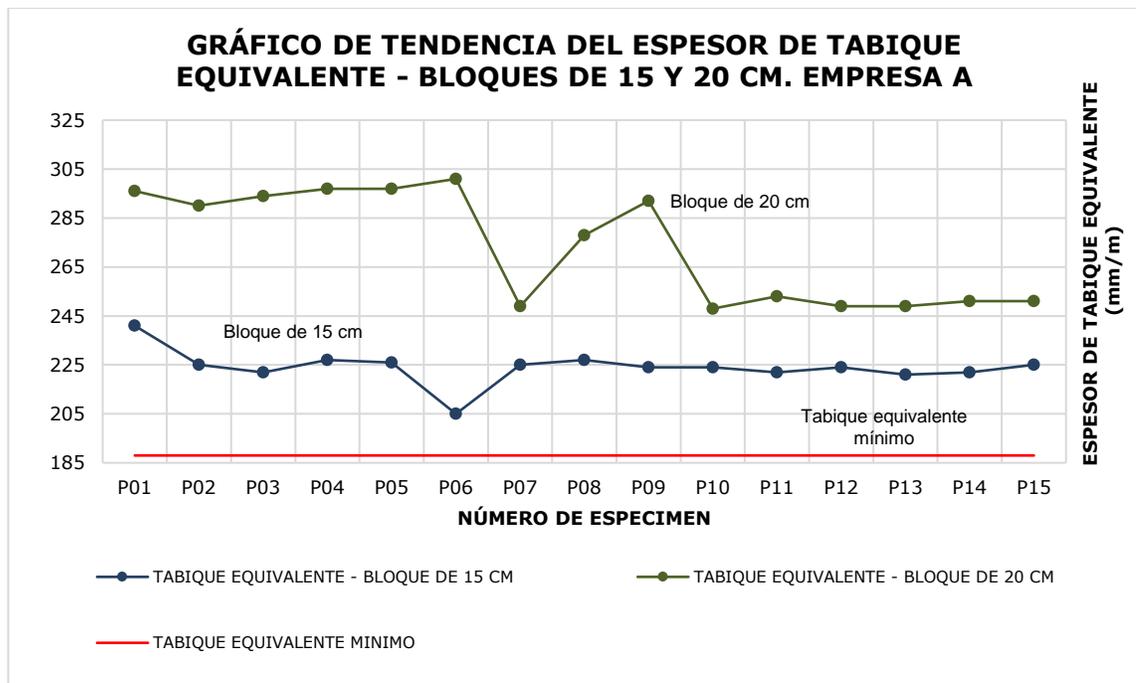


Figura No. 77 Espesor de tabique equivalente de bloques de 15 y 20 cm.

Fuente: Propia.

Empresa B: Así mismo, se hace el respectivo análisis de espesores de tabiques, paredes y tabique equivalente para una población de 15 especímenes para cada tipo de bloques (15 cm y 20 cm).

Espesor de tabique:

El espesor de tabique (ver **Figura No. 78**) para ambos anchos, refleja que las variaciones de datos obtenidos tienen un comportamiento no muy disperso, los rangos de valores obtenidos fueron **29 - 30 mm** para bloques de 15 cm y **31 - 33 mm** para bloques de 20 cm con promedios de **29 mm** y **32 mm** respectivamente, y en relación al cumplimiento de la Norma de especificación ASTM C90 sobrepasan el valor mínimo permitido en un 100% (15/15).

Espesor de pared:

En cuanto al espesor de pared (ver **Figura No. 79**), de igual forma los datos que se registraron sobrepasan el valor mínimo, por ejemplo, la Norma ASTM C90 para bloque de ancho nominal de **152 mm**, el espesor de pared mínimo debe ser de **25 mm** y el promedio de la población resultó con un valor de **29 mm** para estos bloques, así mismo los de 20 cm el espesor de pared mínimo debe ser de **32 mm** como mínimo y obtuvieron como promedio **38 mm** de un rango de valores que oscilan entre **36 y 39 mm**, de acuerdo con estos resultados podemos decir que satisfacen los requerimientos mínimos de la norma.

Espesor de tabique equivalente:

De la misma manera, el espesor de tabique equivalente mínimo para ambos anchos nominales de **152 mm y 203 mm**, es de **188 mm/m** y se obtuvieron valores entre **222 mm/m a 229 mm/m** con un valor promedio de **225 mm/m** para

los bloques de 15 cm obteniendo un cumplimiento del 100% (15/15) y para los bloques de 20 cm, los espesores varían entre **238 mm/m** a **257 mm/m** con un valor promedio de **247 mm**, de igual forma superando el requisito mínimo al 100% (15/15), tal como se muestra en la **Figura No. 80**.

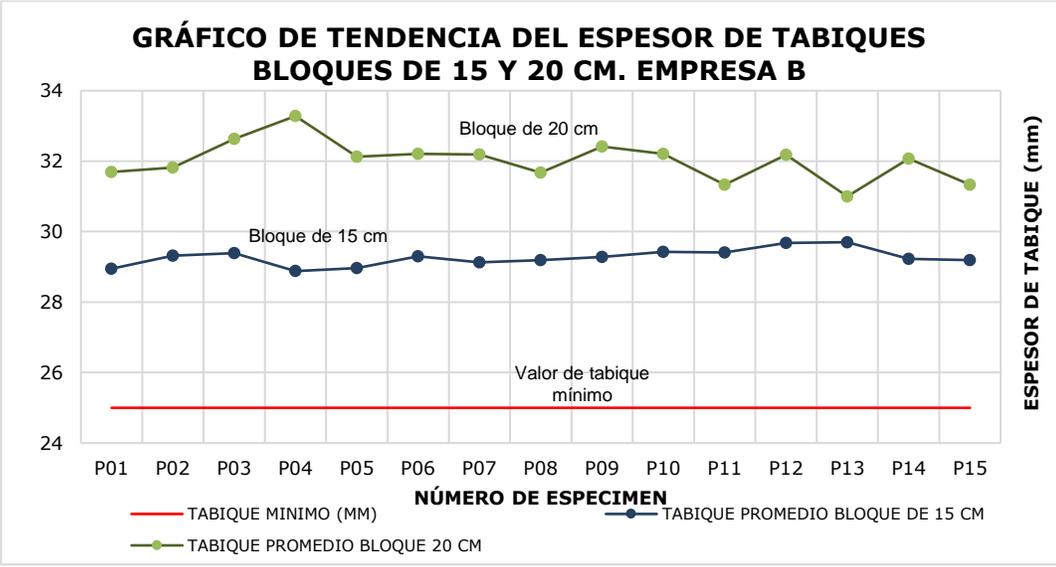


Figura No. 78 Cumplimiento de espesores de tabiques de bloque de 15 y 20 cm. Fuente: Propia.

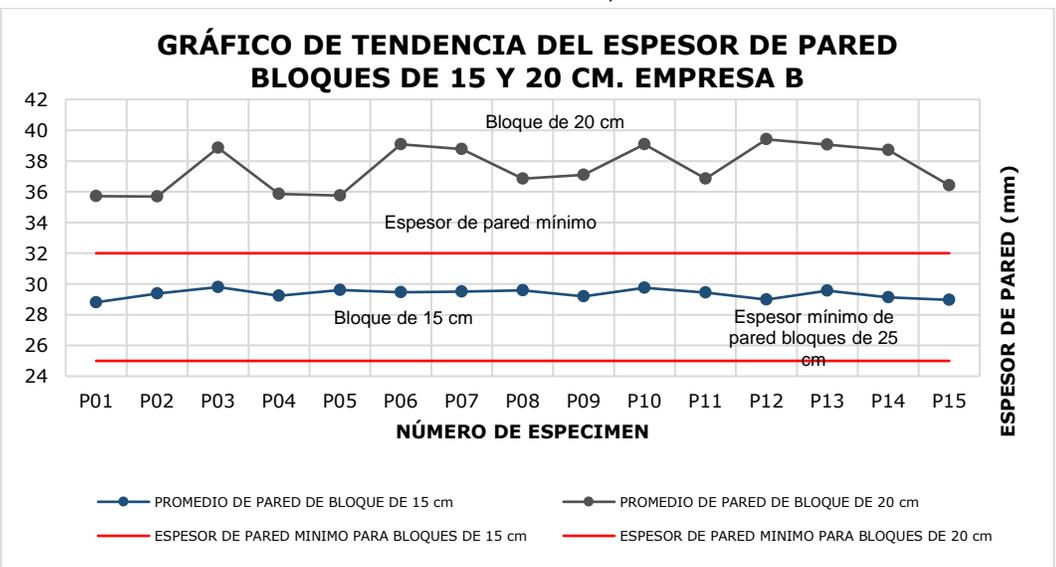


Figura No. 79 Cumplimiento de espesores de paredes de bloque de 15 y 20 cm. Fuente: Propia.

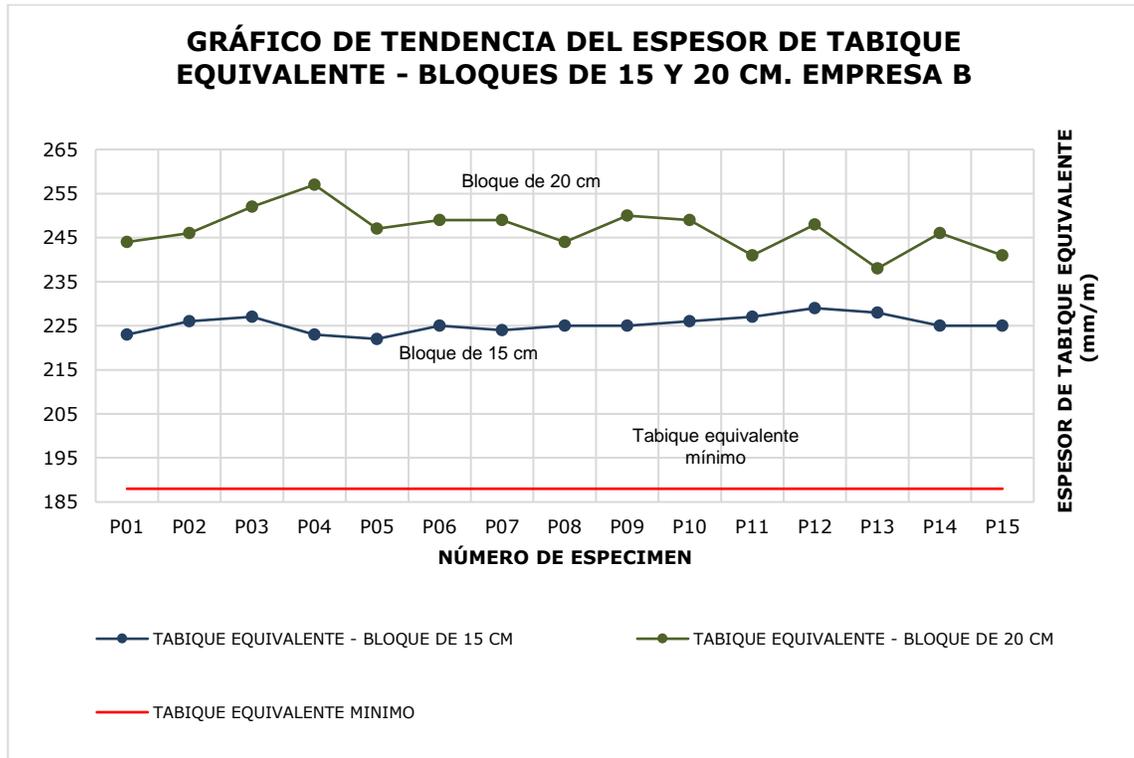


Figura No. 80 Espesor de tabique equivalente de bloques de 15 y 20 cm.
Fuente: Propia.

Empresa C: se analizará el grado de cumplimiento de los espesores de tabique, paredes y tabique equivalente a continuación:

Espesor de tabique:

Los bloques de 15 cm de esta empresa cumplen con el 100% (15/15), para espesor de tabique obteniendo un rango de valores **32 – 34 mm**, con un valor promedio de **33 mm**, superando el requisito mínimo de 25 mm

Espesor de pared:

Presento un rango de valores entre **27 – 33 mm**, con un valor promedio de **28 mm**, cumpliendo el 100% (15/15) el requerimiento mínimo.

Espesor de tabique equivalente:

Los bloques presentaron un rango de espesores entre **243 – 259 mm/m**, su promedio fue de **250 mm/m**, resultado satisfactorio porque cumplen al 100% (15/15) el requisito mínimo.

Empresa D: seguidamente los bloques de 20 cm de esta empresa también se detallarán su cumplimiento tanto para para espesor de tabique, paredes y espesor de tabique equivalente.

Espesor de tabique:

Presento un rango de espesores entre **38 – 41 mm**, con un valor promedio de **39 mm**, cumpliendo el 100% (15/15) ya que su requisito mínimo es de 25 mm

Espesor de pared:

Logrando un rango de espesores que varían entre un **35 – 37 mm**, y obteniendo un valor promedio de **36 mm**, estando por encima del valor mínimo requerido del **32 mm**, satisfaciendo el 100% (15/15) de cumplimiento.

Espesor de tabique equivalente:

Por último, los espesores varían entre **292 – 312 mm/m**, su promedio fue de **303 mm/m**, superando sus valores mínimos establecido en la especificación en un 100% (15/15).

En las Figuras No. 81, 82 y 83 se muestran las variaciones de los resultados de espesor de tabique, espesor de pared y espesor de tabique equivalente respectivamente, con respecto al mínimo establecido por la norma y correspondiente para cada tipo de bloque y de empresa.

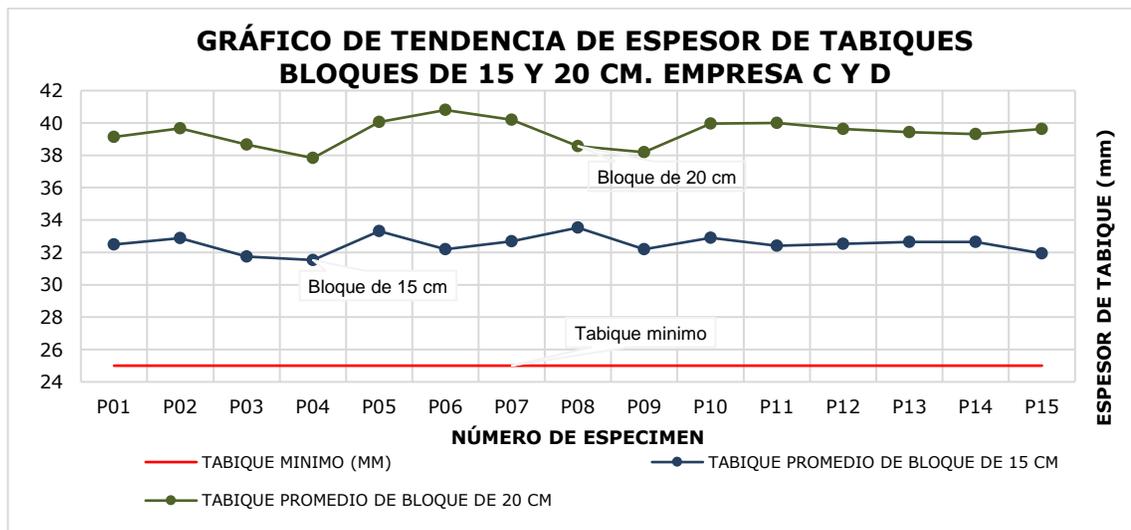


Figura No. 81 Espesor de tabique de bloques de 15 y 20 cm.
Fuente: Propia.

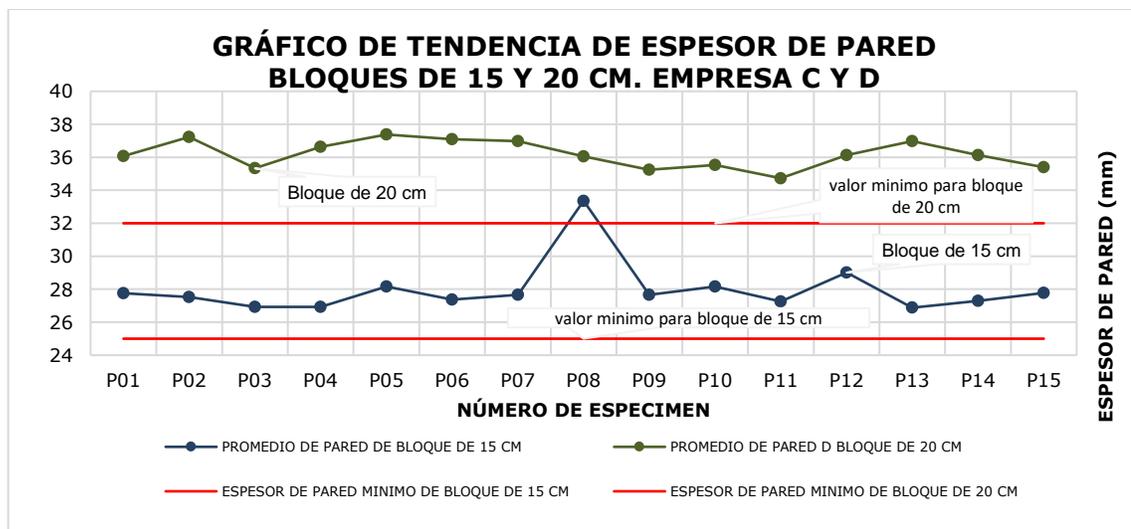


Figura No. 82 Espesor de pared de bloques de 15 y 20 cm.
Fuente: Propia.

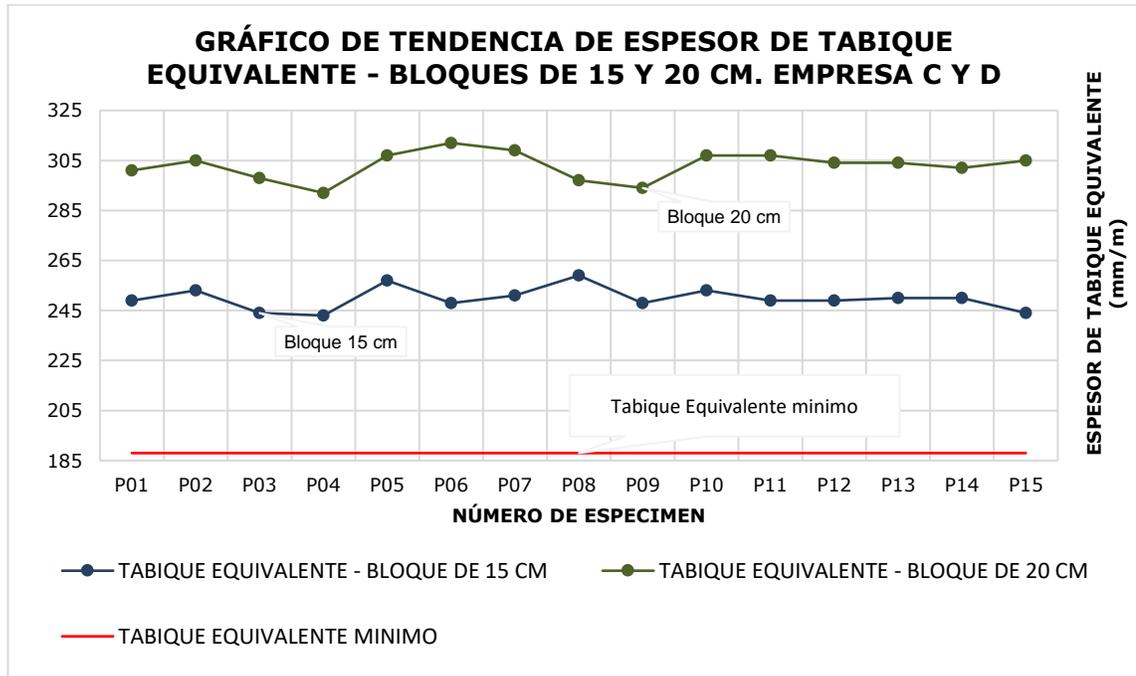


Figura No. 83 Espesor de tabique equivalente de bloques de 15 y 20 cm.

Fuente: Propia.

Absorción

Para analizar los resultados de la absorción, es necesario clasificar los bloques por su peso, estos resultados se presentan en la **Tabla No. 89** con base en ello, los bloques de 15 cm se clasifican como peso ligero para la **empresa A** y peso medio para las **empresas B**, y la **empresa C** con sus bloques de 15 cm como peso normal.

Para los bloques de 20 cm se clasifican como peso medio para las **empresas A y B**, peso ligero para los bloques de la **empresa D**.

De los resultados que se presentan en la **Tabla No. 90**, se puede observar que los bloques de 15 cm de la **empresa A**, y los boques de 20 cm de espesor de la

empresa D, se pueden catalogar como de peso ligero, el requisito que debe cumplir será: como valor máximo de absorción de forma individual 320 Kg/m^3 y para el promedio de 3 especímenes ensayados de 288 Kg/m^3 .

Al realizar el análisis, para ambos casos se cumple con los requisitos de no sobrepasar los valores máximos de absorción:

Empresa A: tienen valores de absorción individual que oscilan entre **130 a 185 Kg/m^3** con un promedio de **164 Kg/m^3** , cumpliendo con el requisito mínimo para bloques de peso ligero de **320 Kg/m^3** con un 100% (15/15), y con rango de valores para el criterio de promedio de 3 especímenes entre **156 a 172 Kg/m^3** , no superando el **288 Kg/m^3** que exige la norma de especificación.

Empresa D: Para los bloques de 20 cm de la empresa resulto valores que oscilan entre **108 a 243 Kg/m^3** , como valor individual, con un promedio del **167 Kg/m^3** cumpliendo con el 100% (15/15) y como es de esperarse, las triadas de la población de 15 especímenes para esta empresa están debajo del máximo que indica la ASTM C90, su rango de absorciones varía entre **146 a 181 Kg/m^3** , resultando un 100% (5/5) de cumplimiento.

Las **Figuras No. 84, 85, 86 y 87** muestran la variación de los resultados de la absorción obtenida para cada empresa.

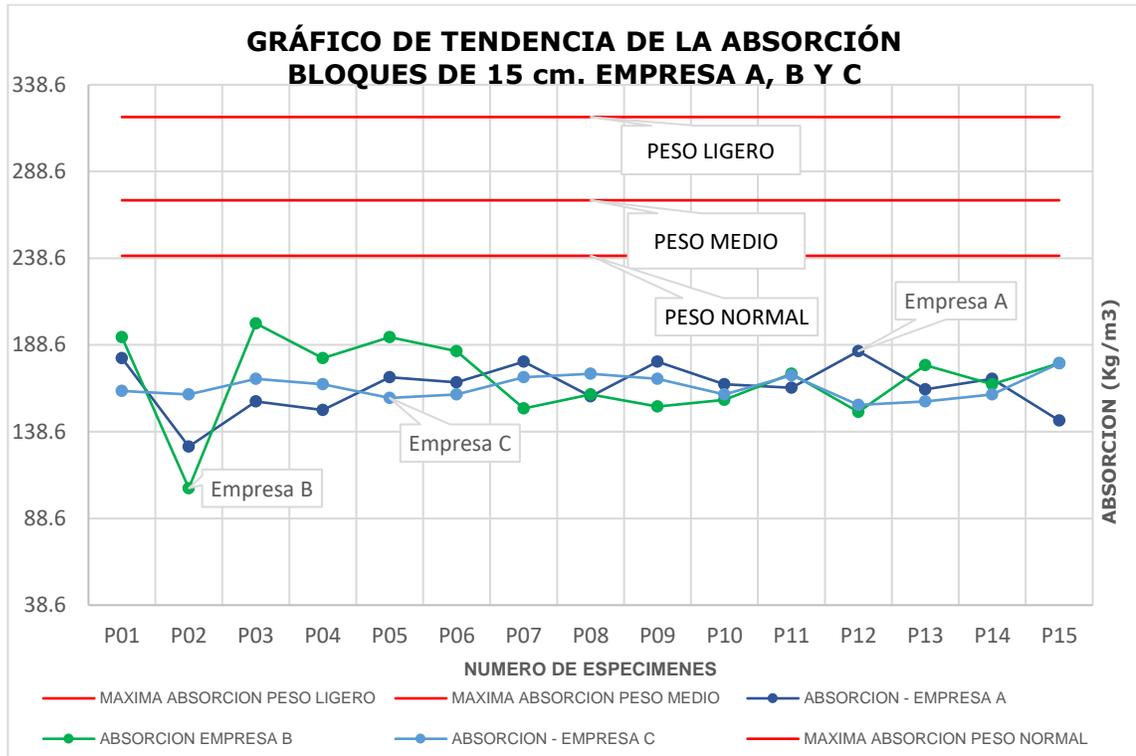


Figura No. 84 Absorciones individuales para bloques de 15 cm por empresa.
Fuente: Propia.

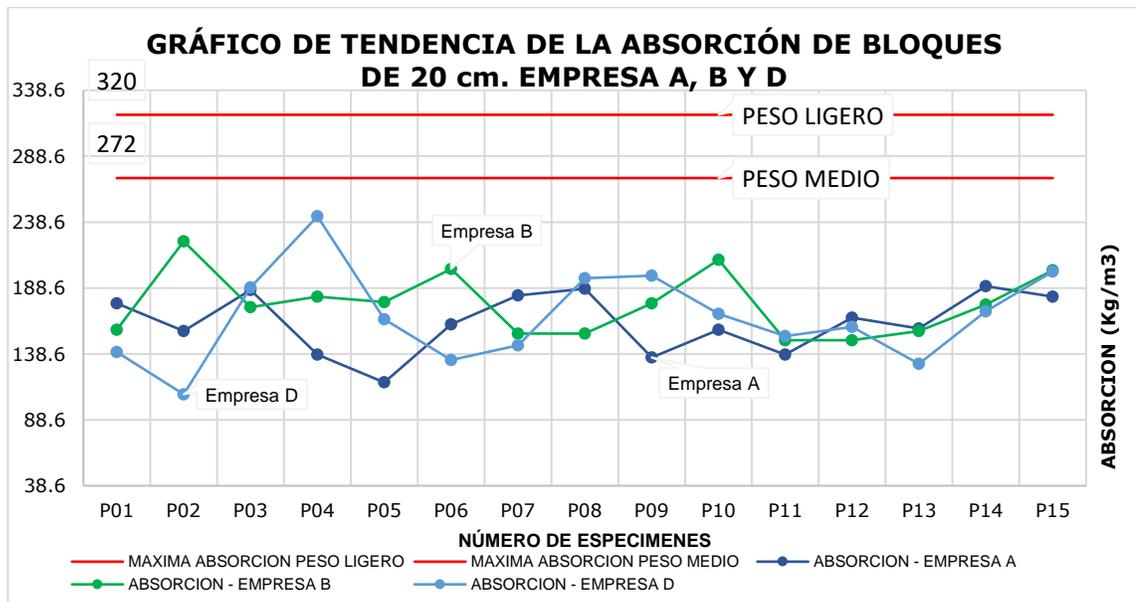


Figura No. 85 Absorciones individuales para bloques de 20 cm por empresa.
Fuente: Propia.

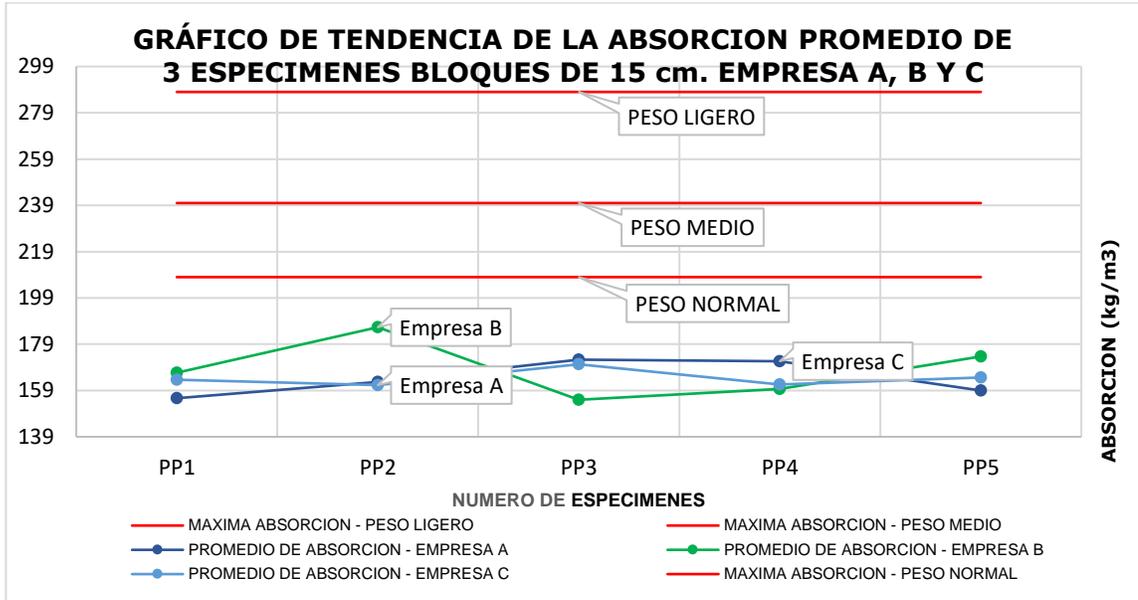


Figura No. 86 Absorción promedio de tres especímenes para bloques de 15 cm por empresa.
Fuente: Propia.

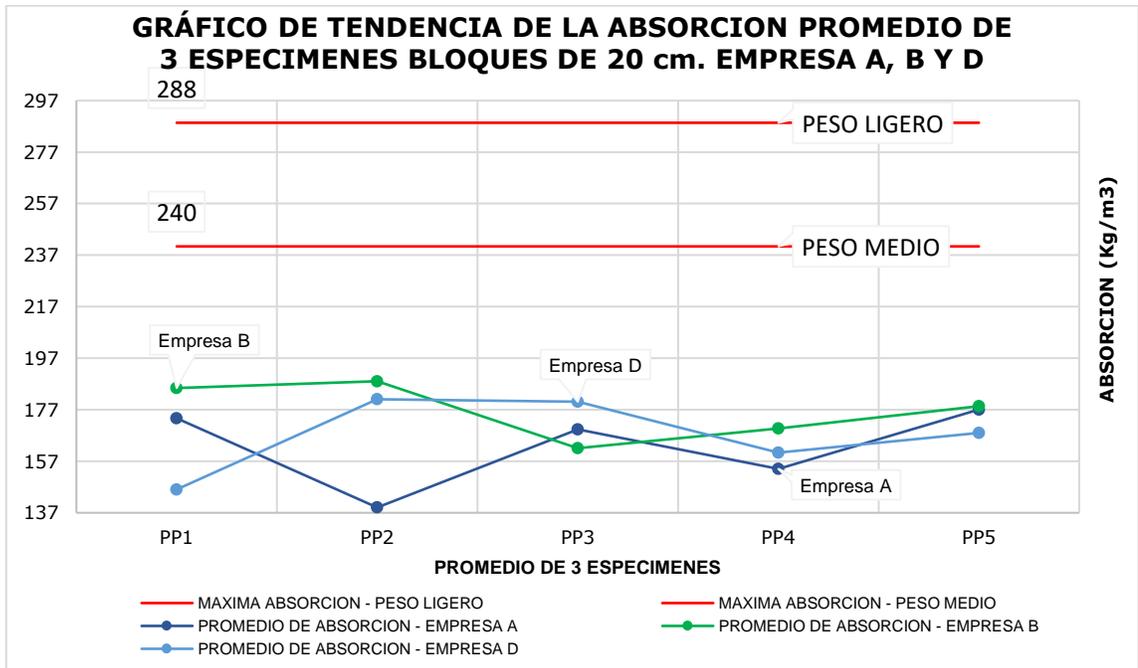


Figura No. 87 Absorción promedio de tres especímenes para bloques de 20 cm por empresa.
Fuente: Propia.

Por otra parte, al analizar los bloques de 20 cm de la **empresa A y B** con ambos espesores de bloques (15 cm y 20 cm) se determinan que corresponden a una clasificación por peso medio, estos deberán tener como máximo **272 Kg/m³** de absorción de manera individual y **240 Kg/m³** como promedio de 3 especímenes.

Empresa A: Los bloques de 20 cm de esta empresa obtuvieron absorciones que oscilan entre **117 a 190 Kg/m³**, con un promedio de **162 Kg/m³** como valores individuales, resultados que satisfacen la normativa en un 100% (15/15). Los promedios de 3 unidades de igual manera son menores del que se establece en la especificación, rango de valores obtenidos es entre **139 a 177 Kg/m³**, de igual manera cumple el 100% (5/5).

Empresa B: Para los bloques de 15 cm se obtuvo absorciones que oscilan entre **106 a 201 Kg/m³**, con un promedio de **168 Kg/m³** como valores individuales, resultados que satisfacen la normativa en un 100% (15/15). Los promedios de 3 unidades de igual manera son menores del que se establece en la especificación, rango de valores obtenidos es entre **155 a 186 Kg/m³**, de igual manera cumple el 100% (5/5).

Para los bloques de 20 cm se obtuvo absorciones que oscilan entre **149 a 224 Kg/m³**, con un promedio de **176 Kg/m³** como valores individuales, resultados que satisfacen la normativa en un 100% (15/15). Los promedios de 3 unidades de igual manera son menores del que se establece en la especificación, rango de

valores obtenidos es entre **162 a 188 Kg/m³**, de igual manera cumple el 100% (5/5).

Empresa C: Los bloques de 15 cm sus absorciones oscilan entre **154 a 178 Kg/m³**, con un promedio de **164 Kg/m³** como valores individuales, resultados que satisfacen la normativa en un 100% (15/15), ya que su valor mínimo es de **240 Kg/m³**, por ser de peso normal. Los promedios de 3 unidades de igual manera son menores a **208 Kg/m³** requisito de la especificación, rango de valores obtenidos es entre **161 a 170 Kg/m³**, de igual manera cumple el 100% (5/5). Analizando las cuatro empresas, y para ambos anchos, estos cumplen con el requisito de la absorción en un 100% (15/15), siendo estas menores a los máximos establecidos en la norma de especificación ASTM C90, fácilmente se puede comprender el grado de cumplimiento de la población en las **Figuras No. 84, 85, 86 y 87.**

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión está sujeta a la absorción, entre más vacíos tenga el espécimen es más frágil y con más capacidad de absorber agua. Las **Figuras No. 88, 89, 90 y 91** presentan el comportamiento de los resultados obtenidos y podemos analizar que:

Empresa A: Las resistencias obtenidas para bloques de 15 cm oscilan entre **11.0 a 13.0 MPa**, con un promedio de **11.6 MPa** como valores individuales, resultados que satisfacen la normativa en un 33% (4/12), ya que su valor mínimo es de **11.7 MPa**. Los promedios de 3 unidades deben resultar mayor a **13.1 MPa** requisito de la especificación, y el rango de valores obtenidos es entre **11.4 a 11.7 MPa**, cumple el 0% (0/4).

Por otra parte, las resistencias obtenidas para bloques de 20 cm oscilan entre **11.9 a 13.2 MPa**, con un promedio de **12.6 MPa** como valores individuales, resultados que satisfacen la normativa en un 100% (12/12), ya que su valor mínimo es de **11.7 MPa**. Los promedios de 3 unidades obtuvieron valores entre **12.2 a 13.0 MPa**, cumple el 0% (0/4).

En las **Figuras No. 88 y 89** se presenta la variabilidad de resultados obtenidos de resistencia.

Empresa B: Las resistencias obtenidas para bloques de 15 cm oscilan entre **7.0 a 10.9 MPa**, con un promedio de **8.1 MPa** como valores individuales, resultados que satisfacen la normativa en un 0% (0/12). Los promedios de 3 unidades deben resultar mayor a **13.1 MPa** requisito de la especificación, y el rango de valores obtenidos es entre **7.2 a 9.2 MPa.**, cumple el 0% (0/4).

Por otra parte, las resistencias obtenidas para bloques de 20 cm oscilan entre **5.3 a 9.7 MPa**, con un promedio de **7.5 MPa** como valores individuales, resultados que satisfacen la normativa en un 0% (0/12), ya que su valor mínimo es de **11.7**

MPa. Los promedios de 3 unidades obtuvieron valores entre **6.5 a 8.5 MPa**, cumple el 0% (0/4).

Empresa C: Las resistencias obtenidas para bloques de 15 cm oscilan entre **16.2 a 22.8 MPa**, con un promedio de **19.4 MPa** como valores individuales, resultados que satisfacen la normativa en un 100% (12/12). Los promedios de 3 unidades deben resultar mayor a **13.1 MPa** requisito de la especificación, y el rango de valores obtenidos es entre **17.1 a 21.1 MPa** cumple el 100% (4/4).

Empresa D: Por último, las resistencias obtenidas para bloques de 20 cm oscilan entre **7.4 a 12.2 MPa**, con un promedio de **9.6 MPa** como valores individuales, resultados que satisfacen la normativa en un 25% (3/12), ya que su valor mínimo es de **11.7 MPa**. Los promedios de 3 unidades obtuvieron valores entre **7.8 a 10.7 MPa**, cumple el 0% (0/4).

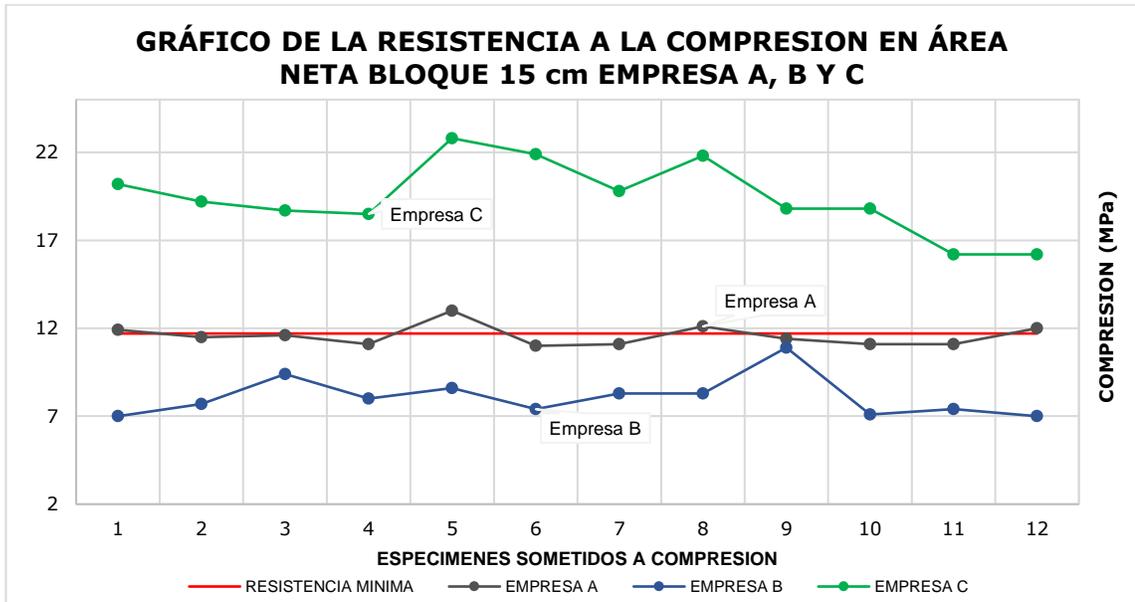


Figura No. 88 Resistencia a la compresión de los especímenes individuales de 15 cm.
Fuente: Propia.

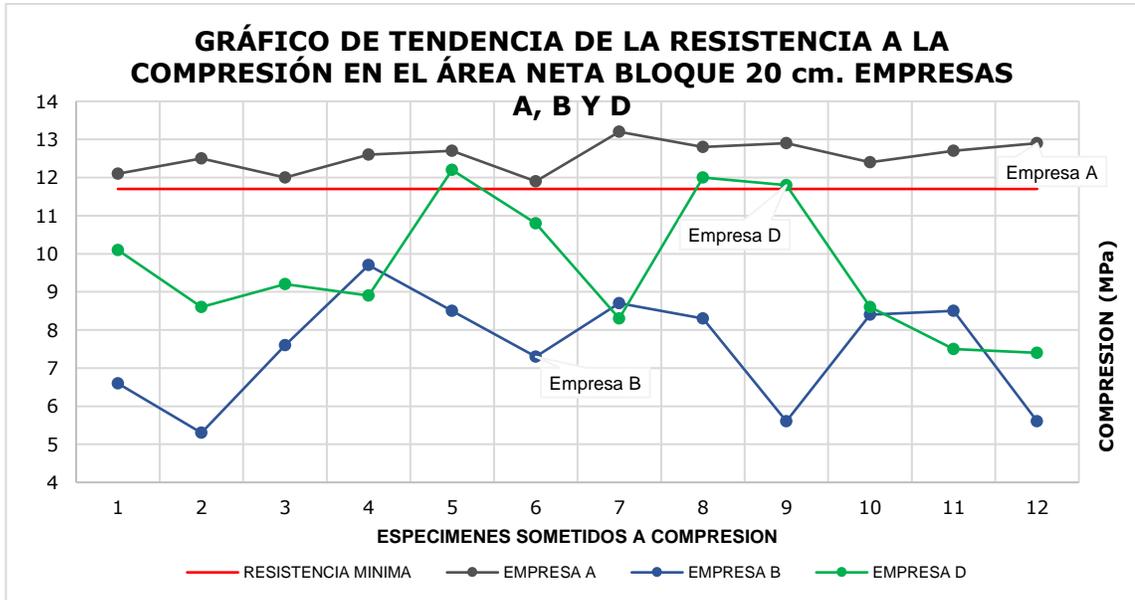


Figura No. 89 Resistencia a la compresión de los especímenes individuales de 20 cm.
Fuente: Propia.

En la **Figura No. 90** se muestra el comportamiento de las resistencias en promedio de tres especímenes para los bloques de 15 cm, para la **empresa A, B y C.**

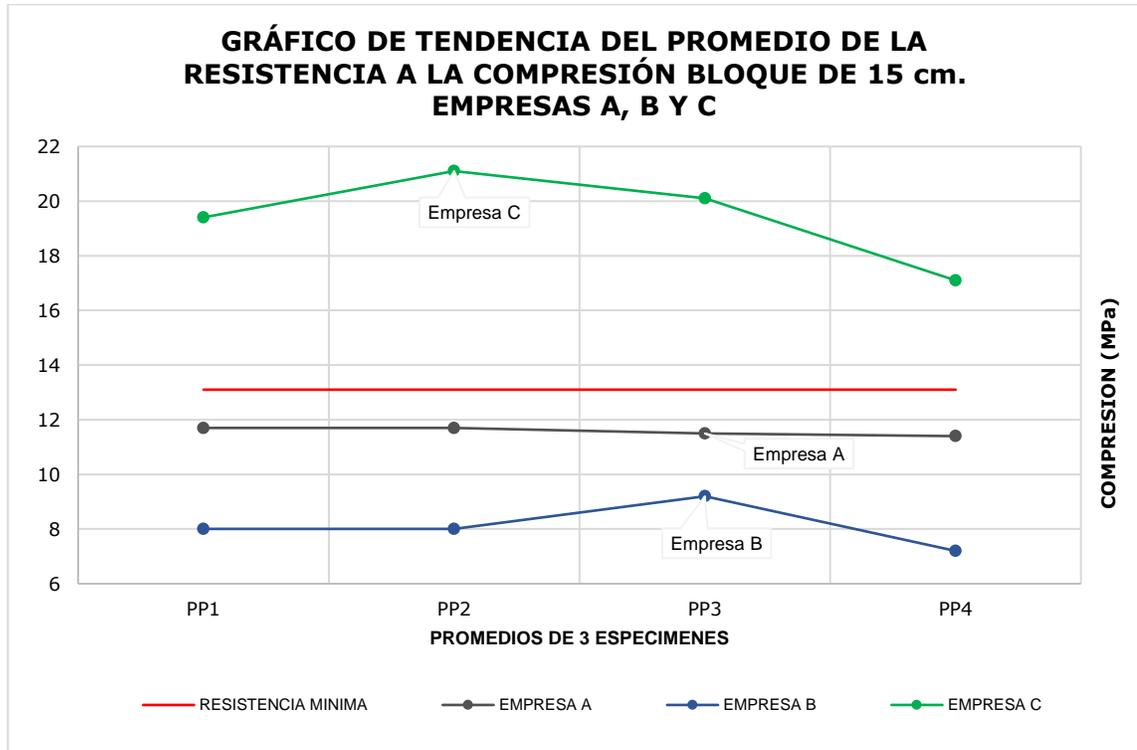


Figura No. 90 Resistencia a la compresión del promedio de tres especímenes de 15 cm seleccionados por empresa.
Fuente: Propia.

En la **Figura No. 91** se muestra el comportamiento de las resistencias en promedio de tres especímenes para los bloques de 20 cm, para la **empresa A, B y C.**

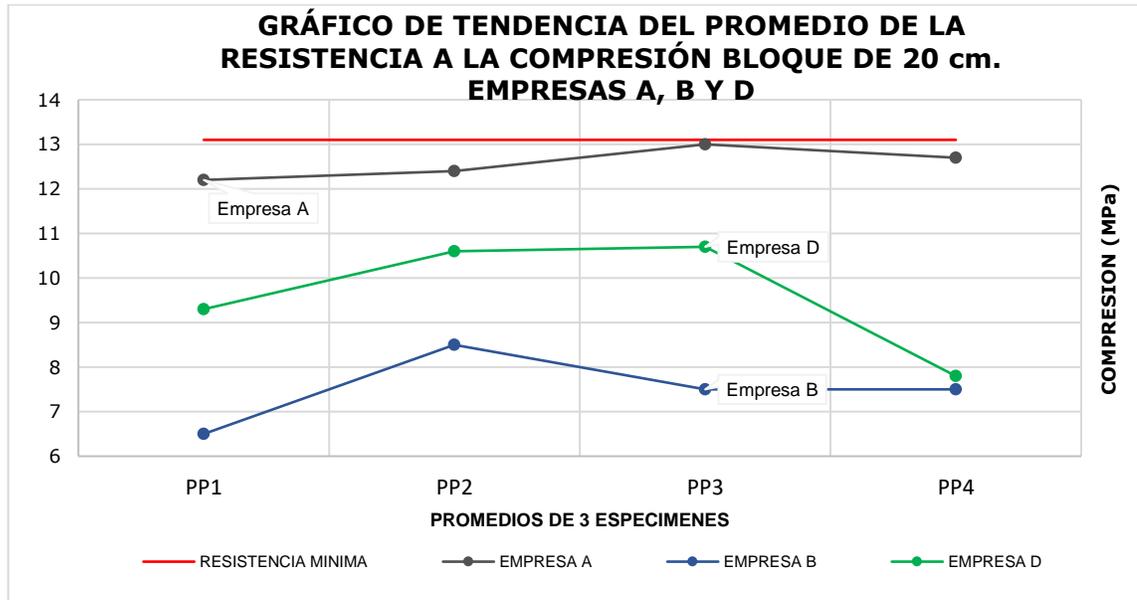


Figura No. 91 Resistencia a la compresión del promedio de tres especímenes de 20 cm.

Fuente: Propia.

En la siguiente **Tabla No. 95**, se presenta el resumen del grado de cumplimiento para ambos espesores y por empresa.

Tabla No. 95. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de calidad para los bloques de concreto.

BLOQUES DE 15 cm						
Característica/propiedad	Empresa A		Empresa B		Empresa C	
Largo	100% (15/15)		100% (15/15)		100% (15/15)	
Ancho	100% (15/15)		100% (15/15)		100% (15/15)	
Altura	100% (15/15)		100% (15/15)		100% (15/15)	
Espesor de tabique	100% (15/15)		100% (15/15)		100% (15/15)	
Espesor de Pared	100% (15/15)		100% (15/15)		100% (15/15)	
Espesor de tabique equivalente	100% (15/15)		100% (15/15)		100% (15/15)	
Absorción;IND;PROM	100% (15/15)	100% (5/5)	100% (15/15)	100% (5/5)	100% (15/15)	100% (5/5)
Resistencia a la compresión	33% (4/12)	0% (0/4)	0% (0/12)	0% (0/4)	100% (12/12)	100% (4/4)
cumplimiento	83%		80%		100%	
BLOQUES DE 20 cm						
Característica/propiedad	Empresa A		Empresa B		Empresa D	
Largo	100% (15/15)		100% (15/15)		100% (15/15)	
Ancho	93% (14/15)		100% (15/15)		100% (15/15)	
Altura	93% (14/15)		100% (15/15)		60% (9/15)	
Espesor de tabique	100% (15/15)		100% (15/15)		100% (15/15)	
Espesor de Pared	100% (15/15)		100% (15/15)		100% (15/15)	
Espesor de tabique equivalente	100% (15/15)		100% (15/15)		100% (15/15)	
Absorción;IND;PROM	100% (15/15)	100% (5/5)	100% (15/15)	100% (5/5)	100% (15/15)	100% (5/5)
Resistencia a la compresión	100% (12/12)	0% (0/4)	0% (0/12)	0% (0/4)	25% (3/12)	0% (0/4)
cumplimiento	87%		80%		79%	

Fuente: Propia.

Luego del análisis de resultados se determina lo siguiente:

Bloques de 15 cm

Largo, Ancho, Altura.

El requisito de tolerancia dimensional de largo, ancho y altura de las tres empresas lo cumplen de la siguiente manera: **Empresa A: 100%, Empresa B: 100%, Empresa C: 100%.**

Espesores de tabiques, paredes y tabiques equivalentes.

El requisito de tolerancia dimensional del **espesor de tabique, pared y tabique equivalente** de las tres empresas lo cumplen de la siguiente manera: **Empresa A: 100%, Empresa B: 100%, Empresa C: 100%.**

Absorción.

Los requisitos de la absorción de forma individual y promedio de tres unidades cumplen para las tres empresas de la siguiente manera: **Empresa A: 100%, Empresa B: 100%, Empresa C: 100%.**

Resistencia a compresión en el área neta.

El requisito de resistencia a compresión como valor individual las tres empresas lo cumplen de forma parcial de la siguiente manera: **Empresa C: 100%, Empresa A: 33%, Empresa B: 0%.**

El requisito de resistencia a compresión como valor promedio de tres especímenes las tres empresas lo cumplen de forma parcial de la siguiente manera: **Empresa C: 100%, Empresa A: 0%, Empresa B: 0%.**

El total de los requisitos evaluados las tres empresas los cumplen de la siguiente forma: **Empresa C: 100%, A: 83% y B: 80%.**

Bloques de 20 cm**Largo, Ancho, Altura.**

El requisito de tolerancia dimensional de largo de las tres empresas lo cumplen de la siguiente manera: **Empresa A: 100%, Empresa B: 100%, Empresa C: 100%.**

El requisito de tolerancia dimensional del ancho de las tres empresas lo cumplen de la siguiente manera: **Empresa B: 100%, Empresa D: 100%, Empresa A: 93%.**

El requisito de tolerancia dimensional de la altura de las tres empresas lo cumplen de la siguiente manera: **Empresa B: 100%, Empresa A: 93%, Empresa D: 60%.**

Espesores de tabiques, paredes y tabiques equivalentes.

El requisito de tolerancia dimensional del **espesor de tabique, pared y tabique equivalente** de las tres empresas lo cumplen de la siguiente manera: **Empresa A: 100%, Empresa B: 100%, Empresa D: 100%.**

Absorción.

Los requisitos de la absorción de forma individual y promedio de tres unidades cumplen para las tres empresas de la siguiente manera: **Empresa A: 100%, Empresa B: 100%, Empresa D: 100%.**

Resistencia a compresión en el área neta.

El requisito de resistencia a compresión como valor individual las tres empresas lo cumplen de forma parcial de la siguiente manera: **Empresa A: 100%, Empresa D: 25%, Empresa B: 0%.**

El requisito de resistencia a compresión como valor promedio de tres especímenes las tres empresas lo cumplen de forma parcial de la siguiente manera: **Empresa A: 0%, Empresa B: 0%, Empresa D: 0%.**

El total de los requisitos evaluados las tres empresas los cumplen de la siguiente forma: **Empresa A: 87%, B: 80% y D: 79%.**

4.1.7 ACERO DE REFUERZO.

Se evaluaron tres empresas que producen acero de refuerzo de diferentes diámetros y resistencias a la tensión.

A las empresas se les nombrará de la siguiente manera:

Empresa A: se rige por la norma de especificación ASTM A1064 – 17 “Especificación estándar para el Carbono-alambre de acero y alambre soldado de refuerzo, Llano y deformado, para el concreto”, para el grado 75.

Empresa B: toma como referencia la especificación ASTM A706 – 01 “Especificación estándar para deformarse y llanura baja aleación, barras de acero para refuerzo de concreto”, para grado 60 y ASTM A615 – 01 “Especificación estándar para deformarse y Llanura de Acero al Carbono barras para refuerzo de concreto” para grado 40.

Empresa C: toma de referencia la norma ASTM A615 – 01, para ambos grados 60 y 40.

La **Figura No. 92**, muestra el desglose de diámetros por empresa.

En las **Tablas No. 96, 97 y 98**, se detallan las especificaciones correspondientes para cada empresa.

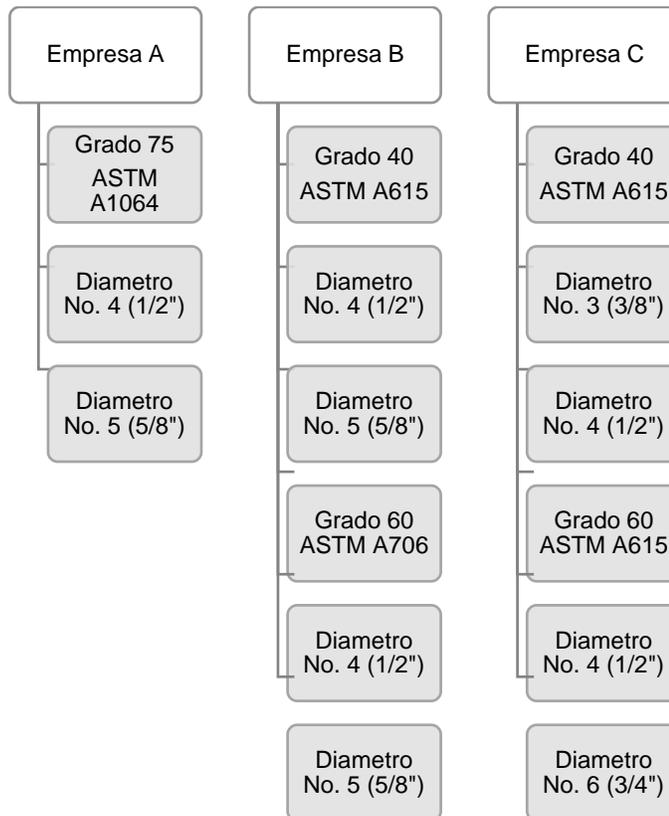


Figura No. 92 Diámetros que se evaluarán por fabricante.
Fuente: Propia.

Tabla No. 96. Requisitos de cumplimiento para acero de refuerzo de alta resistencia bajo la norma de especificación ASTM A1064 – 17.

ESPECIFICACION ASTM A1064/A1064M - 17						
DIMENSIONES NOMINALES				REQUISITOS DE CORRUGA	PROPIEDADES MECANICAS (MIN)	
DESIGNACION	MASA UNITARIA (Kg/m)	DIAMETRO NOMINAL (mm)	AREA NOMINAL (mm ²)	ALTURA MINIMA PROMEDIO DE LAS CORRUGAS (mm)	RESISTENCIA MAXIMA (MPa)	RESISTENCIA AL LIMITE DE FLUENCIA
D 11	0.560	9.50	71	0.47	585	515
D 17	0.863	11.81	110	0.59		
REDUCCION DE AREA MINIMO (%)		VARIACION DE PESO PERMISIBLE (%)		PORCENTAJE DE ELONGACION MINIMO		
30		±6		5%		

Fuente: Propia.

Tabla No. 97. Requisitos de cumplimiento para acero de refuerzo bajo la norma de especificación ASTM A615 - 01.

ESPECIFICACION ASTM A615/A615M - 17							
DIMENSIONES NOMINALES				REQUISITOS DE CORRUGA (mm)			
DESIGNACION No.	MASA UNITARIA (Kg/m)	DIAMETRO NOMINAL (mm)	AREA NOMINAL (mm ²)	% ELONGACION (MIN) GRADO 40/60	MAXIMO ESPACIMIENTO	ALTURA MINIMA PROMEDIO DE LAS CORRUGAS	ANCHO MAXIMO SIN CORRUGA
3	0.560	9.50	71	11/9	6.7	0.38	3.6
4	0.994	12.70	129	12/9	8.9	0.51	4.9
5	1.552	15.90	199		11.1	0.71	6.1
6	2.235	19.10	284	12/9	13.3	0.97	7.3
REDUCCION DE AREA MINIMO (%)		VARIACION DE PESO PERMISIBLE (%)		PROPIEDADES MECANICAS, (MIN) (MPa)			
NO EXISTE REQUISITO		±6%		RESISTENCIA MAXIMA GRADO 40/60	420/620	RESISTENCIA AL LIMITE DE FLUENCIA GRADO 40/60	280/420

Fuente: Propia.

Tabla No. 98. Requisitos de cumplimiento para acero de refuerzo bajo la norma de especificación ASTM A706 - 01.

ESPECIFICACION ASTM A706/A706M - 17							
DIMENSIONES NOMINALES				REQUISITOS DE CORRUGA	PROPIEDADES MECANICAS (MPa)		
DESIGNACION	MASA UNITARIA (Kg/m)	DIAMETRO NOMINAL (mm)	AREA NOMINAL (mm ²)	ALTURA MINIMA PROMEDIO DE LAS CORRUGAS (mm)	RESISTENCIA MAXIMA (MIN)	RESISTENCIA AL LIMITE DE FLUENCIA (MAX)	RESISTENCIA AL LIMITE DE FLUENCIA (MIN)
4	0.560	12.70	71	0.47	550	540	420
5	0.863	15.90	110	0.59			
REDUCCION DE AREA MINIMO (%)		VARIACION DE PESO PERMISIBLE (%)		PORCENTAJE DE ELONGACION MINIMO			
NO EXISTE REQUISITO		±6%		14%			

Fuente: Propia.

Nota: para el tipo de fractura de los especímenes sometidos al ensayo de la resistencia a tensión tendrán la siguiente nomenclatura:

IR= Irregular

D= Diagonal

P= Plana

Resistencia a la tensión.

A continuación, se presentan los resultados de las tres empresas:

Empresa A. Produce acero laminado en frío (ver **Figura No. 93**), con características de alta resistencia Grado 75 (515), que, según esta empresa, satisfacen la norma de especificación ASTM A1064 – 17 “Especificación estándar para el Carbono-alambre de acero y alambre soldado de refuerzo, Llano y deformado, para el concreto”.



Figura No. 93 Especímenes de la Empresa A.
Fuente: Propia.

En las **Tablas No. 99 y 100**, se presentan los resultados obtenidos del ensayo a la tensión del acero para cinco especímenes de grado 75 (515), para los diámetros 1/2” y 5/8” (D-11 y D-17).

Tabla No. 99. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 4 (1/2") grado 75 (515 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A TENSION (ASTM A370)						REQUISITOS
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	
PROVEEDOR:	EMPRESA A					
DESIGNACIÓN	D-11					
% VARIACION DE PESO	4	4	5	4	4	±6
% REDUCCION DE AREA	22	31	25	27	33	≥30
% DE ELONGACION	3	5	4	3	3	≥5
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	736	731	745	752	717	≥515
ESFUERZO ULTIMO (MPa)	783	785	783	774	742	≥585
TIPO DE FRACTURA	IRREGULAR	IRREGULAR	IRREGULAR	IRREGULAR	IRREGULAR	
CUMPLIMIENTO	%VARIACION DE PESO (5/5) 100%	%REDUCCION DE AREA (2/5) 40%	%ELONGACION (1/5) 20%	FLUENCIA (5/5) 100%	ULTIMO (5/5) 100%	

Fuente: Propia.

Tabla No. 100. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 5 (5/8") grado 75 (515 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A TENSION (ASTM A370)						REQUISITOS
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	
PROVEEDOR:	EMPRESA A					
DESIGNACIÓN	D-17					
% VARIACION DE PESO	0.2	-0.3	-0.2	0.1	-0.3	±6
% REDUCCION DE AREA	34	31	29	31	30	≥30
% DE ELONGACION	4	6	5	6	6	≥5
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	651	660	665	660	651	≥515
ESFUERZO ULTIMO (MPa)	726	728	733	729	729	≥585
TIPO DE FRACTURA	IRREGULAR	IRREGULAR	DIAGONAL	IRREGULAR	IRREGULAR	
CUMPLIMIENTO	%VARIACION DE PESO (5/5) 100%	%REDUCCION DE AREA (4/5) 80%	%ELONGACION (4/5) 80%	FLUENCIA (5/5) 100%	ULTIMO (5/5) 100%	

Fuente: Propia.

Empresa B. La empresa fabrica acero de refuerzo de grado 60 (420 MPa) y grado 40 (280 MPa), se establece que para barras de grado 60 se guían de la

especificación ASTM A706 – 01 acero laminado en frío y para grado 40 se basan en ASTM A615 – 01 acero laminado en caliente.

Sometidas a ensayo bajo la norma ASTM A370 – 17 “Métodos de prueba estándar y definiciones para las pruebas mecánicas de los productos de acero”.

En la **Tabla No. 101** se muestra el resultado de las características de 15 especímenes de grado 40 de No. 4 (1/2”) de diámetro y en la **Tabla No. 102**, resultados de las barras de No. 5 (5/8”) del mismo grado.

En la **Figura No. 94**, se muestra ejemplos de barras de acero corrugado de 1/2” de grado 40 que fabrica la empresa B.



Figura No. 94 Barras No. 4 (1/2”) grado 40 (280 MPa), elaborados por la empresa B.
Fuente: Propia.

Además, se presentan los resultados obtenidos de las barras de acero de No. 4 (1/2”) y No. 5 (5/8”) de grado 60 (420 MPa), para este grado se rigen por la norma de especificación ASTM A706 – 01, donde especifica que el esfuerzo a tensión último mínimo es de 550 MPa, el esfuerzo de fluencia mínimo es de 420 MPa y el máximo 540 MPa. (Ver **Tablas No. 103 y 104**).

Tabla No. 101. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 4 (1/2") grado 40 (280 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A TENSION (ASTM A370)																
MUESTRA No.	REQUISITOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROVEEDOR:	-	EMPRESA B														
DESIGNACIÓN	-	4														
% VARIACION DE PESO	±6%	-1.82	-1.79	-1.86	-1.63	-1.80	-5.28	-3.75	-3.09	-4.76	-4.94	-1.08	-2.57	-2.26	-3.92	-4.94
% DE ELONGACION	>12	22	26	25	24	25	28	23	27	29	25	23	24	22	25	27
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	>280	318	313	315	311	317	282	287	280	274	282	310	305	304	298	297
ESFUERZO ULTIMO (MPa)	>420	460	462	461	464	462	429	442	429	413	430	482	476	478	426	422
TIPO DE FRACTURA	-	IR	IR	IR	IR	IR	D	D	D	IR	IR	IR	D	D	IR	D
CUMPLIMIENTO	%VARIACION DE PESO	(15/15) 100%		%ELONGACION		(15/15) 100%	FLUENCIA		(13/15) 87%	ULTIMO		(14/15) 93%				

Fuente: Propia.

Tabla No. 102. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 5 (5/8") grado 40 (280 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A TENSION (ASTM A370)																
MUESTRA No.	REQUISITOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROVEEDOR:	-	EMPRESA B														
DESIGNACIÓN	-	5														
% VARIACION DE PESO	±6%	-1.42	-1.59	-1.66	-1.83	-1.44	-4.92	-3.74	0.49	-0.85	-2.08	0.57	0.17	0.12	0.34	-1.75
% DE ELONGACION	>12	27	27	29	29	27	20	24	21	22	22	23	17	20	20	25
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	>280	297	294	292	293	286	320	307	349	354	351	372	369	385	387	288
ESFUERZO ULTIMO (MPa)	>420	451	450	451	451	452	528	453	540	542	538	561	554	580	582	455
TIPO DE FRACTURA	-	IR	IR	IR	IR	IR	D	D	D	D	D	IR	IR	IR	IR	IR
CUMPLIMIENTO	%VARIACION DE PESO	(15/15) 100%		%ELONGACION		(15/15) 100%	FLUENCIA		(15/15) 100%	ULTIMO		(15/15) 100%				

Fuente: Propia

Tabla No. 103. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 4 (1/2”) grado 60 (420 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A TENSION (ASTM A370)																
MUESTRA No.	REQUISITOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROVEEDOR:	-	EMPRESA B														
DESIGNACIÓN	-	4														
% VARIACION DE PESO	±6%	-2.00	-2.16	-2.18	-2.39	-2.48	-3.09	-3.26	-2.59	-3.26	-3.09	0.43	0.59	0.59	-1.35	-3.03
% DE ELONGACION	>14	21	20	17	18	18	16	16	16	16	17	17	15	15	18	20
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	>420 - <540	463	468	464	462	467	459	459	440	436	440	440	436	440	448	457
ESFUERZO ULTIMO (MPa)	>550	610	611	610	605	607	698	694	683	698	702	690	683	686	699	694
TIPO DE FRACTURA	-	IR	D	IR	IR	IR	D	D	IR	D	IR	IR	IR	IR	IR	IR
CUMPLIMIENTO	%VARIACION DE PESO	(15/15) 100%	%ELONGACION		(15/15) 100%	FLUENCIA		(15/15) 100%	ULTIMO			(15/15) 100%				

Fuente: Propia.

Tabla No. 104. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 5 (5/8”) grado 60 (420 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A TENSION (ASTM A370)																
MUESTRA No.	REQUISITOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROVEEDOR:	-	EMPRESA B														
DESIGNACIÓN	-	5														
% VARIACION DE PESO	±6%	-0.15	-0.45	-0.48	-0.43	-0.18	-4.11	-4.59	-2.94	-3.52	-4.76	-4.97	-4.15	-1.28	-2.93	-1.56
% DE ELONGACION	>14	19	17	18	18	18	16	11	20	19	15	13	14	20	20	19
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	>420 - <540	465	470	466	467	470	462	455	467	469	440	434	464	465	467	460
ESFUERZO ULTIMO (MPa)	>550	622	624	624	625	624	700	700	619	700	636	646	713	659	631	697
TIPO DE FRACTURA	-	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	P
CUMPLIMIENTO	%VARIACION DE PESO	(15/15) 100%	%ELONGACION		(13/15) 87%	FLUENCIA		(15/15) 100%	ULTIMO			(15/15) 100%				

Fuente: Propia.

Empresa C. Tal como se muestra **Figura No. 90**, los diámetros a analizar tanto para grado 40 y 60 (280 MPa y 420 MPa).

En la siguiente **Tabla No. 105** se muestra el resultado del acero de refuerzo diámetro No. 3 (3/8") grado 40 (280 MPa).

Tabla No. 105. Resultados de las características del acero de refuerzo diámetro No. 3 (3/8") grado 40 (280 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A TENSION (ASTM A370)						REQUISITO
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	
PROVEEDOR:	EMPRESA C					
DESIGNACIÓN	3					
% VARIACION DE PESO	-1.20	-1.41	-1.38	-1.23	-0.66	±6%
% DE ELONGACION	23	22	25	24	22	>11
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	316	321	321	312	316	>280
ESFUERZO ULTIMO (MPa)	688	490	491	485	488	>420
TIPO DE FRACTURA	IR	IR	IR	IR	IR	-
CUMPLIMIENTO	%VARIACION DE PESO (5/5) 100%	%ELONGACION (5/5) 100%	FLUENCIA (5/5) 100%	ULTIMO (5/5) 100%		

Fuente: Propia.

Más adelante en la **Tabla No. 106** se tiene un resumen de los resultados de las barras No. 4 (1/2") de grado 40 y para grado 60 (420 MPa) se evalúan las barras No. 4 (1/2") y No. 6 (3/4"), a continuación, en las **Tablas No. 107 y 108** se muestran el resumen de los resultados de dichas barras respectivas.

Tabla No. 106. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 4 (1/2”) grado 40 (280 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A TENSION (ASTM A370)																
MUESTRA No.	REQUISITOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROVEEDOR:	-	EMPRESA C														
DESIGNACIÓN	-	4														
% VARIACION DE PESO	±6%	-1.80	-1.15	-2.23	-2.10	-2.06	-1.09	-1.43	-2.09	-2.76	-1.92	-2.25	-2.42	-3.43	-4.62	-1.08
% DE ELONGACION	>12	25	23	23	22	22	24	25	26	26	23	22	27	27	27	25
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	>280	347	347	345	337	339	325	322	316	316	301	304	318	314	281	336
ESFUERZO ULTIMO (MPa)	>420	507	503	504	457	501	495	495	469	465	474	478	447	446	429	501
TIPO DE FRACTURA	-	IR	IR	IR	D	IR	IR	IR	IR	IR	D	D	D	IR	DI	IR
CUMPLIMIENTO	%VARIACION DE PESO	(15/15) 100%		%ELONGACION		(15/15) 100%	FLUENCIA		(15/15) 100%	ULTIMO			(15/15) 100%			

Fuente: Propia.

Tabla No. 107. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 4 (1/2”) grado 60 (420 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A TENSION (ASTM A370)																
MUESTRA No.	REQUISITOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROVEEDOR:	-	EMPRESA C														
DESIGNACIÓN	-	4														
% VARIACION DE PESO	±6%	-1.14	0.59	-0.41	-0.57	0.09	-0.41	-2.09	-0.75	-0.75	-1.08	-1.24	0.43	-0.41	-0.75	1.43
% DE ELONGACION	>9	21	22	17	15	15	16	15	16	16	16	14	16	16	15	20
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	>420	443	442	440	447	444	455	463	463	463	463	463	451	447	453	449
ESFUERZO ULTIMO (MPa)	>620	700	699	698	705	709	709	709	709	709	709	709	709	705	707	707
TIPO DE FRACTURA	-	IR	IR	D	D	IR	IR	IR	IR	IR	D	IR	IR	DI	IR	IR
CUMPLIMIENTO	%VARIACION DE PESO	(15/15) 100%		%ELONGACION		(15/15) 100%	FLUENCIA		(15/15) 100%	ULTIMO			(15/15) 100%			

Fuente: Propia.

Tabla No. 108. Resultados de las características en estudio del acero de refuerzo diámetro No. 6 (3/4”) grado 60 (420 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A TENSION (ASTM A370)																
MUESTRA No.	REQUISITOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROVEEDOR:	-	EMPRESA C														
DESIGNACIÓN	-	6														
% VARIACION DE PESO	±6%	0.71	-0.30	0.11	-0.52	0.16	0.94	1.27	1.24	2.29	-0.73	1.11	1.24	1.20	2.15	-1.32
% DE ELONGACION	>9	18	17	19	18	20	17	17	18	19	18	19	18	15	18	18
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	>420	462	455	459	462	462	465	465	464	448	452	460	459	462	458	466
ESFUERZO ULTIMO (MPa)	>620	707	700	693	710	707	707	707	707	741	741	714	708	734	724	724
TIPO DE FRACTURA	-	D	D	D	IR	D	D	IR	IR	IR	D	IR	D	IR	IR	IR
CUMPLIMIENTO	%VARIACION DE PESO	(15/15) 100%		%ELONGACION	(15/15) 100%		FLUENCIA		(15/15) 100%	ULTIMO			(15/15) 100%			

Fuente: Propia.

Doblez.

El acero de refuerzo puede soportar los esfuerzos de tensión impidiendo el deslizamiento en toda su longitud al encontrar resistencia. Por otro lado, la adherencia evita la rotura brusca del concreto, producto de su naturaleza que presenta poca resistencia a la tensión.

A continuación, se mostrará en **Tablas No. 109 a la 118** el resumen de la característica del dobléz que tiene cada una de las barras que se fabrican por las tres empresas antes mencionadas.

Se presentan en el mismo orden en el que se mostró la resistencia a la tensión.

Empresa A.

Para esta empresa se destaca que las probetas ensayadas no pasaron la prueba a continuación un resumen en las **Tablas No. 109 y 110.**

Tabla No. 109. Muestras de ensayo de doblez de barras D – 11 (1/2”) grado 75 (515 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A DOBLEZ (ASTM A370) ESPECIFICACION ASTM A1064					
MUESTRA No.	1	2	3	4	5
PROCEDENCIA:	EMPRESA A				
DESIGNACIÓN	D-11 (1/2")				
DIAMETRO DEL VASTAGO DE ENSAYO	4 d				
OBSERVACIONES:	LAS BARRAS PRESENTAN FISURAS POCO PRONUNCIADAS AL DOBLEZ A 90°.				
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>NO CUMPLE (5/5) 0%</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>					

Fuente: Propia.

Tabla No. 110. Muestras de ensayo de doblez de barras D – 17 (5/8”) grado 75 (515 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A DOBLEZ (ASTM A370) ESPECIFICACION ASTM A1064					
MUESTRA No.	1	2	3	4	5
PROCEDENCIA:	EMPRESA A				
DESIGNACIÓN	D-17 (5/8")				
DIAMETRO DEL VASTAGO DE ENSAYO	4 d				
OBSERVACIONES:	LAS BARRAS PRESENTAN FISURAS POCO PRONUNCIADAS AL DOBLEZ A 90°.				
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>NO CUMPLE (5/5) 0%</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>					

Fuente: Propia.

De las 10 barras ensayadas (D-11 y D-17) el 100% de estas presentaron fisuras poco pronunciadas en la zona de tensión, por lo tanto, no pasan la prueba.

Empresa B.

A continuación, se presentan las **Tablas No. 111** hasta **114** del ensayo que se sometió las probetas de esta empresa, las cuales dieron como satisfactorio.

Tabla No. 111. Muestras de ensayo de dobléz de barras No. 4 (1/2") grado 40 (280 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A DOBLEZ (ASTM A370) ESPECIFICACION ASTM A615						
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6
PROCEDENCIA:	EMPRESA B					
DESIGNACIÓN	No. 4 (1/2")					
DIAMETRO DEL VASTAGO DE ENSAYO	3 1/2 d					
OBSERVACIONES:	LAS BARRAS PASAN EL ENSAYO DE DOBLEZ A 180°					
CUMPLE (6/6) 100%						

Fuente: Propia.

Tabla No. 112. Muestra de ensayo de doblez de barras No. 5 (5/8") grado 40 (280 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A DOBLEZ (ASTM A370) ESPECIFICACION ASTM A615						
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6
PROCEDENCIA:	EMPRESA B					
DESIGNACIÓN	No. 5 (5/8)					
DIAMETRO DEL VASTAGO DE ENSAYO	3 1/2 d					
OBSERVACIONES:	LAS BARRAS PASAN EL ENSAYO DE DOBLEZ A 180°					
<p>CUMPLE (6/6) 100%</p> 						

Fuente: Propia.

Tabla No. 113. Muestras de ensayo de doblez de barras No. 4 (1/2") grado 60 (420 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A DOBLEZ (ASTM A370) ESPECIFICACION ASTM A706						
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6
PROCEDENCIA:	EMPRESA B					
DESIGNACIÓN	No. 4 (1/2")					
DIAMETRO DEL VASTAGO DE ENSAYO	3 d					
OBSERVACIONES:	LAS BARRAS PASAN EL ENSAYO DE DOBLEZ A 180°					
<p>CUMPLE (6/6) 100%</p> 						

Fuente: Propia.

Tabla No. 114. Muestras de ensayo de doblez de barras No. 5 (5/8") grado 60 (420 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A DOBLEZ (ASTM A370) ESPECIFICACION ASTM A706						
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6
PROCEDENCIA:	EMPRESA B					
DESIGNACIÓN	No. 5 (5/8)					
DIAMETRO DEL VASTAGO DE ENSAYO	3 d					
OBSERVACIONES:	LAS BARRAS PASAN EL ENSAYO DE DOBLEZ A 180°					
<p>CUMPLE (6/6) 100%</p> 						

Fuente: Propia.

De las 24 barras ensayadas entre el grado 40 y 60 de diámetros (No. 4 y 5) el 100% de estas no presentaron fisuras en la zona de tensión, por lo tanto, pasan la prueba.

Empresa C.

Para esta empresa se destaca que las probetas ensayadas pasaron la prueba a continuación un resumen en las **Tablas No. 115** hasta **118**.

Tabla No. 115. Muestras de ensayo de doblez de barras No. 3 (3/8") grado 40 (280 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A DOBLEZ (ASTM A370) ESPECIFICACION ASTM A615						
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6
PROCEDENCIA:	EMPRESA C					
DESIGNACIÓN	No. 3 (3/8")					
DIAMETRO DEL VASTAGO DE ENSAYO	3 1/2 d					
OBSERVACIONES:	LAS BARRAS PASAN EL ENSAYO DE DOBLEZ A 180°					
<p>CUMPLE (6/6) 100%</p> 						

Fuente: Propia.

Tabla No. 116. Muestras de ensayo de doblez de barras No. 4 (1/2") grado 40 (280 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A DOBLEZ (ASTM A370) ESPECIFICACION ASTM A615						
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6
PROCEDENCIA:	EMPRESA C					
DESIGNACIÓN	No. 4 (1/2")					
DIAMETRO DEL VASTAGO DE ENSAYO	3 1/2 d					
OBSERVACIONES:	LAS BARRAS PASAN EL ENSAYO DE DOBLEZ A 180°					
<p>CUMPLE (6/6) 100%</p> 						

Fuente: Propia.

Tabla No. 117. Muestra de ensayo de doblez de barras No. 4 (1/2") grado 60 (420 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A DOBLEZ (ASTM A370) ESPECIFICACION ASTM A615						
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6
PROCEDENCIA:	EMPRESA C					
DESIGNACIÓN	No. 4 (1/2")					
DIAMETRO DEL VASTAGO DE ENSAYO	3 1/2 d					
OBSERVACIONES:	LAS BARRAS PASAN EL ENSAYO DE DOBLEZ A 180°					
CUMPLE (6/6) 100%						

Fuente: Propia.

Tabla No. 118. Muestra de ensayo de doblez de barras de No. 6 (3/4") grado 60 (420 MPa).

PRUEBA DE VARILLAS A DOBLEZ (ASTM A370) ESPECIFICACION ASTM A615						
MUESTRA No.	1	2	3	4	5	6
PROCEDENCIA:	EMPRESA C					
DESIGNACIÓN	No. 6 (3/4")					
DIAMETRO DEL VASTAGO DE ENSAYO	5 d					
OBSERVACIONES:	LAS BARRAS PASAN EL ENSAYO DE DOBLEZ A 180°					
CUMPLE (6/6) 100%						

Fuente: Propia.

De las 24 barras ensayadas entre el grado 40 y 60 de diámetros (No. 3, 4 y 6) el 100% de estas no presentaron fisuras en la zona de tensión, por lo tanto, pasan la prueba.

En la **Tabla No. 119** se describe algunas observaciones para cada empresa al ser sometidas a la prueba de doblez.

Tabla No. 119. Resumen de cumplimiento ensayos de doblez por empresa.

PRUEBA DE VARILLAS A DOBLEZ			
EMPRESA	DIÁMETRO	GRADO	OBSERVACIÓN
A	1/2"	75	La norma de ensayo para acero laminado en frío estipula que el ángulo de doblez para el acero debe ser 90°. Para el caso del acero fabricado por la empresa A y para ambos diámetros, se presentan leves fisuras luego de que el acero es sometido a doblez llegando al ángulo estipulado. Por tanto, se concluye que la empresa A no cumple con los requerimientos para el doblez de acero.
	5/8"		
B	1/2"	40	La norma de ensayo estipula que el ángulo de doblez para el acero debe ser 180°. En cuanto al acero fabricado por la empresa B y para los diferentes diámetros y grados sometidos a prueba, no se presentan fisuras. Por tanto, se concluye que la empresa B cumple con los requerimientos para el doblez de acero.
	5/8"		
	1/2"	60	
	5/8"		
C	3/8"	40	La norma de ensayo estipula que el ángulo de doblez para el acero debe ser 180°. Para el acero fabricado por la empresa C y para ambos grados y los diámetros estudiados, no se presentan fisuras luego de que el acero es sometido a doblez. Por tanto, se concluye que la empresa C cumple con los requerimientos para el doblez de acero.
	1/2"		
	3/8"	60	
	1/2"		

Fuente: Propia.

Corrugas.

Cuando se hace referencia a los requisitos mínimos de corruga se habla de: espaciamiento de resaltes, altura de corruga, ancho de separación sin corruga y el ángulo que presenta la corruga.

A continuación, se presentan los resúmenes de los resultados de los requisitos de corrugas por empresa:

Empresa A. En las siguientes **Tablas No. 120 y 121** se observan los resultados de las dimensiones de corrugas de las barras de 1/2" y 5/8" de grado 75.

Tabla No. 120. Corrugas de barras D – 11 (1/2") grado 75 (515 MPa), Empresa A.

CORRUGA	CUMPLIMIENTO	A1064	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
ESPACIAMIENTO DE RESALTES DEL CORRUGADO (mm)	100% (10/10)	4.62> <7.24	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10											
ALTURA DE CORRUGA (mm)	100% (10/10)	>0.47	0.50	0.50	0.50	0.55	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.55	0.50	0.45	0.50	0.50	0.55	0.55	0.50	0.50	0.55	0.60	
			1.10	1.00	1.20	1.15	1.10	1.10	1.00	1.00	1.10	1.10	1.00	1.00	1.15	1.05	1.00	1.00	1.10	1.15	1.10	1.10	1.10
			0.60	0.60	0.50	0.65	0.55	0.50	0.45	0.40	0.60	0.60	0.60	0.55	0.45	0.40	0.55	0.50	0.45	0.40	0.60	0.60	0.60
ALTURA PROMEDIO DE CORRUGA (mm)			0.72	0.76	0.71	0.64	0.74	0.68	0.68	0.69	0.68	0.76											
ANCHO DE SEPARACION SIN CORRUGA (mm)	100% (20/20)	-	2.3	2.4	2.3	2.3	2.6	2.6	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	
ANGULO DE CORRUGA	100% (20/20)	45° a 70°	75°	75°	75°	76°	75°	75°	75°	76°	75°	75°	75°	76°	75°	75°	75°	76°	75°	75°	75°	76°	
FORMA DE CORRUGA	-	-	KARY																				

Fuente: Propia.

Tabla No. 121. Corrugas de barras D – 17 (5/8") grado 75 (515 MPa), Empresa A.

CORRUGA	CUMPLIMIENTO	A1064	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
ESPACIAMIENTO DE RESALTES DEL CORRUGADO (mm)	100% (10/10)	4.62> <7.24	6.10	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15											
ALTURA DE CORRUGA (mm)	100% (10/10)	>0.59	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	
			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.15	1.15	1.10	1.15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
			0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ALTURA PROMEDIO DE CORRUGA (mm)			0.68	0.68	0.68	0.70	0.68	0.72	0.73	0.73	0.68	0.68											
ANCHO DE SEPARACION SIN CORRUGA (mm)	100% (20/20)	-	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	
ANGULO DE CORRUGA	100% (20/20)	45° a 70°	75°	75°	75°	75°	75°	75°	75°	76°	75°	75°	75°	76°	75°	75°	75°	76°	75°	75°	75°	76°	
FORMA DE CORRUGA	-	-	KARY																				

Fuente: Propia.

Empresa B.

En las siguientes **Tablas No. 122, 123, 124 y 125** se observan los resultados de las mediciones de corrugas de las barras de 1/2" y 5/8" de grado 60 y 40.

Tabla No. 122. Corrugas de barras No. 4 (1/2") grado 40 (280 MPa), Empresa B.

CORRUGA	CUMPLIMIENTO	A615	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ESPACIAMIENTO DE RESALTES DEL CORRUGADO (mm)	100% (10/10)	<8.9	6.05		6.05		6.05		6.05		6.05		6.05		6.05		6.05		6.05		6.05	
ALTURA DE CORRUGA (mm)	100% (10/10)	>0.51	1.35	1.30	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.30	1.30	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
			2.70	2.70	2.65	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
ALTURA PROMEDIO DE CORRUGA (mm)			1.30	1.30	1.30	1.25	1.30	1.30	1.30	1.30	1.25	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.25	1.25	1.30	1.30
			1.78		1.77		1.78		1.78		1.78		1.77		1.78		1.78		1.77		1.78	
ANCHO DE SEPARACION SIN CORRUGA (mm)	100% (20/20)	<4.9	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
ANGULO DE CORRUGA	100% (20/20)	45° a 70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°
FORMA DE CORRUGA	-	-	V																			

Fuente: Propia.

Tabla No. 123. Corrugas de barras No. 5 (5/8") grado 40 (280 MPa), Empresa B.

CORRUGA	CUMPLIMIENTO	A615	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ESPACIAMIENTO DE RESALTES DEL CORRUGADO (mm)	100% (10/10)	<11.1	8.18		8.18		8.18		8.18		8.18		8.18		8.18		8.18		8.18		8.18	
ALTURA DE CORRUGA (mm)	100% (10/10)	>0.71	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
			1.30	1.30	1.30	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.30	1.30	1.30	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
ALTURA PROMEDIO DE CORRUGA (mm)			1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
			1.50		1.50		1.51		1.51		1.51		1.51		1.51		1.51		1.51		1.51	
ANCHO DE SEPARACION SIN CORRUGA (mm)	100% (20/20)	<6.1	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
ANGULO DE CORRUGA	100% (20/20)	45° a 70°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°
FORMA DE CORRUGA	-	-	X																			

Fuente: Propia.

Tabla No. 124. Corrugas de barras No. 4 (1/2") grado 60 (420 MPa), Empresa B.

CORRUGA	CUMPLIMIENTO	A706	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ESPACIAMIENTO DE RESALTES DEL CORRUGADO (mm)	100% (10/10)	<8.9	6.05		6.05		6.05		6.05		6.05		6.05		6.05		6.05		6.05		6.05	
ALTURA DE CORRUGA (mm)	100% (10/10)	>0.47	1.10	1.05	1.10	1.05	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.05	1.10	1.05	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
			2.00	2.00	2.00	1.95	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.95	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ALTURA PROMEDIO DE CORRUGA (mm)			1.10	1.10	1.10	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
			1.39		1.37		1.40		1.40		1.40		1.38		1.40		1.40		1.39		1.40	
ANCHO DE SEPARACION SIN CORRUGA (mm)	100% (20/20)	<4.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
ANGULO DE CORRUGA	100% (20/20)	45° a 70°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°
FORMA DE CORRUGA	-	-	X																			

Fuente: Propia.

Tabla No. 125. Corrugas de barras No. 5 (5/8") grado 60 (420 MPa), Empresa B.

CORRUGA	CUMPLIMIENTO	A706	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ESPACIAMIENTO DE RESALTES DEL CORRUGADO (mm)	100% (10/10)	<11.1	7.30		7.30		7.30		7.30		7.30		7.30		7.30		7.30		7.30		7.30	
ALTURA DE CORRUGA (mm)	100% (10/10)	>0.59	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
			2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ALTURA PROMEDIO DE CORRUGA (mm)			1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
			1.73		1.73		1.73		1.73		1.73		1.73		1.73		1.73		1.73		1.73	
ANCHO DE SEPARACION SIN CORRUGA (mm)	100% (20/20)	<6.1	2.7	3.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	3.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
ANGULO DE CORRUGA	100% (20/20)	45° a 70°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°	55°
FORMA DE CORRUGA	-	-	X																			

Fuente: Propia.

Empresa C. En las siguientes **Tablas No. 126, 127, 128 y 129** se observan los resultados de las mediciones de corrugas de las barras de No. 3, 4, y 6” de grado 60 y 40.

Tabla No. 126. Corrugas de barras No. 3 (3/8”) grado 40 (280 MPa), Empresa C.

CORRUGA	CUMPLIMIENTO	A615	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10			
ESPACIAMIENTO DE RESALTES DEL CORRUGADO (mm)	100% (10/10)	<6.7	5.66		5.66		5.66		5.66		5.66		5.66		5.66		5.66		5.66		5.66			
ALTURA DE CORRUGA (mm)	100% (10/10)	>0.38	0.80	0.80	0.80	0.85	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.85	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	
			0.70	0.65	0.70	0.65	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.65	0.70	0.65	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
			0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
ALTURA PROMEDIO DE CORRUGA (mm)			0.76		0.77		0.77		0.77		0.77		0.76		0.77		0.77		0.77		0.77			
ANCHO DE SEPARACION SIN CORRUGA (mm)	100% (20/20)	<3.6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		
ANGULO DE CORRUGA	100% (20/20)	45° a 70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°		
FORMA DE CORRUGA	-	-	V																					

Fuente: Propia.

Tabla No. 127. Corrugas de barras No. 4 (1/2”) grado 40 (280 MPa), Empresa C.

CORRUGA	CUMPLIMIENTO	A615	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		
ESPACIAMIENTO DE RESALTES DEL CORRUGADO (mm)	100% (10/10)	<8.9	5.91		5.91		5.91		5.91		5.91		5.91		5.91		5.91		5.91		5.91		
ALTURA DE CORRUGA (mm)	100% (10/10)	>0.51	1.90	1.90	1.90	1.85	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.85	1.90	1.85	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	
			1.65	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.65	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
			1.50	1.50	1.49	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.49	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
ALTURA PROMEDIO DE CORRUGA (mm)			1.68		1.66		1.67		1.67		1.67		1.66		1.67		1.65		1.67		1.67		
ANCHO DE SEPARACION SIN CORRUGA (mm)	100% (20/20)	<4.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	
ANGULO DE CORRUGA	100% (20/20)	45° a 70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	
FORMA DE CORRUGA	-	-	V																				

Fuente: Propia.

Tabla No. 128. Corrugas de barras No. 4 (1/2") grado 60 (420 MPa), Empresa C.

CORRUGA	CUMPLIMIENTO	A615	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		
ESPACIAMIENTO DE RESALTES DEL CORRUGADO (mm)	100% (10/10)	<8.9	6.54		6.54		6.54		6.54		6.54		6.54		6.54		6.54		6.54		6.54		
ALTURA DE CORRUGA (mm)	100% (10/10)	>0.51	1.20	1.20	1.21	1.00	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.21	1.00	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
			2.10	2.10	2.00	2.00	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.00	2.00	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
ALTURA PROMEDIO DE CORRUGA (mm)			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ANCHO DE SEPARACION SIN CORRUGA (mm)	100% (20/20)	<4.9	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	
ANGULO DE CORRUGA	100% (20/20)	45° a 70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	
FORMA DE CORRUGA	-	-	V																				

Fuente: Propia.

Tabla No. 129. Corrugas de barras No. 6 (3/4") grado 60 (420 MPa), Empresa C.

CORRUGA	CUMPLIMIENTO	A615	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		
ESPACIAMIENTO DE RESALTES DEL CORRUGADO (mm)	100% (10/10)	<13.3	10.55		10.55		10.55		10.55		10.55		10.55		10.55		10.55		10.55		10.55		
ALTURA DE CORRUGA (mm)	100% (10/10)	>0.97	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	
			1.75	1.75	1.70	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.70	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
ALTURA PROMEDIO DE CORRUGA (mm)			1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
ANCHO DE SEPARACION SIN CORRUGA (mm)	100% (20/20)	<7.3	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
ANGULO DE CORRUGA	100% (20/20)	45° a 70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	70°	
FORMA DE CORRUGA	-	-	/																				

Fuente: Propia.

ANALISIS DE RESULTADOS.

Subsiguiente al análisis del material anterior se procede a examinar los resultados de las barras de acero refuerzo de diferentes diámetros y de grado, de cada empresa en estudio.

Porcentaje de variación del peso

El porcentaje de variación de peso entre el nominal y el real debe estar dentro del $\pm 6\%$, en general para todas las empresas, cumplen con este requisito al **100%** estando dentro de este rango, así como se muestra en la **Figura No. 95**.

Empresa A: Tiene un rango entre **+3.7%** a **+4.6%** con un promedio del **+4.2%** cabe destacar que estas barras su peso unitario es un poco mayor al que establece la especificación para el diámetro **D-11** (1/2"), y para **D-17** (5/8") un rango de **-0.3%** a **+0.2%** con un promedio **-0.1%**, la empresa A cumple con el 100% (10/10) para ambos diámetros.

Empresa B: Para las barras de grado 60 **No. 4** (1/2") resultaron valores entre **-3.2%** a **+0.6%** con un promedio de **-1.9%** y las barras de diámetro **No. 5** (5/8") oscilan entre **-5.0%** a **-0.1%** con un promedio de **-2.4%**.

Para el grado 40 las barras **No. 4** (1/2") el valor mínimo de resultado obtenido fue **-5.3%** y el máximo **-1.1%** con un promedio de **-3.0%**, la barras **No. 5** (5/8") un rango de resultados obtenidos entre **-4.9%** a **+0.6%** y su promedio de **-1.3%**, en

general las barras de esta empresa tienden a tener un resultado negativo indicando que estas barras tienen menos masa por unidad de longitud.

En general las barras de esta empresa cumplen al 100% (15/15) del requisito mínimo del porcentaje de variación de peso.

Empresa C: las barras No. 3 y No. 4 de grado 40, obtuvieron resultados que oscilan entre **-1.5%** a **-0.7%** y **-4.6%** a **-1.1%** con promedios de **-1.3%** a **-2.2%** respectivamente, obteniendo un cumplimiento del 100% (5/5) para las barras No. 3 y el 100% (15/15) para No. 4.

Por último, las barras de grado 60 No. 4 y 6 obtuvieron rangos entre **-2.1%** a **1.4%** y **-1.3%** a **2.3%** con promedios de **-0.5%** y **+0.6%** respectivamente.

Podemos decir que casi todas las barras tienden a caer en el porcentaje negativo, no cabe duda que las barras son más delgadas y por ende el peso es menor.

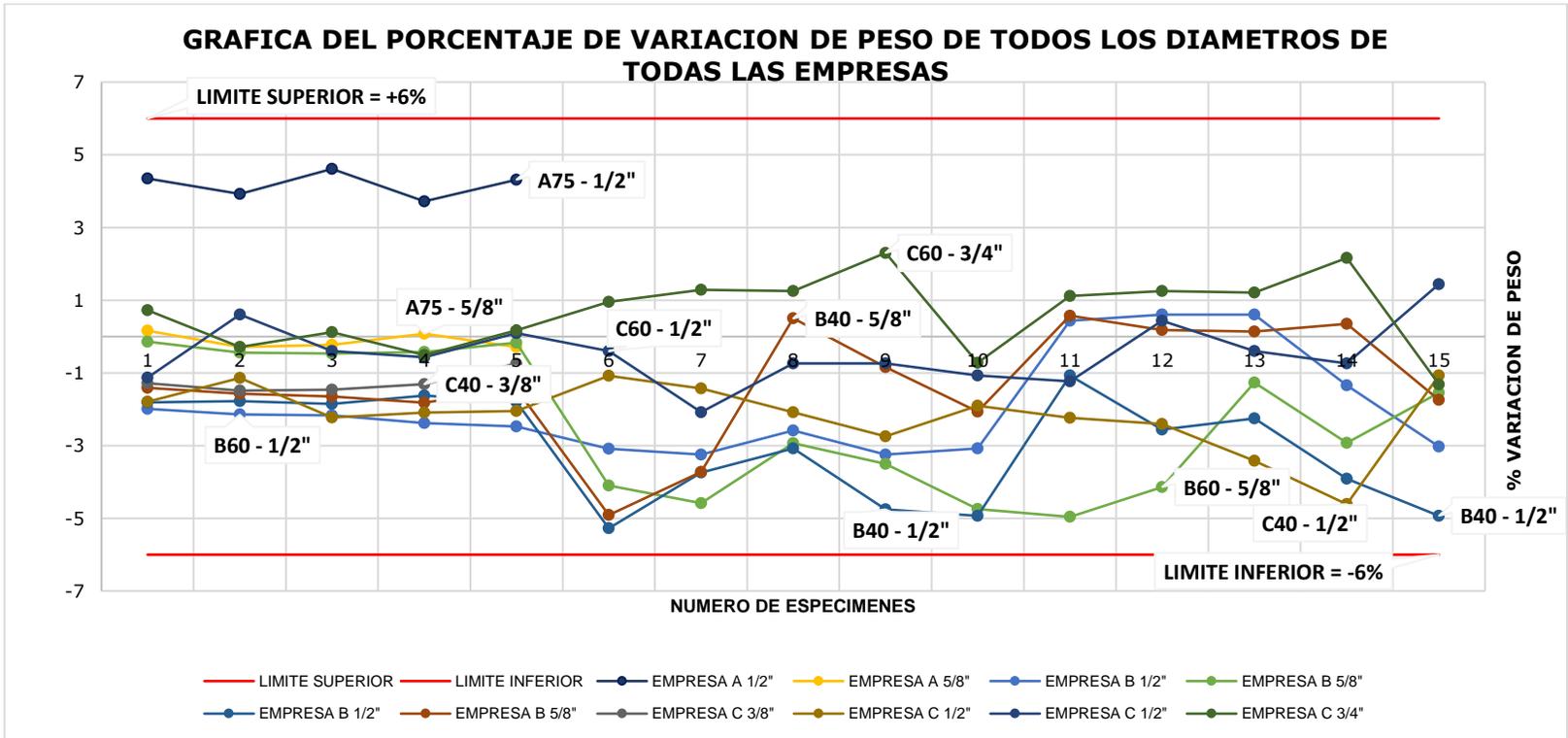


Figura No. 95 Comportamiento del porcentaje de variación del peso para las empresas en estudio.

Fuente: Propia

Porcentaje de reducción de área

Para la **Empresa A** se rige de la norma ASTM A1064, tiene como valor mínimo y es el **30%**, para las barras **D-11** obtuvieron valores que oscilan entre **22% a 33%** nótese que en este rango solo el 40% (2/5) de especímenes cumple con el requisito (2/5) con un promedio de **28%**.

Para **D-17** los resultados oscilan entre **29% a 34%** y de este rango (4/5) cumplieron este requisito un 80%, con un promedio de **31%**.

Este requisito solo se controla para el acero laminado en frío bajo la norma ASTM A1064.

En la **Figura No. 96** se muestra la variación de resultados del porcentaje de reducción de área de la empresa A.

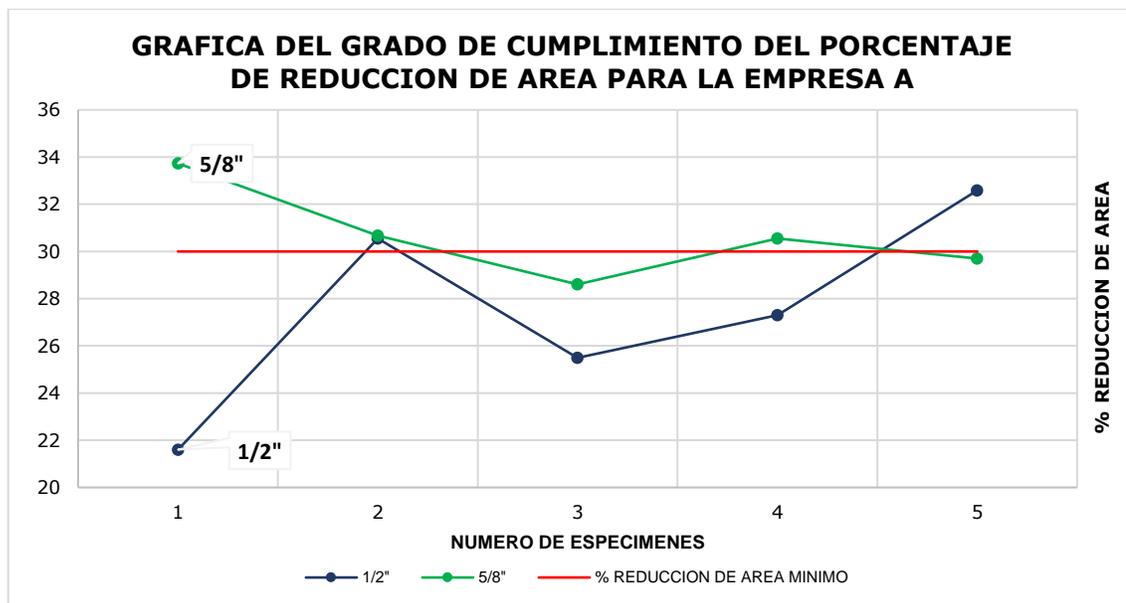


Figura No. 96 Porcentaje de reducción de área para las barras de la empresa A.
Fuente: Propia.

Porcentaje de elongación

La **Empresa A**, para las barras de grado 75 D-11 (1/2") se tiene un **20%** (1/5) que lo cumple estando exactamente en el límite mínimo del **5%**, con un rango de valores entre **3% y 5%** y un valor promedio de **3.8%**, ver **Figura No. 97** y para las probetas de D-17 (5/8") el **80%** (4/5) cumplen este requisito, con un rango que oscilan entre **4.5% y 6.5%** con promedio del **5.4%**.

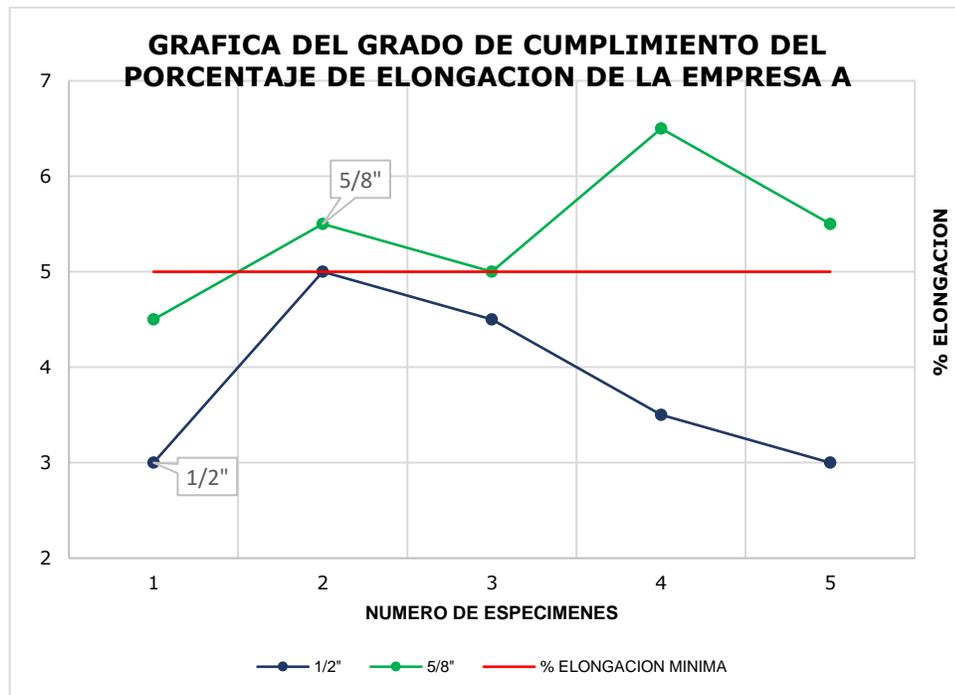


Figura No. 97 Variación del porcentaje de elongación para las barras de la empresa A
Fuente: Propia.

Para la **Empresa B** los valores de porcentaje de elongación (ver **Figura No. 98**) tanto grado 40 y 60 resultaron de la siguiente forma:

- **Grado 40: Requisito mínimo a cumplir para las barras No. 4 y No. 5, % de elongación $\geq 12\%$.**

Barras No. 4 (1/2"); el rango se encuentra entre **22% - 28.5%**; su valor promedio fue de: **24.7%**; por lo que cumple el 100% (15/15).

Barras No. 5 (5/8"); el rango se encuentra entre **16.5% - 28.5%**; su valor promedio fue de: **23.2%**; por lo que cumple el 100% (15/15).

- **Grado 60: Requisito mínimo a cumplir para las barras No. 4 y No. 5, % de elongación $\geq 14\%$.**

Barras No. 4 (1/2"); el rango se encuentra entre **15% - 20.5%**; su valor promedio fue de: **17.3%**; por lo que cumple el 100% (15/15).

Barras No. 5 (5/8"); el rango se encuentra entre **11.0% - 20.0%**; su valor promedio fue de: **17.1%**; por lo que cumple el 87% (13/15).

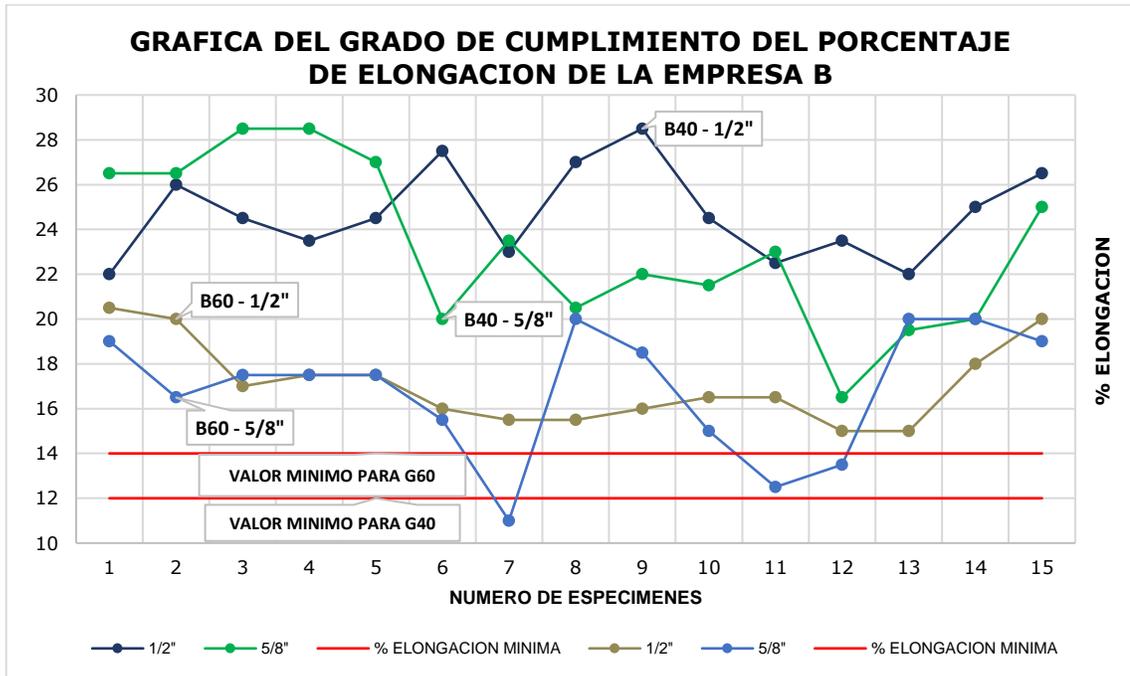


Figura No. 98 Variación del porcentaje de elongación para las barras de la empresa B.
Fuente: Propia

La **Empresa C** los resultados (ver **Figura No. 99**) superan el límite mínimo, el según lo siguiente:

- **Grado 40: Requisito mínimo a cumplir para las barras No. 3, % de elongación $\geq 11\%$ y No. 4, % de elongación $\geq 12\%$.**

Barras No. 3 (3/8"); el rango se encuentra entre **21.5%** - **25.0%**; su valor promedio fue de: **22.9%**; por lo que cumple el 100% (5/5).

Barras No. 4 (1/2"); el rango se encuentra entre **21.5%** - **26.5%**; su valor promedio fue de: **24.1%**; por lo que cumple el 100% (15/15).

- **Grado 60: Requisito mínimo a cumplir para las barras No. 4 y 6, % de elongación $\geq 14\%$.**

Barras No. 4 (1/2"); el rango se encuentra entre **14.0% - 22.0%**; su valor promedio fue de: **16.7%**; por lo que cumple el 100% (15/15).

Barras No. 6 (3/4"); el rango se encuentra entre **15.0% - 20.0%**; su valor promedio fue de: **17.9%**; por lo que cumple el 100% (15/15).

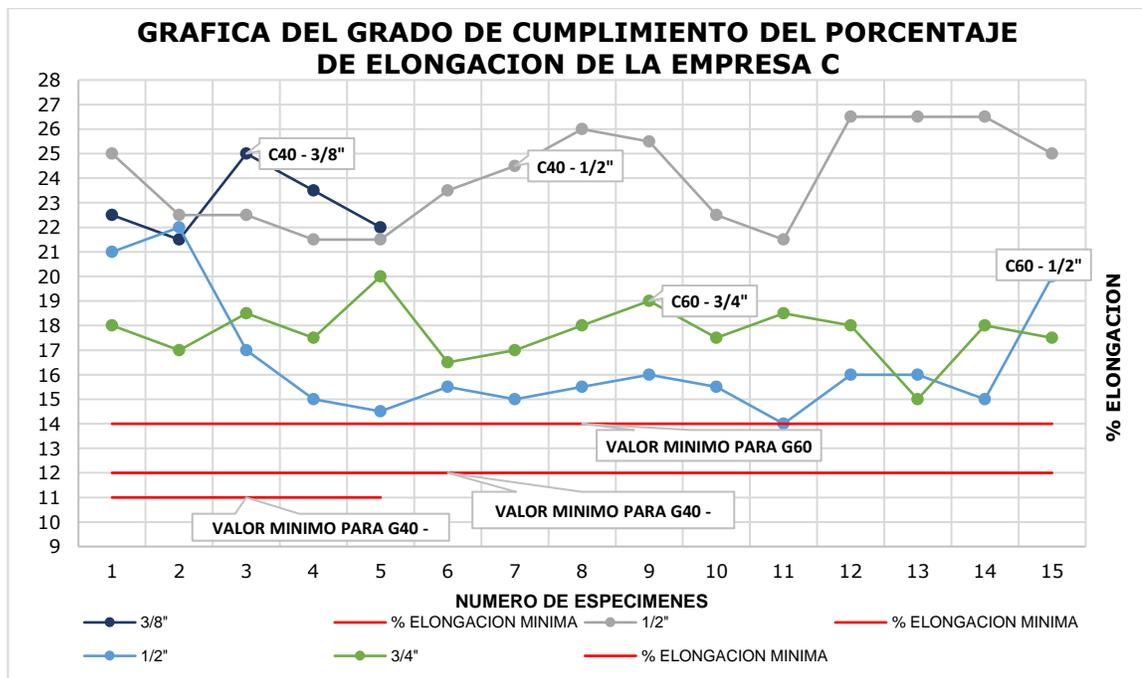


Figura No. 99 Variación del porcentaje de elongación para las barras de la empresa C.
 Fuente: Propia

Doblez

Al observar las **Tablas No. 107** hasta la **116** podemos estudiar el comportamiento de cada uno de los diámetros evaluados para las tres empresas, dando como resultado lo siguiente:

La **Empresa A** es la única que presento fisuras poco pronunciadas al realizar el ensayo de dobléz a 90°, por lo cual cumplen en un 0% (0/10).

Las **Empresas B y C** cumplen satisfactoriamente el dobléz a 180°, en un 100% (6/6) para cada diámetro y grado de acero.

Requisitos de corrugas

Se evaluaron los requisitos mínimos que exige cada norma de especificación que usa cada fabricante para producir sus barras de acero de refuerzo, los resultados son los siguientes: ver **Tabla No. 130 y 131**.

Tabla No. 130. Descripción del grado de cumplimiento de las corrugas por empresa.

CORRUGAS			
EMPRESA	DIÁMETRO	GRADO	OBSERVACIÓN
A	D-11 (1/2")	75	<p>Las barras de acero cumplen con todos los requisitos de corrugas de acuerdo a la norma de especificación ASTM A1064.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espaciamiento de resaltes del corrugado 100% (10/10) • Altura de corruga 100% (10/10) • Ancho de separación sin corruga 100% (20/20) • Angulo de corruga 100% (20/20)
	D-17 (5/8")		
B	No. 4 (1/2")	40	<p>Se analizaron detalladamente las dimensiones de las corrugas como se estipula en las especificaciones correspondientes, dando como resultados satisfactorios.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espaciamiento de resaltes del corrugado 100% (10/10) • Altura de corruga 100% (10/10) • Ancho de separación sin corruga 100% (20/20) • Angulo de corruga 100% (20/20)
	No. 5 (5/8")		
	No. 4 (1/2")	60	
	No. 5 (5/8")		
C	No. 3 (3/8")	40	<p>Para la empresa C de igual forma se realizaron las mediciones correspondientes a las corrugas de acuerdo a su norma de especificación obteniendo resultados satisfactorios según los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espaciamiento de resaltes del corrugado 100% (10/10) • Altura de corruga 100% (10/10) • Ancho de separación sin corruga 100% (20/20) • Angulo de corruga 100% (20/20)
	No. 4 (1/2")		
	No. 6 (3/4")	60	
	No. 4 (1/2")		

Fuente: Propia.

Tabla No. 131. Resultados promedio, Rango de resultados y su respectivo grado de cumplimiento de las corrugas por empresa.

ESPECIFICACION	EMPRESAS									
	A		B				C			
	ASTM A1064		ASTM A615		ASTM A706		ASTM A615		ASTM A615	
DESIGNACION	D-11	D-17	B60 - N4	B60 - N5	B40 - N4	B40- N5	C40 - N3	C40 - N4	C60 - N4	C60- N6
REQUISITO										
ESPACIAMIENTO DE RESALTES DEL CORRUGADO (mm)	6.10	6.15	6.05	7.30	6.05	8.18	5.66	5.91	6.54	10.55
RANGO	6.10	6.10 a 6.15	6.05	7.3	6.05	8.18	5.66	5.91	6.54	10.55
MINIMO	>4.62 y <7.24	>4.62 y <7.24	<8.90	<11.1	<8.90	<11.1	<6.7	<8.90	<8.90	<13.3
ALTURA PROMEDIO DE CORRUGA (mm)	0.71	0.70	1.39	1.73	1.78	1.51	0.77	1.66	1.43	1.52
RANGO	0.64 a 0.76	0.68 a 0.73	1.37 a 1.40	1.73	1.77 a 1.78	1.50 a 1.51	0.76 a 0.77	1.65 a 1.66	1.37 a 1.43	1.5 a 1.53
MINIMO	>0.47	>0.47	>0.51	>0.71	>0.51	>0.71	>0.38	>0.51	>0.51	>0.97
ANCHO DE SEPARACION SIN CORRUGA (mm)	-	-	2.80	2.75	2.40	2.60	2.00	1.90	1.60	3
RANGO	-	-	2.80	2.70 a 3.70	2.40	2.60	2.00	1.90	1.60	2.95 a 3.03
MINIMO	-	-	<4.90	<6.10	<4.90	<6.10	<3.6	<4.90	<4.90	<7.30
ANGULO DE CORRUGA (grados)	75.25°	75.20°	60°	55°	70°	55°	70°	70°	70°	70°
RANGO	75° a 76°	75° a 76°	60°	55°	70°	55°	70°	70°	70°	70°
MINIMO	45° a 70°, >70°									
GRADO DE CUMPLIMIENTO %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Propia.

Según se observa en la **Tabla No. 131** las tres empresas cumplen con el 100% del grado de cumplimiento de los requisitos de corrugas.

Con respecto a la forma de la corrugas cumplen con el requisito que si es menor de 70° debe llevar doble línea de corruga en dirección opuestas y si es mayor a 70° es suficiente en una sola dirección.

Propiedades mecánicas

Resistencia a la tensión

Los resultados de la **empresa A**, para los diámetros estudiados superan los requisitos mínimos de fluencia y de esfuerzo máximo con un grado de cumplimiento del 100% (5/5).

La **empresa B** los diámetros de 1/2" y 5/8" de grado 60 y 5/8" de grado 40 obtuvieron el 100% (15/15) de cumplimiento, el 93% (14/15) el diámetro de 1/2" de grado 40 cumple.

La **empresa C** ha superado el requisito mínimo de esfuerzo de fluencia y esfuerzo último en un 100% (15/15), los resultados se encuentran por arriba de este valor mínimo, ver las **Figuras No. 104** hasta **113**.

A continuación, se detallan los resultados por empresa:

Empresa A:

Grado 75: Requisito a cumplir para barra D-11 y D-17; Fluencia ≥ 515 MPa y Resistencia Máxima ≥ 585 MPa.

(D-11)

Para las barras (1/2"), los resultados se muestran en la **Figura No. 98**

Fluencia: el rango se encuentra entre **717 MPa – 752 MPa**; su valor promedio fue de: **736 MPa**; cumpliendo en un 100% (5/5).

Resistencia Máxima: el rango se encuentra entre **742 MPa – 785 MPa**; su valor promedio fue de: **773 MPa**; cumpliendo en un 100% (5/5).

(D-17)

Para las barras (5/8"), los resultados se muestran en la **Figura No. 99**

Fluencia: el rango se encuentra entre **651 MPa – 665 MPa**; su valor promedio fue de: **657 MPa**; cumpliendo en un 100% (5/5).

Resistencia Máxima: el rango se encuentra entre **726 MPa – 733 MPa**; su valor promedio fue de: **729 MPa**; cumpliendo en un 100% (5/5).

En la **Figura No. 100** se muestra el comportamiento de los resultados de los especímenes de designación D-11 de la empresa A.

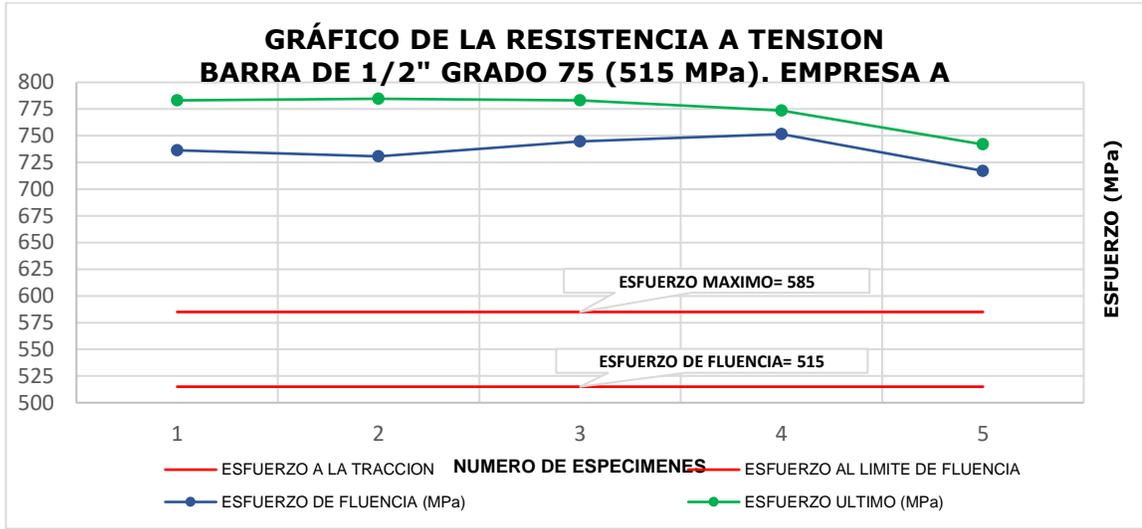


Figura No. 100 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 1/2" grado 75 (515 MPa).
Fuente: Propia.

En la **Figura No. 101** se muestra el comportamiento de los resultados de los especímenes de designación D-17 de la empresa A.

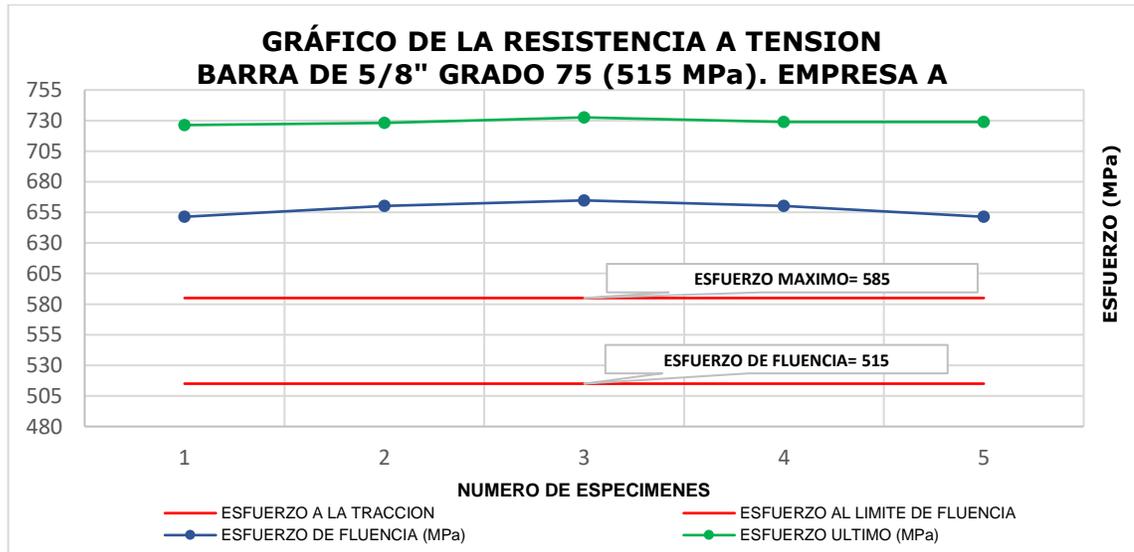


Figura No. 101 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 5/8" grado 75 (515 MPa).
Fuente: Propia.

Empresa B: A continuación, se detalla los resultados obtenidos y se evalúa el grado de cumplimiento de esta.

Grado 40: Requisito a cumplir para barras No. 4 y No. 5; Fluencia ≥ 280 MPa y Resistencia Máxima ≥ 420 MPa.

(No. 4)

Para las barras (1/2”), sus resultados fueron los siguientes:

Fluencia: el rango se encuentra entre **274 MPa – 318 MPa**; su valor promedio fue de: **299 MPa**; cumpliendo en un 87% (13/15).

Resistencia Máxima: el rango se encuentra entre **413 MPa – 482 MPa**; su valor promedio fue de: **449 MPa**; cumpliendo en un 93% (14/15).

(No. 5)

Para las barras (5/8”), sus resultados fueron los siguientes:

Fluencia: el rango se encuentra entre **286 MPa – 387 MPa**; su valor promedio fue de: **330 MPa**; cumpliendo en un 100% (15/15).

Resistencia Máxima: el rango se encuentra entre **450 MPa – 582 MPa**; su valor promedio fue de: **506 MPa**; cumpliendo en un 100% (15/15).

En la **Figura No. 102** se muestra el comportamiento de los resultados de las barras de acero de No 4, grado 40 de la empresa B.

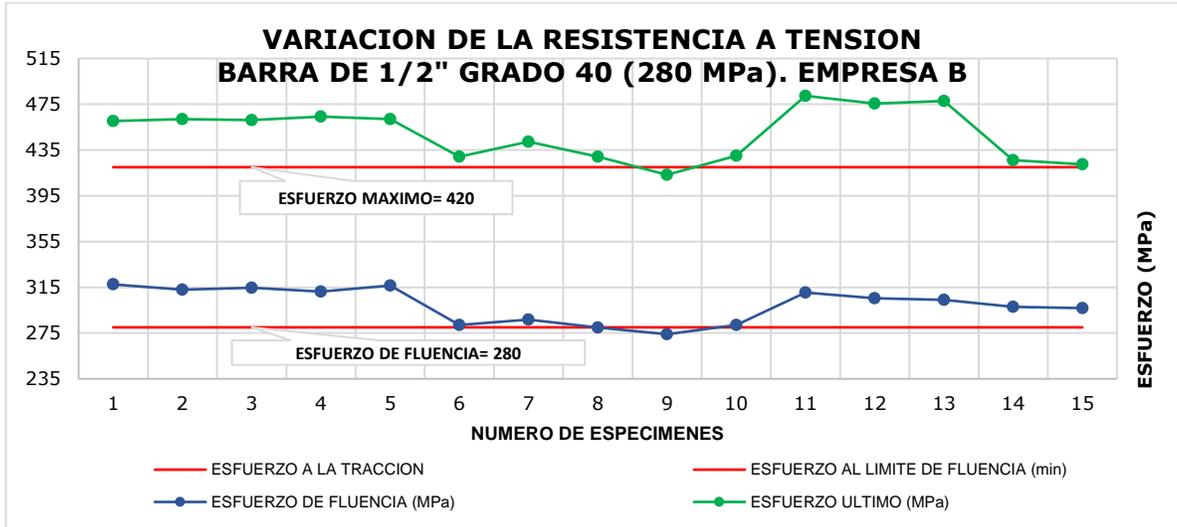


Figura No. 102 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 1/2" grado 40 (280 MPa).
Fuente: Propia.

En la **Figura No. 103** se muestra el comportamiento de los resultados de las barras de acero de No 5, grado 40 de la empresa B.

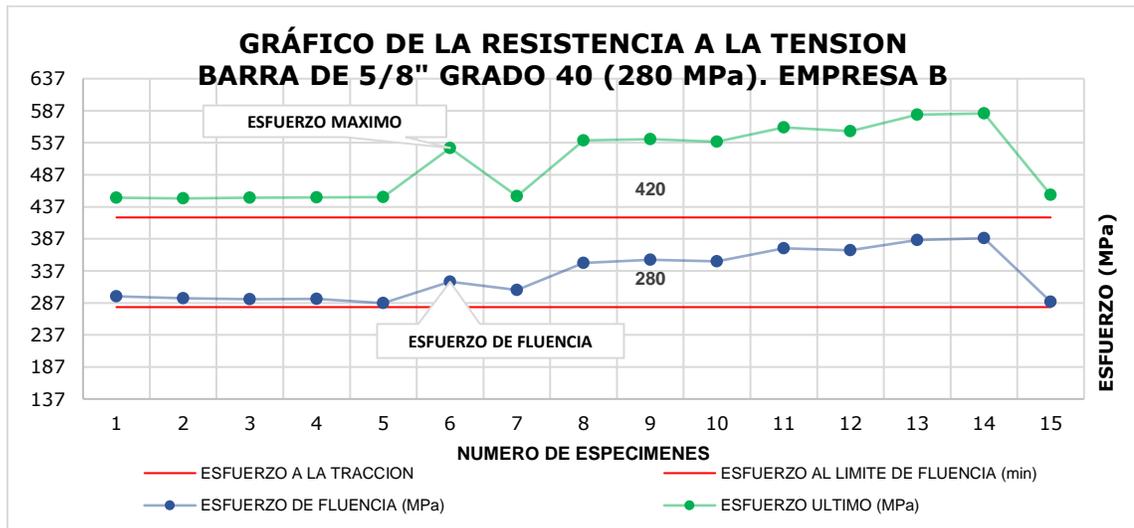


Figura No. 103 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 5/8" grado 40 (280 MPa).
Fuente: Propia.

Grado 60: Requisito a cumplir para barra N 4 y N 5; Fluencia ≥ 420 MPa y ≤ 540 MPa y Resistencia Máxima ≥ 550 MPa.

(No. 4)

Para las barras (1/2"), sus resultados fueron los siguientes:

Fluencia: el rango se encuentra entre **436 MPa – 468 MPa**; su valor promedio fue de: **452 MPa**; cumpliendo en un 100% (15/15).

Resistencia Máxima: el rango se encuentra entre **605 MPa – 702 MPa**; su valor promedio fue de: **665 MPa**; cumpliendo en un 100% (15/15).

(No. 5)

Para las barras (5/8"), sus resultados fueron los siguientes:

Fluencia: el rango se encuentra entre **434 MPa – 470 MPa**; su valor promedio fue de: **461 MPa**; cumpliendo en un 100% (15/15).

Resistencia Máxima: el rango se encuentra entre **619 MPa – 713 MPa**; su valor promedio fue de: **654 MPa**; cumpliendo en un 100% (15/15).

En la **Figura No. 104** se muestra el comportamiento de los resultados de las barras de acero de No 4, grado 60 de la empresa B.

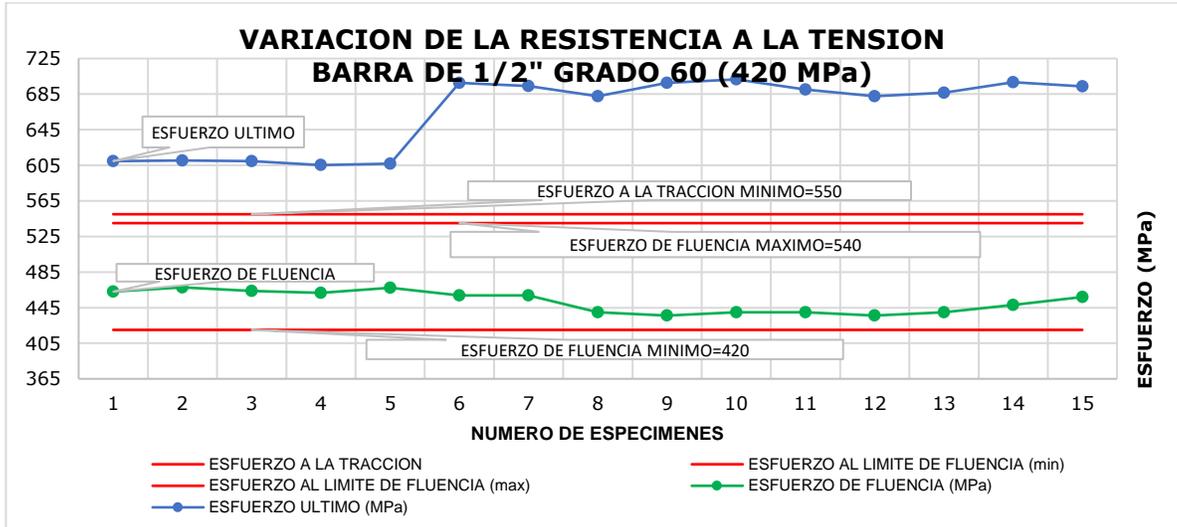


Figura No. 104 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 1/2" grado 60 (420 MPa).
Fuente: Propia.

En la **Figura No. 105** se muestra el comportamiento de los resultados de las barras de acero de No 5, grado 60 de la empresa B.

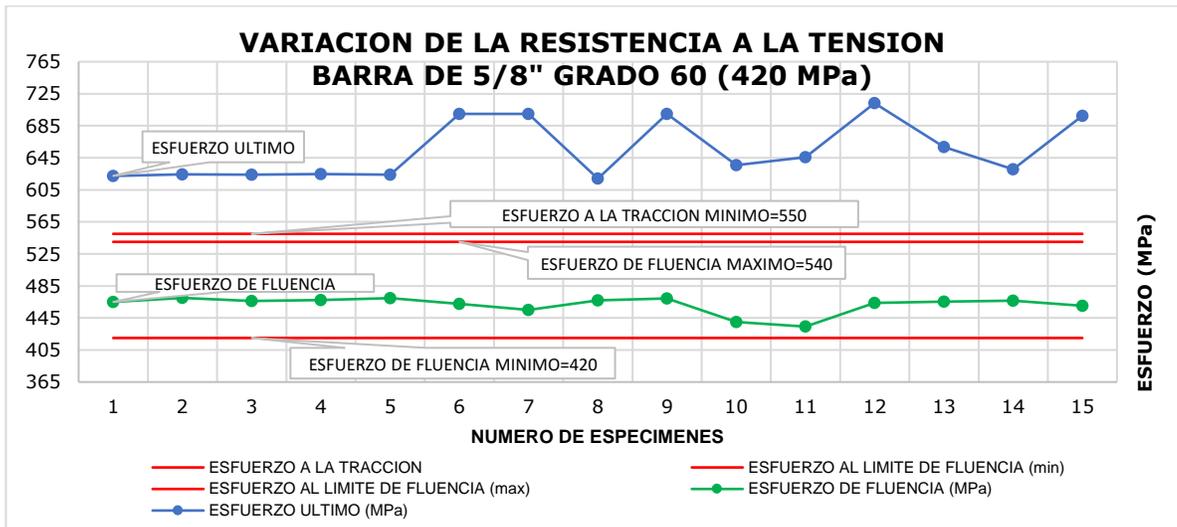


Figura No. 105 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 5/8" grado 60 (420 MPa).
Fuente: Propia.

Empresa C: A continuación, se detalla los resultados obtenidos y se evalúa el grado de cumplimiento de esta.

Grado 40: Requisito a cumplir para barra N 3 y N 5; Fluencia ≥ 280 MPa y Resistencia Máxima ≥ 420 MPa.

(No. 3)

Para las barras (3/8”), sus resultados fueron los siguientes:

Fluencia: el rango se encuentra entre **312 MPa – 321 MPa**; su valor promedio fue de: **317 MPa**; cumpliendo en un 100% (5/5).

Resistencia Máxima: el rango se encuentra entre **485 MPa – 688 MPa**; su valor promedio fue de: **528 MPa**; cumpliendo en un 100% (5/5).

(No. 4)

Para las barras (1/2”), sus resultados fueron los siguientes:

Fluencia: el rango se encuentra entre **281 MPa – 347 MPa**; su valor promedio fue de: **323 MPa**; cumpliendo en un 100% (15/15).

Resistencia Máxima: el rango se encuentra entre **429 MPa – 507 MPa**; su valor promedio fue de: **478 MPa**; cumpliendo en un 100% (15/15).

En la **Figura No. 106** se muestra el comportamiento de los resultados de las barras de acero de No 3, grado 40 de la empresa C.

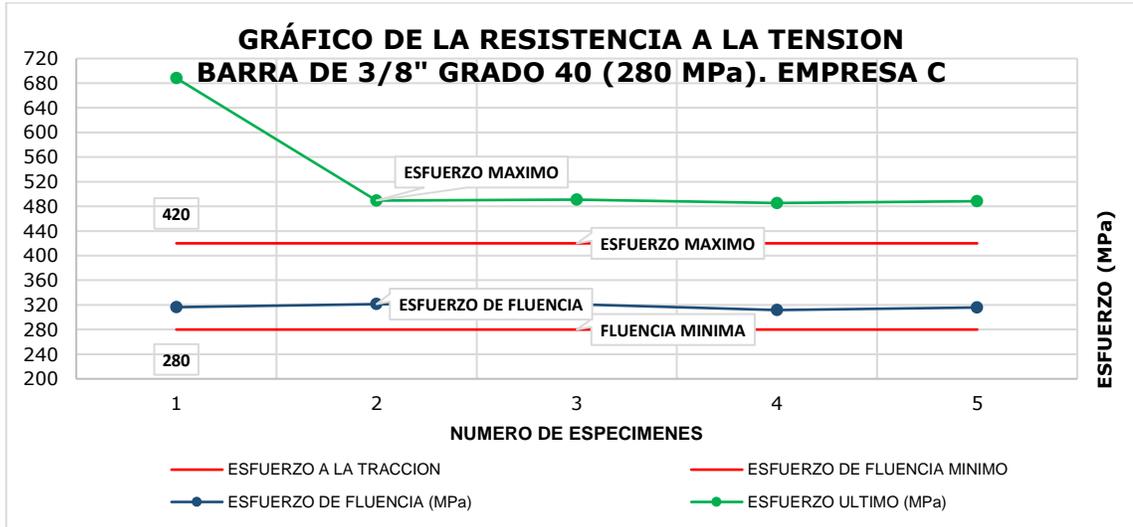


Figura No. 106 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 3/8" grado 40 (280 MPa).
Fuente: Propia.

En la **Figura No. 107** se muestra el comportamiento de los resultados de las barras de acero de No 4, grado 40 de la empresa C.

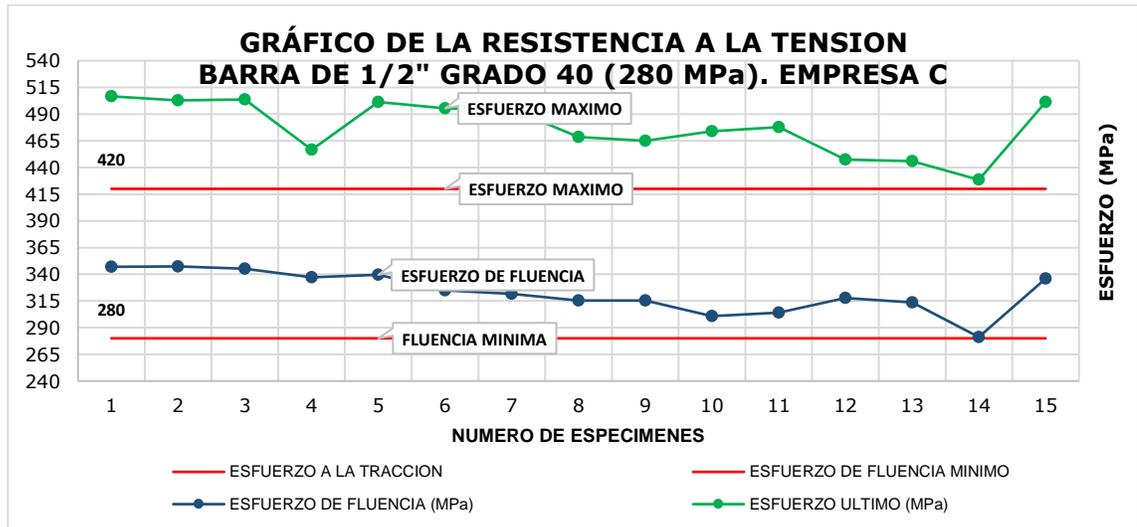


Figura No. 107 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 1/2" grado 40 (280 MPa).
Fuente: Propia.

Grado 60: Requisito a cumplir para barra N 4 y N 6; Fluencia ≥ 420 MPa y Resistencia Máxima ≥ 620 MPa.

(No. 4)

Para las barras (1/2"), sus resultados fueron los siguientes:

Fluencia: el rango se encuentra entre **440 MPa – 463 MPa**; su valor promedio fue de: **452 MPa**; cumpliendo en un 100% (15/15).

Resistencia Máxima: el rango se encuentra entre **698 MPa – 709 MPa**; su valor promedio fue de: **706 MPa**; cumpliendo en un 100% (15/15).

(No. 6)

Para las barras (3/4"), sus resultados fueron los siguientes:

Fluencia: el rango se encuentra entre **448 MPa – 466 MPa**; su valor promedio fue de: **460 MPa**; cumpliendo en un 100% (15/15).

Resistencia Máxima: el rango se encuentra entre **693 MPa – 741 MPa**; su valor promedio fue de: **715 MPa**; cumpliendo en un 100% (15/15).

En la **Figura No. 108** se muestra el comportamiento de los resultados de las barras de acero de No 4, grado 60 de la empresa C.

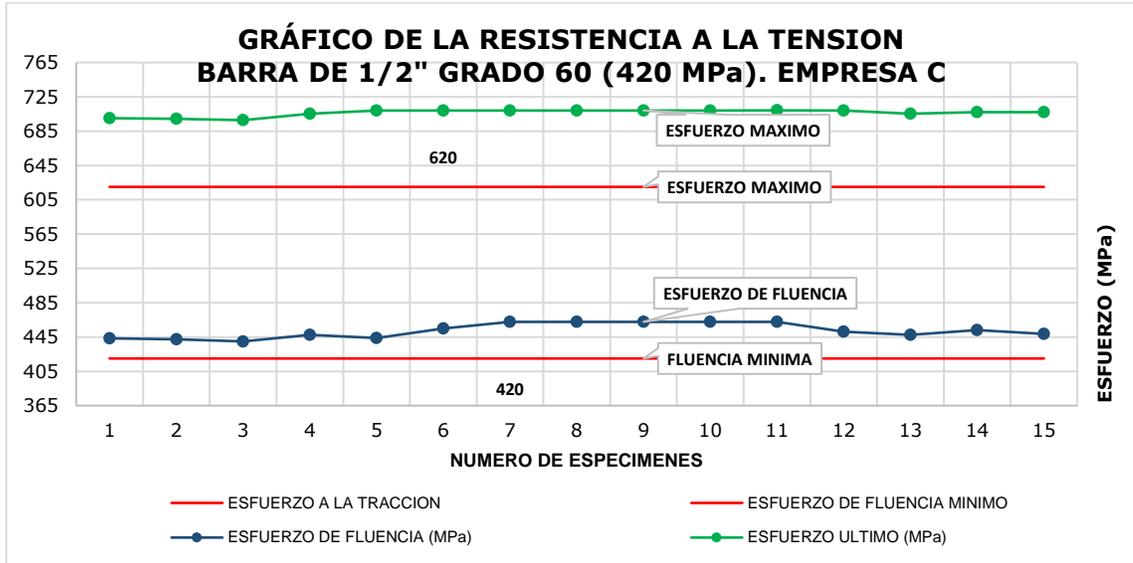


Figura No. 108 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 1/2" grado 60 (420 MPa)
Fuente: Propia.

En la **Figura No. 109** se muestra el comportamiento de los resultados de las barras de acero de No 6, grado 60 de la empresa C.

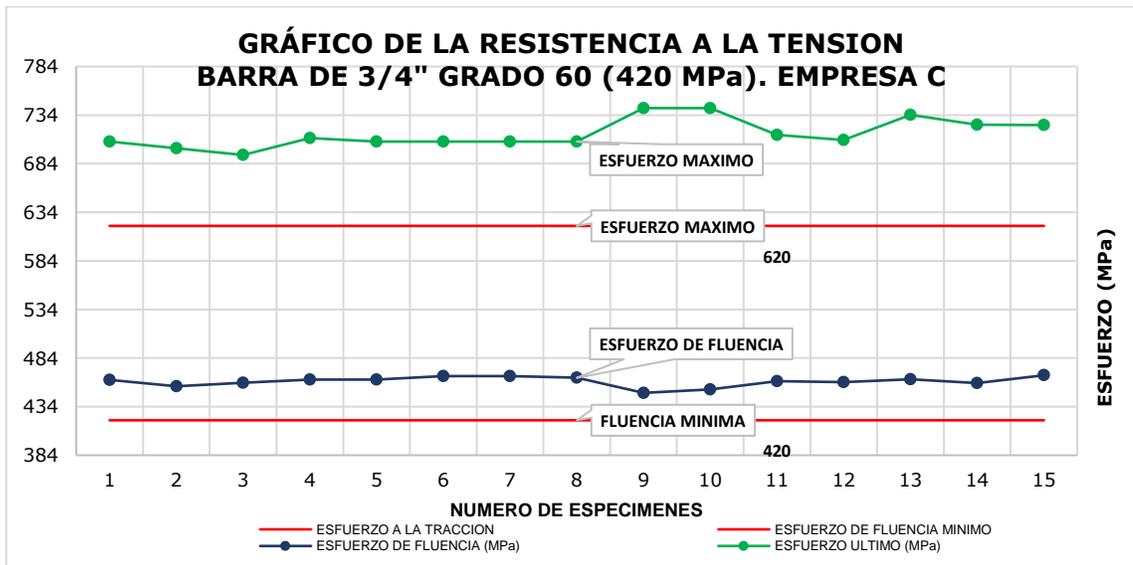


Figura No. 109 Variación de la resistencia a la tensión de las barras de 3/4" grado 60 (420 MPa)
Fuente: Propia.

En la **Tabla No. 132** muestra el grado de cumplimiento para las probetas estudiadas para las empresas A, B y C.

Tabla No. 132. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos de calidad para las probetas estudiadas por empresa.

Característica/Propiedad	Empresa A	Empresa B		Empresa C	
Especificación	A1064	A615	A706	A615	
Grado del acero	Grado 75	Grado 40	Grado 60	Grado 40	Grado 60
Propiedades físicas					
Porcentaje de variación de peso	100%	100%	100%	100%	100%
Porcentaje de reducción de área	60%	-	-	-	-
Corrugas					
Espaciamiento de corrugas	100%	100%	100%	100%	100%
Altura de corruga	100%	100%	100%	100%	100%
Ancho de separación sin corruga	100%	100%	100%	100%	100%
Angulo de la corruga	100%	100%	100%	100%	100%
Propiedades mecánicas					
Esfuerzo de fluencia	100%	94%	100%	100%	100%
Esfuerzo máximo	100%	97%	100%	100%	100%
Porcentaje de elongación	50%	100%	94%	100%	100%
Doblez	0%	100%	100%	100%	100%
Grado de cumplimiento	81%	99%	99%	100%	100%

Fuente: Propia.

Luego del análisis de resultados se determina lo siguiente:

La siguiente **Tabla No. 132** muestra el grado de cumplimiento de cada empresa para cada requisito evaluado, demostrando que:

Empresa A:**Grado 75**

El requisito de porcentaje de variación de peso, corrugas, fluencia, resistencia máxima lo cumplen al 100%, parcialmente porcentaje de reducción de área con un 60%, porcentaje de elongación un 50% y no cumple doblez.

Empresa B:**Grado 40**

El requisito de porcentaje de variación de peso, corrugas, doblez y porcentaje de elongación lo cumplen al 100%, y parcialmente fluencia con un 94%, resistencia máxima con un 97%.

Grado 60

El requisito de porcentaje de variación de peso, fluencia, resistencia máxima, corrugas y doblez lo cumplen al 100%, y parcialmente con un 94% el porcentaje de elongación.

Empresa C:**Grado 40**

El requisito de porcentaje de variación de peso, fluencia, resistencia máxima, corrugas, dobléz y porcentaje de elongación lo cumplen al 100%,

Grado 60

El requisito de porcentaje de variación de peso, fluencia, resistencia máxima, corrugas, dobléz y porcentaje de elongación lo cumplen al 100%,

El total de los requisitos evaluados las tres empresas los cumplen de la siguiente forma: **Empresa C: 100%, B: 99% y A: 81%.**

4.1.8 Madera.

Para el siguiente material se llevó a cabo el análisis de cinco tipos de madera, los cuales se presentan en la **Figura No. 110**, cabe mencionar que cada una de ellas proviene de diferentes distribuidores. Se hará un análisis comparativo entre estos productos. Los tipos de madera que existe en nuestro medio es muy variado, y sus características físicas como mecánicas dependen mucho de condiciones ambientales y por ello no puede ser normalizado a un estándar.



Figura No. 110 Tipos de maderas a estudiarse
Fuente: Propia.

A continuación, se presentarán, un resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión con carga paralela a la fibra y la resistencia a flexión con carga perpendicular a la fibra, para cada tipo de madera estudiada.

Cedro.

A continuación, en la **Tabla No. 133 y 134** se observa los resultados obtenidos de la resistencia a compresión y la resistencia a flexión de las cinco muestras de madera tipo cedro

Tabla No. 133. Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de madera tipo cedro.

RESISTENCIA A LA COMPRESION						
MUESTRA	1	2	3	4	5	6
PESO VOLUMETRICO (g/cm ³)	0.52	0.56	0.50	0.48	0.49	0.61
ESFUERZO (MPa)	29.82	34.81	28.59	28.78	28.87	30.51
PROMEDIO ESFUERZO (MPa)	30.23					

Fuente: Propia.

Tabla No. 134. Resultados obtenidos de la resistencia a flexión de madera tipo cedro.

RESISTENCIA A LA FLEXION						
MUESTRA	1	2	3	4	5	6
FUERZA (kN)	6.794	7.185	4.097	6.818	7.276	6.577
DEFORMACIÓN (mm)	20.608	22.565	11.910	21.628	22.811	19.972
MODULO DE RUPTURA, SR (MPa)	59.0	62.3	35.1	59.7	63.9	57.2
PROMEDIO DE MODULO DE RUPTURA (MPa)	56.20					
MODULO DE ELASTICIDAD, E _{app} (MPa)	6.8	6.6	7.0	6.6	6.7	6.8

Fuente: Propia.

Pino.

A continuación, en la **Tabla No. 135 y 136** se observa los resultados obtenidos de la compresión y flexión de las cinco muestras de madera tipo pino.

Tabla No. 135. Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de madera tipo pino.

RESISTENCIA A LA COMPRESION						
MUESTRA	1	2	3	4	5	6
PESO VOLUMETRICO (g/cm ³)	0.68	0.70	0.70	0.64	0.70	0.70
ESFUERZO (MPa)	62.43	53.23	59.42	51.66	51.08	57.33
PROMEDIO ESFUERZO (MPa)	55.86					

Fuente: Propia.

Tabla No. 136. Resultados obtenidos de la resistencia a flexión de madera tipo pino.

RESISTENCIA A LA FLEXION						
MUESTRA	1	2	3	4	5	6
FUERZA (kN)	9.866	9.077	8.583	8.359	8.851	8.048
DEFORMACIÓN (mm)	22.385	20.127	19.320	15.792	17.781	18.323
MODULO DE RUPTURA, SR (MPa)	84.2	79.5	73.5	72.3	78.2	68.7
PROMEDIO DE RUPTURA (MPa)	76.07					
MODULO DE ELASTICIDAD, Eapp (MPa)	8.9	9.4	9.0	10.9	10.5	8.9

Fuente: Propia.

Caoba.

A continuación, en la **Tabla No. 137 y 138** se observa los resultados obtenidos de la compresión y flexión de las cinco muestras de madera tipo caoba.

Tabla No. 137. Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de madera tipo caoba.

RESISTENCIA A LA COMPRESION						
MUESTRA	1	2	3	4	5	6
PESO VOLUMETRICO (g/cm ³)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
ESFUERZO (MPa)	36.49	41.80	46.17	46.06	46.56	37.81
PROMEDIO ESFUERZO (MPa)	42.48					

Fuente: Propia.

Tabla No. 138. Resultados obtenidos de la resistencia a flexión de madera tipo caoba.

RESISTENCIA A LA FLEXION						
MUESTRA	1	2	3	4	5	6
FUERZA (kN)	7.856	8.961	7.476	9.123	8.940	7.928
DEFORMACIÓN (mm)	21.731	22.318	16.148	21.315	22.405	20.502
MODULO DE RUPTURA, SR (MPa)	67.0	78.5	64.1	79.0	79.0	67.7
PROMEDIO DE RUPTURA (MPa)	72.55					
MODULO DE ELASTICIDAD, Eapp (MPa)	7.3	8.4	9.4	8.8	8.4	7.8

Fuente: Propia.

Conacaste.

A continuación, en la **Tabla No. 139 y 140** se observa los resultados obtenidos de la compresión y flexión de las cinco muestras de madera tipo conacaste.

Tabla No. 139. Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de madera tipo conacaste.

RESISTENCIA A LA COMPRESION						
MUESTRA	1	2	3	4	5	6
PESO VOLUMETRICO (g/cm ³)	0.47	0.46	0.47	0.48	0.46	0.47
ESFUERZO (MPa)	25.07	24.91	26.87	28.16	26.52	25.71
PROMEDIO ESFUERZO (MPa)	26.21					

Fuente: Propia.

Tabla No. 140. Resultados obtenidos de la resistencia a flexión de madera tipo conacaste.

RESISTENCIA A LA FLEXION						
MUESTRA	1	2	3	4	5	6
FUERZA (kN)	3.599	3.975	3.154	3.626	3.458	3.620
DEFORMACIÓN (mm)	14.487	14.572	15.387	15.957	14.253	15.458
MODULO DE RUPTURA, SR (MPa)	30.7	34.8	27.0	31.4	30.5	30.9
PROMEDIO DE RUPTURA (MPa)	30.88					
MODULO DE ELASTICIDAD, Eapp (MPa)	5.0	5.7	4.2	4.7	5.1	4.7

Fuente: Propia.

Laurel.

A continuación, en la **Tabla No. 141 y 142** se observa los resultados obtenidos de la compresión y flexión de las cinco muestras de madera tipo Laurel.

Tabla No. 141. Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de madera tipo laurel.

RESISTENCIA A LA COMPRESION						
MUESTRA	1	2	3	4	5	6
PESO VOLUMETRICO (g/cm ³)	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ESFUERZO (MPa)	36.60	35.83	39.11	32.95	34.60	32.87
PROMEDIO ESFUERZO (MPa)	35.33					

Fuente: Propia.

Tabla No. 142. Resultados obtenidos de la resistencia a flexión de madera tipo laurel.

RESISTENCIA A LA FLEXION						
MUESTRA	1	2	3	4	5	6
FUERZA (kN)	9.990	9.288	9.407	8.511	10.491	9.950
DEFORMACIÓN (mm)	19.321	23.950	19.136	19.291	19.524	26.416
MODULO DE RUPTURA, SR (MPa)	85.3	81.4	80.6	73.7	92.6	84.9
PROMEDIO DE RUPTURA (MPa)	83.08					
MODULO DE ELASTICIDAD, Eapp (MPa)	10.5	8.1	10.0	9.1	11.4	7.6

Fuente: Propia.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

A continuación, se realizará el análisis de los resultados para las diferentes maderas, cabe mencionar que al final del análisis se hará una comparación de resultados entre maderas ya que no existe una especificación como tal que rija valores como mínimos de resistencia a la compresión paralela a la fibra y la flexión perpendicular a la fibra.

En la **Figura No. 111**, se presenta los resultados obtenidos del ensayo a compresión de la madera paralela a la fibra, la **Figura No. 112 y 113** resultados obtenidos de la fuerza de flexión y el módulo de ruptura calculado según la norma ASTM D198 – 15 anexo X2. Tabla X2.1 fórmulas para flexión, línea 2.

Resistencia a la compresión paralela a la fibra.

Se observa en la **Figura No. 111**, la madera con más resistencia es el *Pino* con valores entre **51.08 a 62.43 MPa**, con un promedio de **55.86 MPa**, luego prosiguen la *Caoba* con valores entre **36.49 a 46.56 MPa**, con un promedio de **42.48 MPa**, *Laurel* con valores entre **32.87 a 39.11 MPa**, con un promedio de **35.33 MPa** y *Cedro* con valores entre **28.59 a 34.81 MPa**, con un promedio de **30.23 MPa**, y la madera con menor resistencia es el *Conacaste* con valores que varían entre **24.91 a 28.16 MPa** con un promedio de **26.21 MPa**.

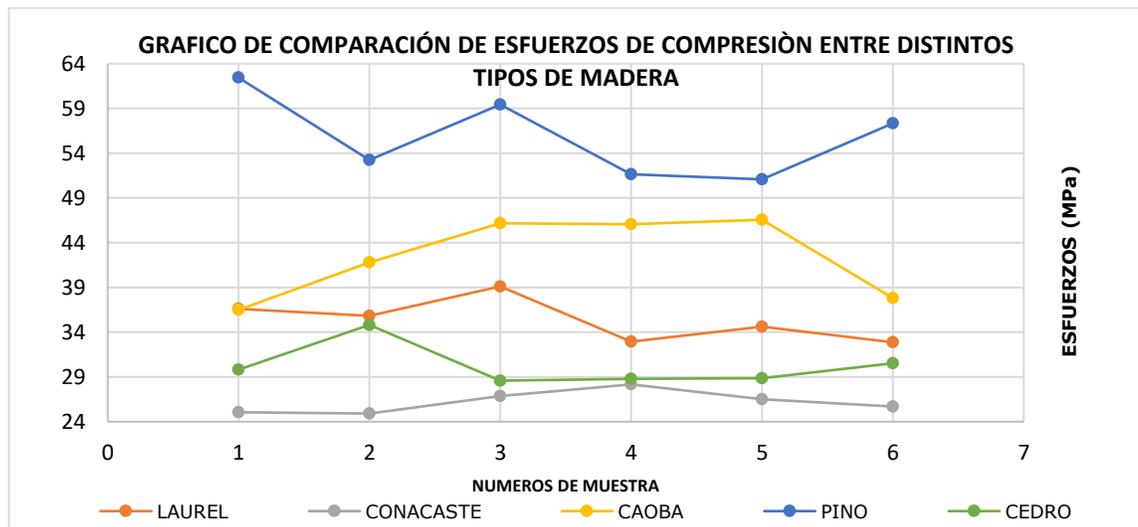


Figura No. 111 Variación de la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra de las cinco especies de madera.

Fuente: Propia.

Resistencia a la flexión perpendicular a la fibra

Tal como se muestra en la **Figura No. 112** la madera de conacaste obtuvo una baja resistencia a la flexión, es lógico pensar que su módulo de ruptura es bajo y por ende es más fácil llegar a la rotura, ver **Figura No. 113**, de hecho, la fuerza que alcanza hasta la falla es de **4.0 kN**.

Mientras que el *Laurel* resulto tener mayor módulo de ruptura y le siguen, el *Pino*, *Caoba* y *Cedro*, resultados que varían entre **6 a 10 kN** de fuerza y sus módulos de rupturas entre **56 a 83 kN**.

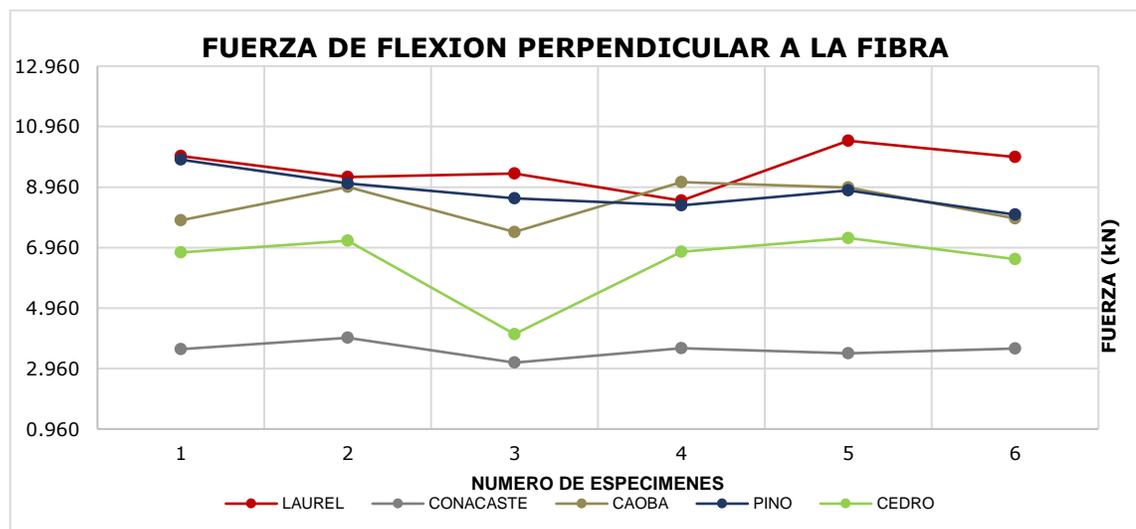


Figura No. 112 Variaciones de la resistencia a la flexión paralela a la fibra de las cinco especies de madera.

Fuente: Propia.

Módulo de ruptura

Como se muestra en la **Figura No. 113**, la madera con mayor módulo de ruptura es *Laurel* con valores que oscilan entre **73.7 a 92.6 MPa** con un promedio de **83.1 MPa**, en segundo lugar, está la madera *Pino* cuyos módulos oscilan entre **68.7 a 84.2 MPa** con un valor promedio de **76.1 MPa**, la *Caoba* entre **64.1 a 79.0 MPa** y promedio de **72.5 MPa**, como siguiente el *Cedro* con valores entre **35.1 a 63.9 MPa** con promedio de **56.2 MPa**, y por último, *Conacaste* con valores entre **27.0 a 34.8 MPa** y un promedio de **30.9 MPa**.

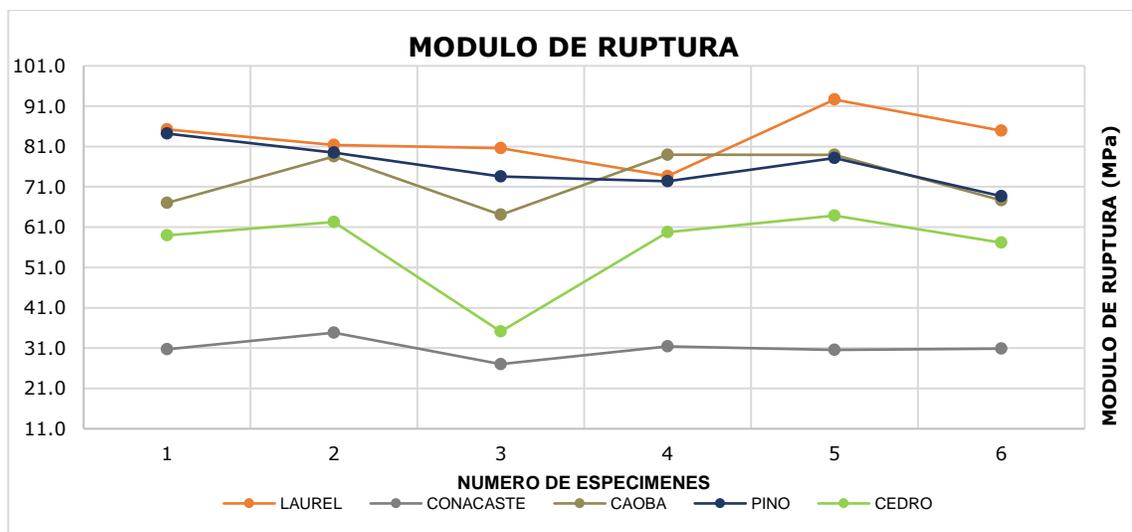
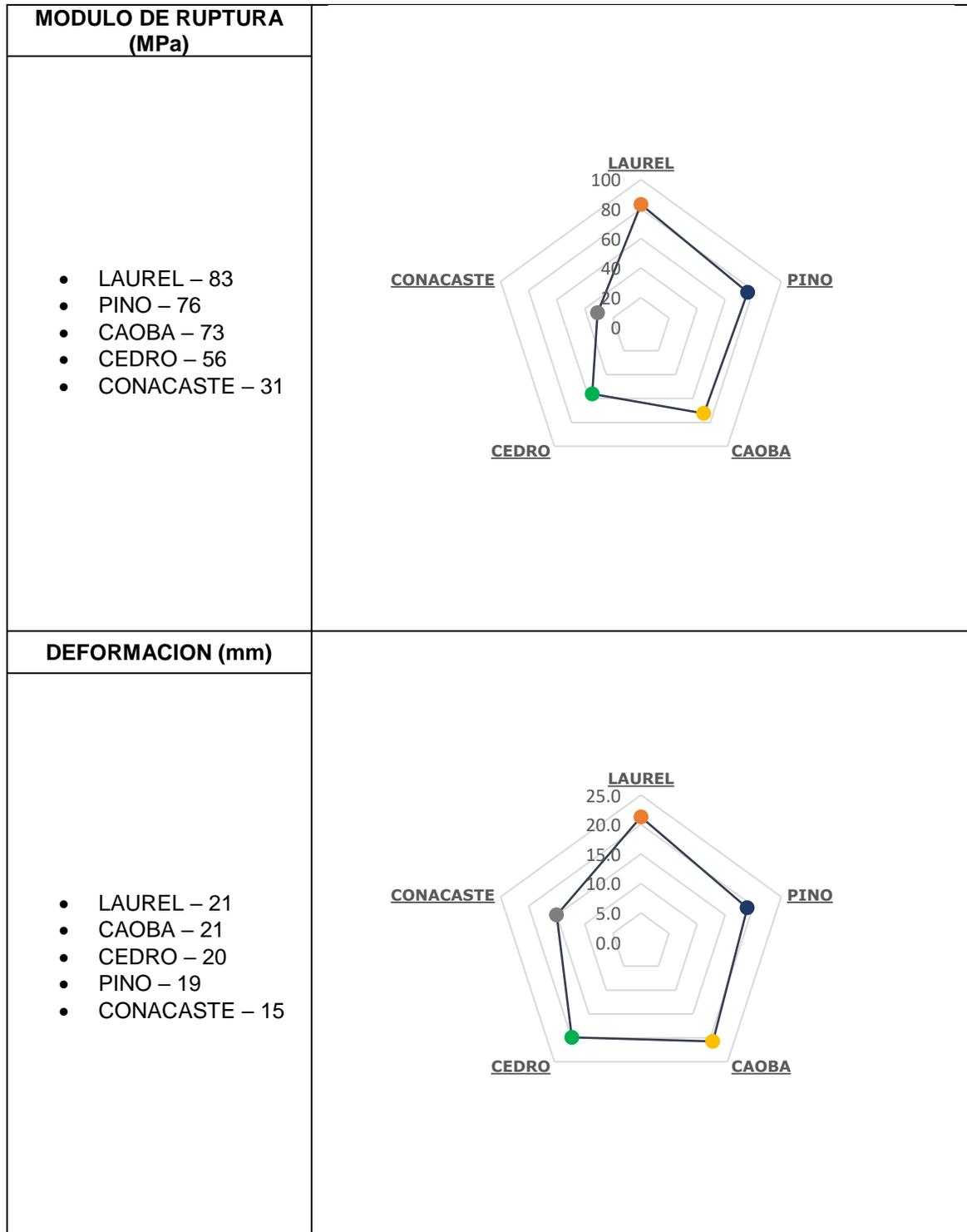


Figura No. 113 Variaciones del módulo de ruptura de las cinco especies de madera.
Fuente: Propia.

La **Tabla No. 143** muestra el cuadro resumen de las propiedades estudiadas a los cinco tipos de madera del mayor resultado al menor.

Tabla No. 143. Cuadro resume de propiedades para los diferentes tipos de madera.

<p>COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION PARALELA A LA FIBRA (MPa)</p> <ul style="list-style-type: none"> • PINO – 55.9 • CAOBA – 42.5 • LAUREL – 35.3 • CEDRO – 30.2 • CONACASTE – 26.2 	<table border="1"> <caption>Parallel Compression Resistance (MPa)</caption> <thead> <tr> <th>Species</th> <th>Resistance (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LAUREL</td> <td>35.3</td> </tr> <tr> <td>PINO</td> <td>55.9</td> </tr> <tr> <td>CAOBA</td> <td>42.5</td> </tr> <tr> <td>CEDRO</td> <td>30.2</td> </tr> <tr> <td>CONACASTE</td> <td>26.2</td> </tr> </tbody> </table>	Species	Resistance (MPa)	LAUREL	35.3	PINO	55.9	CAOBA	42.5	CEDRO	30.2	CONACASTE	26.2
Species	Resistance (MPa)												
LAUREL	35.3												
PINO	55.9												
CAOBA	42.5												
CEDRO	30.2												
CONACASTE	26.2												
<p>COMPARACION DE LA FUERZA DE FLEXION PERPENDICULAR A LA FIBRA (kN)</p> <ul style="list-style-type: none"> • LAUREL – 9.6 • PINO – 8.8 • CAOBA – 8.4 • CEDRO – 6.5 • CONACASTE – 3.6 	<table border="1"> <caption>Perpendicular Flexion Force (kN)</caption> <thead> <tr> <th>Species</th> <th>Force (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LAUREL</td> <td>9.6</td> </tr> <tr> <td>PINO</td> <td>8.8</td> </tr> <tr> <td>CAOBA</td> <td>8.4</td> </tr> <tr> <td>CEDRO</td> <td>6.5</td> </tr> <tr> <td>CONACASTE</td> <td>3.6</td> </tr> </tbody> </table>	Species	Force (kN)	LAUREL	9.6	PINO	8.8	CAOBA	8.4	CEDRO	6.5	CONACASTE	3.6
Species	Force (kN)												
LAUREL	9.6												
PINO	8.8												
CAOBA	8.4												
CEDRO	6.5												
CONACASTE	3.6												



Fuente: Propia.

Luego del análisis de resultados se determina lo siguiente:

La siguiente **Tabla No. 143** muestra el resumen de cada madera estudiada para cada propiedad evaluada, demostrando que:

La mejor madera a la resistencia a compresión paralela a la fibra es el:

PINO

La mejor madera a la resistencia a la flexión perpendicular a la fibra es el:

LAUREL

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

Luego de haber cumplido con el objetivo principal, que es la evaluación de los requisitos de calidad de los materiales de construcción empleados con más frecuencia en el país y de haberles sometido a prueba siguiendo normas de ensayo estandarizadas, se presentaron los resultados y estos fueron analizados; como fruto final de esta investigación es posible realizar conclusiones sobre los materiales investigados y las empresas proveedoras.

5.1.1 Agregado pétreo.

- Gravas:

La **empresa A** cumple con los requisitos siguientes: Granulometría, peso volumétrico suelto y varillado, gravedad específica aparente, absorción, resistencia al desgaste, forma del agregado y angulosidad, que corresponde a un 100% de cumplimiento.

La **empresa B** cumple con los siguientes requisitos: Granulometría, peso volumétrico varillado, gravedad específica aparente, resistencia al desgaste, forma del agregado y angulosidad, que corresponde a un 75% de cumplimiento, no cumple con peso volumétrico suelto y absorción.

- Arenas naturales y trituradas:

Para la arena natural, la **empresa A** cumple con los requisitos: Granulometría, Modulo de finura, peso volumétrico suelto, gravedad específica aparente, absorción e impurezas orgánicas, que corresponde a un 86% de cumplimiento. No cumple con el material más fino que la malla No 200.

Para la arena triturada, la **empresa A** cumple con: Peso volumétrico suelto, gravedad específica aparente, absorción e impurezas orgánicas, que corresponde a un 57% de cumplimiento. No cumple con el material más fino que la malla No 200, Modulo de finura y granulometría.

Para la arena triturada, la **empresa B** cumple con los requisitos siguientes: Peso volumétrico suelto, gravedad específica aparente, impurezas orgánicas, que corresponden a un 43% de cumplimiento. No cumple con el material más fino que la malla No 200, absorción, módulo de finura y granulometría.

Para la arena natural, la **empresa C** cumple con: Granulometría, peso volumétrico suelto, gravedad específica aparente, absorción, módulo de finura, impurezas orgánicas, material más fino que la malla No 200, que corresponde a un 100% de cumplimiento.

De acuerdo a los resultados obtenidos por empresa, la que mejores resultados presentaron por material evaluado son:

Para la grava la **empresa A** cumple el 100% y la **empresa B** con el 75%.

Para la arena natural la **empresa C** cumple el 100% y la **empresa B** un 86%.

Para la arena Triturada la **empresa A** cumple el 57% y la **empresa B** un 43%.

5.1.2 Mortero predosificado.

- Las **empresas A y B**, que producen morteros predosificado N y M respectivamente cumplen en un 100%, con la resistencia mínima a la compresión a los 28 días, que establece la norma de referencia.

5.1.3 Adoquines.

- La **empresa A** cumple al 100% con los siguientes requisitos: Altura mínima, relación l/e, caras expuestas; cumplen parcialmente, alto (75%), ancho (58%) y absorción individual (50%), no cumple la resistencia a la compresión como valor individual y promedio, la absorción como valor promedio de tres especímenes y el largo.
- La **empresa B** cumple al 100% con los requisitos siguientes: Alto, Altura mínima, relación l/e, caras expuestas; cumplen parcialmente, ancho y

largo (25%) y absorción individual (17%); no cumple la resistencia a la compresión como valor individual y promedio; y la absorción como valor promedio de tres especímenes.

- La **empresa C** cumple al 100% con los requisitos siguientes: Alto, Altura mínima, relación l/e, caras expuestas; cumplen parcialmente, ancho (25%) y largo (50%) y absorción individual (42%); no cumple la resistencia a la compresión como valor individual y promedio; y la absorción como valor promedio de tres especímenes.

El mayor grado de cumplimiento de los requisitos evaluados lo cumple la **empresa C** con un 52%, seguido de la **empresa A** con un 48% y la **empresa B** con un 47%.

5.1.4 Ladrillo de barro cocido.

- La **empresa A** cumple al 100% el siguiente requisito: ancho, cumplen parcialmente, largo (28%), el alto (24%) y la resistencia a la compresión como valor individual (8%) y no cumple la resistencia a la compresión como valor promedio de cinco especímenes.
- La **empresa B** cumple al 100% el siguiente requisito: ancho, cumplen parcialmente, largo (40%), la resistencia a la compresión como valor individual (20%) y el alto (12%) y no cumple la resistencia a la compresión como valor promedio de cinco especímenes.

- La **empresa C** cumple parcialmente, el ancho (96%), el alto (24%) y largo (20%) y no cumple la resistencia a la compresión como valor individual y promedio de cinco especímenes.

El mayor grado de cumplimiento de los requisitos evaluados lo cumple la **empresa B** con un 34%, seguido de la **empresa A** con un 32% y la **empresa C** con un 28%.

5.1.5 Ladrillo de piso cerámico.

- La **empresa A** cumple al 100%, la absorción como valor individual, el ancho, largo y alto.
- La empresa B cumple al 100%, el ancho, largo, alto, y la absorción como valor individual

El mayor grado de cumplimiento de los requisitos evaluados lo cumple la **empresa A** con un 100% al igual que la **empresa B** con un 100%.

5.1.6 Bloques de concreto.

Bloques de 15 cm de ancho

- La **empresa A** cumple al 100% los siguientes requisitos: largo, ancho, alto, espesor de tabique, espesor de pared y espesor de tabique equivalente, y la absorción como valor individual y promedio de tres especímenes, cumplen parcialmente la resistencia a la compresión como valor individual (33%) y no cumple la resistencia a la compresión como valor promedio de 3 unidades.
- La **empresa B** cumple al 100% los siguientes requisitos: largo, ancho, alto, espesor de tabique, espesor de pared y espesor de tabique equivalente, y la absorción como valor individual y promedio de tres especímenes y no cumple la resistencia a la compresión tanto como valor individual y promedio de 3 unidades.
- La **empresa C** cumple al 100% con todos los requisitos evaluados.

El mayor grado de cumplimiento de los requisitos evaluados para bloques de 15 cm lo cumple la **empresa C** con un 100%, seguida de la **empresa A** en un 83% y la **empresa B** en un 80%.

Bloques de 20 cm de ancho

- La **empresa A** cumple al 100% los siguientes requisitos: largo, espesor de tabique, espesor de pared y espesor de tabique equivalente, y la absorción como valor individual y promedio de tres especímenes y la resistencia a la compresión como valor individual, cumplen parcialmente ancho y alto (93%), y no cumple la resistencia a la compresión como valor promedio de 3 unidades.
- La **empresa B** cumple al 100% los siguientes requisitos: largo, ancho, alto, espesor de tabique, espesor de pared y espesor de tabique equivalente, y la absorción como valor individual y promedio de tres especímenes; y no cumple la resistencia a la compresión como valor individual y promedio de 3 unidades.
- La **empresa D** cumple al 100% los siguientes requisitos: largo, ancho, espesor de tabique, espesor de pared y espesor de tabique equivalente, la absorción como valor individual y promedio de tres especímenes, cumplen parcialmente alto (60%), y la resistencia a la compresión como valor individual (25%); y no cumple la resistencia a la compresión como valor promedio de 3 unidades.

El mayor grado de cumplimiento de los requisitos evaluados para bloques de 20 cm lo cumple la **empresa A** con un 87%, seguida de la **empresa B** en un 80% y la **empresa D** en un 79%.

5.1.7 Acero de refuerzo.

Para grado 75 (ASTM A 1064).

- La **empresa A** cumple al 100% los siguientes requisitos: % de variación de peso, características de corrugas, esfuerzo de fluencia y máximo, cumplen parcialmente % de reducción de área (60%) y % de elongación (50%), no cumple doblez.

Para grado 40 (ASTM A 615).

- La empresa B cumple al 100% los siguientes requisitos: % de variación de peso, % de elongación, características de corrugas y dobles, cumplen parcialmente esfuerzo máximo (97%) y fluencia (94%)
- La empresa C cumple al 100% con todos los requisitos evaluados.

Para grado 60 (ASTM A 706).

- La empresa B cumple al 100%, con todos los requisitos evaluados, a excepto el % de elongación que lo cumple en un (94%).

Para grado 60 (ASTM A 615).

- La empresa C cumple al 100% con todos los requisitos evaluados.

El cumplimiento de los requisitos evaluados se determina de la siguiente manera: la **empresa C** cumple en un 100% para el acero A615, la **empresa B** en

un 99% para el acero A706 y para el acero A615 y la **empresa A** un 81% para el acero A1064.

5.1.8 Madera.

- El orden de las resistencias a la compresión paralela a la fibra, de mayor a menor, de las maderas investigadas es: *Pino, caoba, Laurel, Cedro y Conacaste.*
- El orden de las resistencias a la flexión perpendicular a la fibra, de mayor a menor, de las maderas investigadas es el siguiente: *Laurel, Pino, Caoba, Cedro y Conacaste.*

5.2 RECOMENDACIONES.

- Para evaluar la calidad de los materiales de construcción, se requiere de tener una población grande de resultados de ensayos, que permita tener un análisis estadístico, con el fin de garantizar un mayor grado de confiabilidad en los resultados
- Ampliar la investigación tomando en cuenta más fabricantes, de tal forma de cubrir de manera representativa los productores de los diferentes materiales de construcción.
- Ampliar esta investigación a otros materiales de construcción, con el fin de determinar la calidad de los materiales que se usan en la industria de la construcción
- Para los materiales evaluados se recomienda mejorar algunas propiedades que permitan mejorar su comportamiento, como en los siguientes casos:

Arenas trituradas:

- Módulos de Finura
- Material más fino
- Granulometría

Adoquines:

- Resistencia a la compresión
- Absorción
- Dimensiones (Largo, Ancho, Alto)

Ladrillos de barro:

- Resistencia a la compresión
- Dimensiones (Largo, Ancho, Alto)

Bloques:

- Resistencia a la compresión

Acero de refuerzo:

- Para grado 75: Porcentaje de reducción de área

- Se recomienda a las empresas productoras de materiales de construcción la regulación de estos materiales. Ejecutando un mejor control de calidad para cada proceso, además de la verificación del cumplimiento de las características y propiedades de estos.

BIBLIOGRAFIA

AGREGADOS

- ASTM C33: Especificación Normalizada para Agregados para Concreto, 2011.
- PCA. Capítulo 5. Agregados para Concreto.
- ASTM C136: Método de ensayo para el análisis por malla de agregado grueso y fino, 2006.
- ASTM D5821: Método de prueba para determinar el porcentaje de partículas fracturadas en agregado grueso, 2001.
- ASTM D4791: Método de prueba estándar para la determinación de partículas planas, alargadas o planas y alargadas de agregado grueso, 1999.
- ASTM C127: Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica), y la absorción del agregado grueso, 2007.
- ASTM C128: Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica), y la absorción del agregado fino, 2007.
- ASTM C29: Método de ensayo estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de huecos en los agregados, 2009.

- ASTM C40: Método de ensayo estándar para la determinación de las impurezas orgánicas en agregados finos para concreto, 2011.
- ASTM C131: Método de ensayo estándar para la resistencia a la degradación del agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles, 2006.
- ASTM C117: Método de ensayo estándar para materiales más finos que la malla No. 200 (75 μm) en agregados finos mediante lavado, 2004

MORTERO

- ASTM C270: Especificación estándar para mortero para mampostería unitaria, 2003.
- ASTM C109: Método de ensayo estándar para la determinación de la resistencia a la compresión de los morteros de cemento hidráulico (utilizando muestras de cubos de 2 pul), 2002.

ADOQUINES

- ASTM C936: Especificación estándar para unidades de concreto sólidas entrelazadas del pavimento, 2001.
- ASTM C140: Método de ensayo estándar para el muestreo y ensayos a unidades de mampostería de concreto y unidades relacionadas, 2003.

LADRILLO DE BARRO

- ASTM C62: Especificación estándar para ladrillo de construcción (Unidades de mampostería macizas hechas de arcilla o pizarra), 2004.

- ASTM C67: Método de ensayo estándar para muestreo y ensayo de ladrillo y baldosa estructural de arcilla, 2003.

LADRILLO DE PISO CERAMICO

- ASTM C648: Método de ensayo estándar para la resistencia a la rotura de baldosas cerámicas.
- ASTM C373: Método de ensayo estándar para la determinación de absorción de agua en baldosas cerámicas,
- ASTM C499: Método de ensayo estándar para determinar dimensiones y grosor de baldosas cerámicas.
- ISO 10545-4: Determinación de la resistencia a flexión.
- ISO 13006: Especificación y ensayo para determinación de absorción.

BLOQUES DE CONCRETO

- ASTM C90: Especificación estándar para las unidades de mampostería de concreto portantes, 2003.
- ASTM C140: Métodos de prueba estándar para muestreo y prueba de unidades de mampostería de concreto y unidades relacionadas, 2003.

ACERO DE REFUERZO

- ASTM A706: Especificación Estándar para Barras de Acero Lisas y Corrugadas de Baja Aleación para Refuerzo de Concreto, como referencia de control para este tipo de acero, 2001.

- ASTM A615: Especificación Estándar para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo de Concreto, 2001.
- ASTM A370: Métodos de prueba estándar y definiciones para pruebas mecánicas de productos de acero, 2017.
- ASTM A1064: Especificación estándar para el Carbono-alambre de acero y alambre soldado de refuerzo, Llano y deformado, para el concreto, 2017.

MADERA

- ASTM D143: Métodos de prueba estándar para pequeñas muestras Claras de Madera, 2015.

REVISTAS

- Fundamentos de tecnología del concreto. ISCYC (2006).

INTERNET

- <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7285/capitulo2.pdf>, Página 18
- <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7285/capitulo2.pdf>. Páginas 18 y 19

DOCUMENTOS

- Método de ensayo estándar para la compresión de bloques de concreto, Lesly Mendoza, 2014.