



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIEROS CIVILES**

TEMA: “BLOQUES DE HORMIGÓN ALIVIANADOS DE BAJA DENSIDAD Y ECONÓMICOS CON PLÁSTICO RECICLABLE ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO (ABS) Y POLIPROPILENO (PP) PARA USO COMO MATERIALES ALTERNATIVOS Y AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE EN LAS UNIDADES MILITARES DEL PAÍS”

AUTORES: CAPT. ORBEA ARAUJO, OSWALDO GONZALO
VILLARROEL VEGA, KATHERINE JOHANA

DIRECTOR: ING. DURÁN CARRILLO, JOSÉ RICARDO, Mgs

SANGOLQUÍ

2019



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“BLOQUES DE HORMIGÓN ALIVIANADOS DE BAJA DENSIDAD Y ECONÓMICOS CON PLÁSTICO RECICLABLE ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO (ABS) Y POLIPROPILENO (PP) PARA USO COMO MATERIALES ALTERNATIVOS Y AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE EN LAS UNIDADES MILITARES DEL PAÍS”*** fue realizado por el señor ***Capt. Orbea Araujo, Oswaldo Gonzalo*** y la señorita ***Villarroel Vega, Katherine Johana*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 15 de octubre del 2019

Firma:

Ing. José Ricardo Durán Carrillo, Mgs.
C.C: 1706351192



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, *Capt. Orbea Araujo, Oswaldo Gonzalo y Villarroel Vega, Katherine Johana*, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Bloques de hormigón alivianados de baja densidad y económicos con plástico reciclable acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP) para uso como materiales alternativos y amigables con el medio ambiente en las unidades militares del país* es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 15 de octubre del 2019

Firma:

Capt. Orbea Araujo, Oswaldo Gonzalo

C.C: 1102602263

Firma:

Villarroel Vega, Katherine Johana

C.C:1717213498



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Nosotros, *Capt. Orbea Araujo, Oswaldo Gonzalo y Villarroel Vega, Katherine Johana*, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: *Bloques de hormigón alivianados de baja densidad y económicos con plástico reciclable acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP) para uso como materiales alternativos y amigables con el medio ambiente en las unidades militares del país* en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 15 de octubre del 2019

Firma:

Capt. Orbea Araujo, Oswaldo Gonzalo
C.C: 1102602263

Firma:

Villarroel Vega, Katherine Johana
C.C:1717213498

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado especialmente a mis padres y hermanos quienes con su apoyo incondicional durante todos estos años de mi permanencia en la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” para obtener el título de ingeniero civil supieron motivarme e incentivar me en aquellos días de fatiga y tropiezos para levantarme y seguir adelante en el cumplimiento del objetivo, llegar a ser un ingeniero civil para de esta manera con los conocimientos adquiridos aportar al engrandecimiento y desarrollo del Ejército Ecuatoriano.

También quiero dedicar este trabajo de investigación a todas aquellas personas que preocupados por la extrema contaminación de desechos plásticos que está teniendo el planeta tierra, aportan con sus estudios e investigaciones para generar nuevos materiales alternativos en la construcción con el uso de estos desechos generados por el ser humano.

Capt. Oswaldo Orbea A.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado para a mis padres José Villarroel y Ximena Vega, mis incondicionales a quienes les debo todo y siempre viviré agradecida por ser su hija. A mis hermanos José Andrés, Doménica y mi sobrina Amelia que siempre serán mi motor, les amo. Sin duda a mis tíos Jaime y Angie por todo su cariño y apoyo, a toda mi familia mis abuelitos, tíos y primos. A mi novio Oswaldo Orbea, esta experiencia no sería igual sin usted sin su amor, respeto, paciencia y complicidad.

Katherine Villarroel

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme la salud, la fuerza y la fe para afrontar las vicisitudes que se dieron durante todos estos años de estudio en la carrera de ingeniería civil, a mis padres quienes con su fortaleza han sido una pieza fundamental para el término de mis estudios, asimismo un especial agradecimiento al Sr. Ing. Ricardo Durán quien con su acertada guía se pudo realizar eficientemente esta investigación para la obtención del título de ingeniero civil.

Del mismo modo quiero agradecer a la Sra. Ing. Martha Pazmiño, al Sr. Ing. Hugo Bonifaz y al Sr. Juan Haro, docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” quienes supieron orientarnos en el desarrollo de esta investigación, de igual manera un agradecimiento especial a mi novia y compañera de investigación, la Srta. Katherine Villarroel por su esfuerzo, tenacidad y dedicación entregada muy loable para nuestra investigación.

También quiero agradecer al Ing. Robinson Galarza, gerente propietario de la empresa de adoquines y bloques GALARAMI CIA. LTDA, quien desinteresadamente nos colaboró en la investigación con su talento humano, herramientas y equipo para la fabricación de nuestros bloques, finalmente mi agradecimiento para la institución a la cual de debo, al Ejército Ecuatoriano particularmente a la Fuerza Terrestre.

Capt. Oswaldo Orbea A.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento más grande es para mi Dios por regalarme la vida, los mejores padres, salud y una familia perfecta para mí. Un Dios les pague a mis padres por todo el amor, la paciencia, el esfuerzo, el tiempo, los recursos y sobre todo la confianza que me brindaron sin duda yo no sería nada ni nadie sin ustedes son esenciales para mí. Agradezco a mi hermano José y a mi hermana Dome por levantarme esas noches para que pudiera estudiar. Ñaño Jaime, Angie gracias por tanto cariño sin sus enseñanzas este camino hubiese sido más complicado. A mis abuelitos, tíos, primas y primos les agradezco el siempre estar pendientes de mí y a mi mejor amiga Andrea por su incondicional amistad.

Quiero agradecer de manera especial al Ing. Ricardo Durán, Mgs. y a la Ing. Martha Pazmiño, Mgs. por guiarnos en esta investigación, apoyarnos en los momentos complicados e impulsarnos a terminar esta etapa de la mejor manera. Sin duda agradecer a los docentes Ing. Hugo Bonifaz y al Ing. Juan Haro por contribuir en esta investigación con apoyo moral y las facilidades del laboratorio de la Universidad. Del mismo modo quiero agradecer al Ing. Robinson Galarza por su guía y generosidad de permitirnos utilizar las instalaciones de su empresa GALARAMI, y al señor Elmer Velasco por su incondicional ayuda en la elaboración de los bloques y su amabilidad. Finalmente, quiero agradecer de todo corazón al Capt. Oswaldo Orbea por toda su dedicación, esfuerzo, entusiasmo, tiempo y paciencia para realizar esta investigación con la mejor actitud.

Katherine Villarroel

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS	xxx
RESUMEN.....	xxxviii
ABSTRACT	xxxix
CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1. GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2.1 Macro	2
1.2.2 Meso.....	3
1.2.3 Micro.....	4
1.3 Área de influencia	5
1.3.1 Área de intervención	5
1.3.2 Área de influencia directa	5
1.3.3 Área de influencia indirecta	5

1.4	Justificación e importancia.....	5
1.5	Objetivos	7
1.5.1	Objetivo General	7
1.5.2	Objetivos Específicos.....	7
1.6	Metas	8
1.7	Hipótesis.....	8
1.8	Variables de la investigación	9
1.8.1	Variable independiente.....	9
1.8.2	Variable dependiente.....	9
CAPÍTULO II		10
2.	MARCO TEÓRICO.....	10
2.1	Áridos.....	10
2.1.1	Concepto	10
2.1.2	Clasificación.....	11
2.1.3	Propiedades	12
2.2	Cemento	13
2.2.1	Conceptos.....	13
2.2.2	Clasificación.....	14
2.2.3	Características	14
2.2.4	Propiedades	15
2.3	Bloques.....	16
2.3.1	Historia de los bloques	16
2.3.2	Definición de los bloques.....	16
2.4	Requisitos de los bloques según NTE INEN 3066	17

2.4.1	Clasificación de los bloques.....	17
2.4.1.1	Según su uso.....	17
2.4.1.2	Según su densidad.....	17
2.4.2	Generalidades de la norma NTE INEN 3066.....	18
2.4.3	Dimensiones.....	19
2.4.4	Aspectos visuales y marcas.....	20
2.4.5	Rotulado.....	21
2.4.6	Absorción de agua.....	21
2.4.7	Resistencia a la compresión.....	22
2.4.7.1	Resistencia a la compresión simple.....	22
2.4.7.2	Resistencia a la compresión bruta.....	22
2.4.7.3	Resistencia a la compresión neta.....	22
2.4.8	Clasificación de los bloques según su acabado.....	24
2.4.9	Ventajas de los bloques.....	25
2.5	Plásticos.....	25
2.5.1	Definición.....	25
2.5.2	Códigos de identificación.....	26
2.5.3	Clasificación de plásticos para reciclar.....	28
2.5.4	Producción de plásticos.....	29
2.5.5	Estadísticas de los desechos plásticos.....	30
2.5.6	Impacto de los plásticos.....	31
2.5.6.1	Impacto ambiental.....	32
2.5.6.2	Impacto social.....	35
2.5.6.3	Impacto económico.....	36

2.5.7	El reciclaje de plásticos.....	38
2.5.8	Plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	39
2.5.9	Plástico polipropileno (PP)	40
2.5.10	Proceso de peletizado de los plásticos	41
2.6	Materiales alternativos en la construcción	43
2.7	Cuerpo de Ingenieros del Ejército y su contribución al desarrollo del país	44
CAPITULO III		48
3.	DISEÑO DE LOS BLOQUES ECOLÓGICOS	48
3.1	Introducción	48
3.2	Selección de materiales.....	48
3.2.1	Agregado fino.....	48
3.2.2	Agregado grueso	49
3.2.3	Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).....	50
3.2.4	Polipropileno (PP).....	50
3.3	Ensayos para la caracterización de los materiales.....	51
3.3.1	Análisis granulométrico en los áridos (NTE INEN 696-2011).....	51
3.3.1.1	Descripción del ensayo	51
3.3.1.2	Equipos.....	52
3.3.1.3	Procedimiento	53
3.3.1.4	Resultados del agregado fino	55
3.3.1.5	Resultados del agregado grueso liviano (cascajo)	57
3.3.1.6	Resultados del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).....	59
3.3.1.7	Resultados del polipropileno (PP).....	60
3.3.2	Determinación del contenido total de humedad (NTE INEN 862-2011)	62

3.3.2.1	Descripción del ensayo	62
3.3.2.2	Equipos.....	62
3.3.2.3	Procedimiento	62
3.3.2.4	Resultados del agregado fino	63
3.3.2.5	Resultados del agregado grueso liviano (casajo)	64
3.3.2.6	Resultados del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP).....	64
3.3.3	Determinación de la densidad, densidad relativa y la gravedad específica basados en la norma (NTE INEN 856-2010).....	65
3.3.3.1	Descripción del ensayo	65
3.3.3.2	Conceptos.....	65
3.3.3.3	Equipos.....	66
3.3.3.4	Procedimiento	68
3.3.3.5	Resultados del agregado fino	71
3.3.3.6	Resultados del agregado grueso liviano (casajo)	72
3.3.3.7	Resultados del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).....	73
3.3.3.8	Resultados del polipropileno (PP).....	75
3.3.4	Determinación de la masa unitaria, peso volumétrico y porcentaje de vacíos basados en la norma NTE INEN 858-2010	77
3.3.4.1	Descripción del ensayo	77
3.3.4.2	Conceptos.....	77
3.3.4.3	Equipos.....	77
3.3.4.4	Procedimiento	78
3.3.4.5	Resultados del agregado fino	79
3.3.4.6	Resultados del agregado grueso liviano (casajo)	80
3.3.4.7	Resultados del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).....	81

3.3.4.8	Resultados del polipropileno (PP).....	83
3.4	Dosificación	85
3.4.1	Importancia	85
3.4.2	Mezcla patrón.....	86
3.4.2.1	Método del módulo de finura.....	87
3.4.2.2	Dosificación por el método del módulo de finura (FM)	92
3.4.2.3	Dosificación final con agregado fino y grueso	97
3.4.2.4	Dosificación final con agregado fino	100
3.4.3	Mezcla con el reemplazo del residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) con agregado fino y grueso	101
3.4.4	Mezcla con el reemplazo del residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) únicamente con agregado fino	103
3.4.5	Mezcla con el reemplazo del residuo plástico polipropileno (PP) con agregado fino y agregado grueso.....	105
3.4.6	Mezcla con el reemplazo del residuo plástico polipropileno (PP) únicamente con el agregado fino	107
3.5	Proceso de elaboración de los bloques.....	109
3.5.1	Selección y almacenamiento de los materiales	110
3.5.2	Dosificación de la mezcla	111
3.5.3	Elaboración de la mezcla	112
3.5.4	Elaboración de bloques	113
3.5.5	Fraguado de bloques	117
3.5.6	Curado de los bloques	117
3.5.7	Rotulado de los bloques	119
3.5.8	Almacenaje.....	120

3.6	Equipo y herramientas.....	121
3.7	Mano de Obra.....	127
CAPÍTULO IV		129
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	129
4.1	Introducción	129
4.2	Resultados del peso de los bloques.....	129
4.2.1	Procedimiento	129
4.2.2	Bloques fabricados con arena y ABS.....	131
4.2.3	Bloques fabricados con arena, cascajo y ABS	134
4.2.4	Bloques fabricados con arena y PP	136
4.2.5	Bloques fabricados con arena, cascajo y PP	138
4.3	Resultados de la absorción de agua en los bloques.....	141
4.3.1	Procedimiento	141
4.3.2	Bloques fabricados con arena y ABS.....	146
4.3.3	Bloques fabricados con arena, cascajo y ABS	148
4.3.4	Bloques fabricados con arena y PP	149
4.3.5	Bloques fabricados con arena, cascajo y PP	151
4.4	Resultados de la densidad de los bloques	153
4.4.1	Procedimiento	153
4.4.2	Bloques fabricados con arena y ABS.....	156
4.4.3	Bloques fabricados con arena, cascajo y ABS	158
4.4.4	Bloques fabricados con arena y PP	161
4.4.5	Bloques fabricados con arena, cascajo y PP	164
4.5	Resultados de la resistencia a la compresión simple de los bloques.....	167

4.5.1	Procedimiento	167
4.5.2	Bloques fabricados con arena y ABS.....	173
4.5.3	Bloques fabricados con arena, cascajo y ABS	176
4.5.4	Bloques fabricados con arena y PP	180
4.5.5	Bloques fabricados con arena, cascajo y PP	183
4.6	Planos de falla de los bloques sometidos al ensayo de resistencia a la compresión	187
4.6.1	Bloques fabricados con arena y ABS.....	187
4.6.2	Bloques fabricados con arena, cascajo y ABS	189
4.6.3	Bloques fabricados con arena y PP	191
4.6.4	Bloques fabricados con arena, cascajo y PP	192
4.7	Análisis de costos	194
4.7.1	Consideraciones	194
4.7.2	Costo-horario del equipo.....	195
4.7.3	Costo del metro cúbico de arena fina.....	208
4.7.4	Costo del metro cúbico de cascajo	209
4.7.5	Rendimiento	209
4.7.6	Cálculo de la cantidad de material por bloque y del rendimiento.....	209
4.7.6.1	Bloque tradicional fabricado con arena fina	209
4.7.6.2	Bloque fabricado con 10% de ABS en reemplazo por la arena fina.....	210
4.7.6.3	Bloque fabricado con 20% de ABS en reemplazo por la arena fina.....	211
4.7.6.4	Bloque fabricado con 30% de ABS en reemplazo por la arena fina.....	212
4.7.6.5	Bloque fabricado con 40% de ABS en reemplazo por la arena fina.....	212
4.7.6.6	Bloque fabricado con 10% de PP en reemplazo por la arena fina	213
4.7.6.7	Bloque fabricado con 20% de PP en reemplazo por la arena fina	214

4.7.6.8	Bloque fabricado con 30% de PP en reemplazo por la arena fina	215
4.7.6.9	Bloque fabricado con 40% de PP en reemplazo por la arena fina	215
4.7.6.10	Bloque tradicional fabricado con cascajo y arena fina.....	216
4.7.6.11	Bloque fabricado con cascajo y 10% de ABS en reemplazo por la arena	217
4.7.6.12	Bloque fabricado con cascajo y 20% de ABS en reemplazo por la arena	218
4.7.6.13	Bloque fabricado con cascajo y 30% de ABS en reemplazo por la arena	218
4.7.6.14	Bloque fabricado con cascajo y 40% de ABS en reemplazo por la arena	219
4.7.6.15	Bloque fabricado con cascajo y 10% de PP en reemplazo por la arena.....	220
4.7.6.16	Bloque fabricado con cascajo y 20% de PP en reemplazo por la arena.....	221
4.7.6.17	Bloque fabricado con cascajo y 30% de PP en reemplazo por la arena.....	222
4.7.6.18	Bloque fabricado con cascajo y 40% de PP en reemplazo por la arena.....	222
4.7.7	Análisis de Precio Unitario	224
4.7.7.1	Bloque tradicional fabricado con arena fina	224
4.7.7.2	Bloque fabricado con 10% de ABS en reemplazo por la arena fina.....	225
4.7.7.3	Bloque fabricado con 20% de ABS en reemplazo por la arena fina.....	226
4.7.7.4	Bloque fabricado con 30% de ABS en reemplazo por la arena fina.....	227
4.7.7.5	Bloque fabricado con 40% de ABS en reemplazo por la arena fina.....	228
4.7.7.6	Bloque fabricado con 10% de PP en reemplazo por la arena fina	229
4.7.7.7	Bloque fabricado con 20% de PP en reemplazo por la arena fina	230
4.7.7.8	Bloque fabricado con 30% de PP en reemplazo por la arena fina	231
4.7.7.9	Bloque fabricado con 40% de PP en reemplazo por la arena fina	232
4.7.7.10	Bloque tradicional fabricado con cascajo y arena fina.....	233
4.7.7.11	Bloque fabricado con cascajo y 10% de ABS en reemplazo por la arena	234
4.7.7.12	Bloque fabricado con cascajo y 20% de ABS en reemplazo por la arena	235

4.7.7.13 Bloque fabricado con cascajo y 30% de ABS en reemplazo por la arena	236
4.7.7.14 Bloque fabricado con cascajo y 40% de ABS en reemplazo por la arena	237
4.7.7.15 Bloque fabricado con cascajo y 10% de PP en reemplazo por la arena.....	238
4.7.7.16 Bloque fabricado con cascajo y 20% de PP en reemplazo por la arena.....	239
4.7.7.17 Bloque fabricado con cascajo y 30% de PP en reemplazo por la arena.....	240
4.7.7.18 Bloque fabricado con cascajo y 40% de PP en reemplazo por la arena.....	241
4.8 Discusión de Resultados	242
4.8.1 Análisis de costos	242
CAPÍTULO V	244
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	244
5.1 Conclusiones	244
5.2 Recomendaciones.....	247
Referencias	249

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de los bloques de acuerdo a su uso</i>	17
Tabla 2 <i>Clasificación de bloques en base a su densidad</i>	17
Tabla 3 <i>Número de bloques a ensayar según la propiedad seleccionada</i>	18
Tabla 4 <i>Parámetros de absorción en bloques Clase A</i>	22
Tabla 5 <i>Resistencia neta mínima a la compresión simple de bloques de hormigón</i>	23
Tabla 6 <i>Tamaño de la muestra para ensayo de árido grueso</i>	54
Tabla 7 <i>Resultados del ensayo de granulometría del agregado fino (arena)</i>	55
Tabla 8 <i>Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura</i>	56
Tabla 9 <i>Resultados del ensayo de granulometría del agregado grueso (cascajo)</i>	58
Tabla 10 <i>Resultados del ensayo de granulometría del residuo plástico (ABS)</i>	60
Tabla 11 <i>Resultados del ensayo de granulometría del residuo plástico polipropileno</i>	61
Tabla 12 <i>Resultados del contenido total de humedad del agregado fino</i>	63
Tabla 13 <i>Resultados del contenido total de humedad del agregado grueso liviano (cascajo)</i>	64
Tabla 14 <i>Resultados del contenido total de humedad del ABS y PP</i>	64
Tabla 15 <i>Resumen de los resultados de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino</i>	71
Tabla 16 <i>Resumen de los resultados de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso liviano (cascajo)</i>	72
Tabla 17 <i>Resultados del peso específico y la densidad del ABS</i>	74

Tabla 18 <i>Resultados del peso específico y la densidad del PP</i>	76
Tabla 19 <i>Resumen de resultados de la masa unitaria y porcentaje de vacíos del agregado fino</i> .79	
Tabla 20 <i>Resumen de resultados de la masa unitaria y porcentaje de vacíos del agregado grueso liviano</i>	80
Tabla 21 <i>Resumen de resultados de la masa unitaria y porcentaje de vacíos del ABS</i>	81
Tabla 22 <i>Resumen de resultados de la masa unitaria y porcentaje de vacíos del PP</i>	83
Tabla 23 <i>Módulo de finura (FM) recomendados</i>	88
Tabla 24 <i>Relación cemento/agregado</i>	91
Tabla 25 <i>Datos iniciales para el método del módulo de finura</i>	92
Tabla 26 <i>Dosificación para 80 bloques con agregado fino y grueso</i>	96
Tabla 27 <i>Dosificación para 20 bloques con agregado fino y grueso</i>	97
Tabla 28 <i>Resultados de los valores de masa unitaria de cada material</i>	98
Tabla 29 <i>Cantidades por peso y volumen de la dosificación de bloques tradicionales con agregado fino y grueso</i>	99
Tabla 30 <i>Cantidades por peso y volumen de la dosificación de bloques tradicionales con agregado fino</i>	101
Tabla 31 <i>Dosificación con 10% de acrilonitrilo butadieno estireno, agregado fino y grueso</i> ...	102
Tabla 32 <i>Dosificación con 20% de acrilonitrilo butadieno estireno, agregado fino y grueso</i> ...	102
Tabla 33 <i>Dosificación con 30% de acrilonitrilo butadieno estireno, agregado fino y grueso</i> ...	103
Tabla 34 <i>Dosificación con 40% de acrilonitrilo butadieno estireno, agregado fino y grueso</i> ...	103

Tabla 35 <i>Dosificación con 10% de acrilonitrilo butadieno estireno y agregado fino</i>	104
Tabla 36 <i>Dosificación con 20% de acrilonitrilo butadieno estireno y agregado fino</i>	104
Tabla 37 <i>Dosificación con 30% de acrilonitrilo butadieno estireno y agregado fino</i>	105
Tabla 38 <i>Dosificación con 40% de acrilonitrilo butadieno estireno y agregado fino</i>	105
Tabla 39 <i>Dosificación con 10% de polipropileno, agregado fino y grueso</i>	106
Tabla 40 <i>Dosificación con 20% de polipropileno, agregado fino y grueso</i>	106
Tabla 41 <i>Dosificación con 30% de polipropileno, agregado fino y grueso</i>	107
Tabla 42 <i>Dosificación con 40% de polipropileno, agregado fino y grueso</i>	107
Tabla 43 <i>Dosificación con 10% de polipropileno y agregado fino</i>	108
Tabla 44 <i>Dosificación con 20% de polipropileno y agregado fino</i>	108
Tabla 45 <i>Dosificación con 30% de polipropileno y agregado fino</i>	108
Tabla 46 <i>Dosificación con 40% de polipropileno y agregado fino</i>	109
Tabla 47 <i>Simbología del rotulado de los bloques</i>	119
Tabla 48 <i>Peso de los bloques tradicionales fabricados con arena, además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.</i>	130
Tabla 49 <i>Peso de los bloques tradicionales fabricados con arena y cascajo además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.</i>	131

Tabla 50 <i>Peso promedio del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico por la arena.</i>	132
Tabla 51 <i>Reducción del peso promedio del bloque fabricado con arena y ABS.</i>	133
Tabla 52 <i>Peso promedio del bloque tradicional fabricado con arena y cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico por la arena.</i>	134
Tabla 53 <i>Reducción del peso promedio del bloque fabricado con arena, cascajo y ABS.</i>	135
Tabla 54 <i>Peso promedio del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico por la arena.</i>	136
Tabla 55 <i>Reducción del peso promedio del bloque fabricado con arena y PP.</i>	137
Tabla 56 <i>Peso promedio del bloque tradicional fabricado con arena y cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico por la arena.</i>	139
Tabla 57 <i>Reducción del peso promedio del bloque fabricado con arena, cascajo y PP.</i>	140
Tabla 58 <i>Absorción de los bloques tradicionales fabricados con arena, además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.</i>	144
Tabla 59 <i>Absorción de los bloques tradicionales fabricados arena y cascajo, además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.</i>	145

Tabla 60 <i>Absorción promedio del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico de la arena.</i>	146
Tabla 61 <i>Aumento de la absorción promedio de los bloques fabricados con arena y ABS.....</i>	147
Tabla 62 <i>Absorción promedio del bloque tradicional fabricado con arena y cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico de la arena.</i>	148
Tabla 63 <i>Aumento de la absorción promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.</i>	149
Tabla 64 <i>Absorción promedio del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico de la arena.</i>	150
Tabla 65 <i>Aumento de la absorción promedio de los bloques fabricados con arena y PP.....</i>	151
Tabla 66 <i>Absorción promedio del bloque tradicional fabricado con arena y cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico de la arena.</i>	151
Tabla 67 <i>Aumento de la absorción promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.....</i>	152
Tabla 68 <i>Densidad de los bloques tradicionales fabricados con arena, además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.....</i>	154
Tabla 69 <i>Densidad de los bloques tradicionales fabricados con arena y cascajo además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.....</i>	155

Tabla 70 <i>Densidad promedio del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico de la arena.</i>	156
Tabla 71 <i>Tipo de bloque según el resultado de su densidad de los bloques fabricados con arena y ABS.....</i>	157
Tabla 72 <i>Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena y ABS.....</i>	157
Tabla 73 <i>Densidad promedio del bloque tradicional fabricado con arena, cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico de la arena.</i>	159
Tabla 74 <i>Tipo de bloque según el resultado de su densidad de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.</i>	160
Tabla 75 <i>Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.</i>	160
Tabla 76 <i>Densidad promedio del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico de la arena.</i>	162
Tabla 77 <i>Tipo de bloque según el resultado de su densidad de los bloques fabricados con arena y PP.....</i>	162
Tabla 78 <i>Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena y PP.....</i>	163
Tabla 79 <i>Densidad promedio del bloque tradicional fabricado con arena, cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico de la arena.</i>	164
Tabla 80 <i>Tipo de bloque según el resultado de su densidad de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.</i>	165

Tabla 81 <i>Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.</i>	166
Tabla 82 <i>Resistencia promedio a la compresión de las 6 muestras de mortero que se utiliza en el refrentado de los bloques.</i>	169
Tabla 83 <i>Resistencia neta a la compresión simple de los bloques tradicionales fabricados con arena, además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.</i>	172
Tabla 84 <i>Resistencia neta a la compresión simple de los bloques tradicionales fabricados con arena y cascajo además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.</i>	173
Tabla 85 <i>Resistencia neta a la compresión simple del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico de la arena.</i>	174
Tabla 86 <i>Clase de bloque según el resultado de su resistencia neta a la compresión simple del bloque fabricado con arena y ABS.</i>	175
Tabla 87 <i>Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena y ABS.</i>	175
Tabla 88 <i>Resistencia neta a la compresión simple del bloque tradicional fabricado con arena, cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico de la arena.</i>	177
Tabla 89 <i>Clase de bloque según el resultado de su resistencia neta a la compresión simple del bloque fabricado con arena, cascajo y ABS</i>	178
Tabla 90 <i>Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.</i>	179

Tabla 91 <i>Resistencia neta a la compresión simple del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico de la arena.....</i>	181
Tabla 92 <i>Clase de bloque según el resultado de su resistencia neta a la compresión simple del bloque fabricado con arena y PP.....</i>	182
Tabla 93 <i>Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena y PP.</i>	182
Tabla 94 <i>Resistencia neta a la compresión simple del bloque tradicional fabricado con arena, cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico de la arena.....</i>	184
Tabla 95 <i>Clase de bloque según el resultado de su resistencia neta a la compresión simple del bloque fabricado con arena, cascajo y PP.</i>	185
Tabla 96 <i>Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.....</i>	186
Tabla 97 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque tradicional con arena fina.</i>	210
Tabla 98 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques tradicionales con arena fina considerando que se elaboran 20 bloques por cada parada.</i>	210
Tabla 99 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 10% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.</i>	210
Tabla 100 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 10% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 21.5 bloques por cada parada.</i>	211

Tabla 101 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 20% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.</i>	211
Tabla 102 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 20% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 23 bloques por cada parada.</i>	211
Tabla 103 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 30% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.</i>	212
Tabla 104 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 30% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 24.5 bloques por cada parada.</i>	212
Tabla 105 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 40% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.</i>	213
Tabla 106 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 40% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 26 bloques por cada parada.</i>	213
Tabla 107 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 10% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.</i>	213
Tabla 108 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 10% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 21 bloques por cada parada.</i>	214
Tabla 109 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 20% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.</i>	214
Tabla 110 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 20% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 22 bloques por cada parada.</i>	214

Tabla 111 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 30% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.</i>	215
Tabla 112 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 30% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 23 bloques por cada parada.</i>	215
Tabla 113 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 40% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.</i>	216
Tabla 114 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 40% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 24 bloques por cada parada.</i>	216
Tabla 115 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque tradicional con cascajo y arena fina.</i>	216
Tabla 116 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques tradicionales con cascajo y arena fina considerando que se elaboran 21 bloques por cada parada.</i>	217
Tabla 117 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 10% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.</i>	217
Tabla 118 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 10% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 22.5 bloques por cada parada.</i>	217
Tabla 119 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 20% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.</i>	218
Tabla 120 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 20% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 24 bloques por cada parada.</i>	218

Tabla 121 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 30% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.....</i>	219
Tabla 122 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 30% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 25.5 bloques por cada parada.</i>	219
Tabla 123 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 40% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.....</i>	219
Tabla 124 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 40% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 27 bloques por cada parada.</i>	220
Tabla 125 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 10% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.....</i>	220
Tabla 126 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 10% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 22 bloques por cada parada.</i>	221
Tabla 127 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 20% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.....</i>	221
Tabla 128 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 20% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 23 bloques por cada parada.</i>	221
Tabla 129 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 30% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.....</i>	222
Tabla 130 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 30% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 24 bloques por cada parada.</i>	222

Tabla 131 <i>Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 40% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.....</i>	223
Tabla 132 <i>Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 40% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 25 bloques por cada parada.</i>	223
Tabla 133 <i>Costo unitario del bloque fabricado con arena y del bloque fabricado con arena y ABS.....</i>	242
Tabla 134 <i>Costo unitario del bloque fabricado con arena y del bloque fabricado con arena y PP.....</i>	242
Tabla 135 <i>Costo unitario del bloque fabricado con cascajo, arena y costo del bloque fabricado con cascajo, arena y ABS.....</i>	243
Tabla 136 <i>Costo unitario del bloque fabricado con cascajo, arena y costo del bloque fabricado con cascajo, arena y PP.....</i>	243

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Nomenclatura de las partes del bloque de hormigón.....	20
<i>Figura 2.</i> Códigos de identificación de los plásticos.....	26
<i>Figura 3.</i> Efectos del enmarañamiento en un lobo marino.....	32
<i>Figura 4.</i> Enmarañamiento de una tortuga marina.....	33
<i>Figura 5.</i> Ingesta del plástico en aves marinas.....	33
<i>Figura 6.</i> La basura marina destruyendo las playas.....	34
<i>Figura 7.</i> Los corales se enferman por el plástico que invade los océanos.....	34
<i>Figura 8.</i> Pescadores de plástico en Alicante.....	36
<i>Figura 9.</i> Contaminación de larga data: Océanos y playas de plástico.....	37
<i>Figura 10.</i> El turismo afectado negativamente por la basura marina.....	37
<i>Figura 11.</i> Intervenciones requeridas durante el ciclo de vida del plástico.....	39
<i>Figura 12.</i> Planta Holcim Palugo Pifo.....	49
<i>Figura 13.</i> Ubicación Planta Holcim Palugo Pifo.....	49
<i>Figura 14.</i> Agregado grueso (cascajo) de la provincia de Cotopaxi.....	49
<i>Figura 15.</i> Entrada Empresa RECICLART.....	50
<i>Figura 16.</i> Ubicación de la Empresa RECICLART.....	50
<i>Figura 17.</i> Entrada Empresa ECUAPLASTIC.....	51
<i>Figura 18.</i> Ubicación Empresa ECUAPLASTIC.....	51

Figura 19. Balanza de precisión del laboratorio de la Universidad ESPE.....	52
Figura 20. Tamices para granulometría de árido fino	53
Figura 21. Agitador de tamices mecánico.....	53
Figura 22. Granulometría del agregado fino de la cantera de Holcim-Palugo.....	57
Figura 23. Estudiante realiza granulometría del agregado fino	57
Figura 24. Estudiante realiza la granulometría del agregado grueso liviano	59
Figura 25. Agregado grueso liviano después de la granulometría	59
Figura 26. Taras con muestra de agregado fino para realizar el ensayo de humedad	63
Figura 27. Equipo y materiales para el ensayo de densidad.....	67
Figura 28. Horno del laboratorio de suelos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE	67
Figura 29. Estudiante prepara la muestra para el ensayo de densidad	68
Figura 30. Estudiante llena el picnómetro con agua destilada	69
Figura 31. Estudiante coloca la muestra superficialmente seca dentro del picnómetro.....	69
Figura 32. Estudiante agita el picnómetro mecánicamente	70
Figura 33. Registrar la temperatura de la muestra más agua	70
Figura 34. Masa del picnómetro con muestra más agua	70
Figura 35. Registro del peso del vaso metálico más vidrio.....	74
Figura 36. Registro de la muestra de ABS con el recipiente.....	74
Figura 37. Registro del peso de la muestra del PP en el vaso metálico incluida el agua.....	75

Figura 38. Estudiante desplaza el vidrio para retirar las burbujas de aire del recipiente	76
Figura 39. Equipo necesario para ensayo de masa unitaria.....	78
Figura 40. Estudiante introduce la muestra de agregado fino	80
Figura 41. Estudiante retira el exceso de muestra del molde	80
Figura 42. Estudiante introduce la muestra del residuo plástico al molde	82
Figura 43. Estudiante varilla la muestra del plástico ABS.....	83
Figura 44. Registro del peso del molde vacío	84
Figura 45. Registro del peso del molde más muestra.....	84
Figura 46. Módulo de finura (FM) recomendado para CMU de peso normal	88
Figura 47. Módulo de Finura (FM) recomendado para CMU de peso medio	89
Figura 48. Módulo de Finura (FM) recomendado para CMU de peso ligero	89
Figura 49. Máquina mezcladora de la empresa GALARAMI	94
Figura 50. Parihuela de madera de 30 x 30 x 30 cm	98
Figura 51. Empresa GALARAMI Cia Ltda.	110
Figura 52. Cemento Holcim Utko tipo MS	111
Figura 53. Residuo plástico ABS para las diferentes dosificaciones	111
Figura 54. Residuo plástico polipropileno (PP) para las diferentes dosificaciones	111
Figura 55. Materiales clasificados según su dosificación (cemento y residuos plásticos).....	112
Figura 56. Estudiantes colocan los agregados en la mezcladora industrial	113

Figura 57. Comprobación del asentamiento mediante el ensayo del cono de Abrams	113
Figura 58. El compartimiento de la máquina mezcladora abierta para descargar la mezcla	114
Figura 59. Trabajador coloca el tablero receptor sobre la mesa	114
Figura 60. Trabajador ubica los moldes sobre el tablero	114
Figura 61. Trabajador acciona la máquina bloquera para empezar con la vibración.....	115
Figura 62. Trabajador alimenta la máquina bloquera con la mezcla	115
Figura 63. Trabajador retira el excedente de material del molde.....	115
Figura 64. Trabajador comprime los bloques con el compactador	116
Figura 65. Apagar la máquina bloquera.....	116
Figura 66. Retirar los moldes de los bloques	116
Figura 67. Traslado de bloques al lugar de almacenamiento	117
Figura 68. Estudiantes curan los bloques.....	118
Figura 69. Los bloques después de curarlos se cubren con un plástico	118
Figura 70. Pintura en spray utilizada en el rotulado de bloques	119
Figura 71. Rotulado de bloques con 10% de residuo plástico (ABS).....	120
Figura 72. Rotulado de bloques con 10% de residuo plástico polipropileno (PP).....	120
Figura 73. Máquina a motor eléctrico para fabricar bloques (equipo).....	121
Figura 74. Mezcladora industrial (equipo).....	122
Figura 75. Carretilla (herramienta menor)	122

Figura 76. Pala punta cuadrada y parihuela de madera (herramienta menor).....	123
Figura 77. Carro de transporte (herramienta menor)	123
Figura 78. Tableros engrasados.....	124
Figura 79. Balde (herramienta menor).....	124
Figura 80. Cono de Abrams (herramienta menor)	125
Figura 81. Protección de oídos (equipo de protección personal).....	125
Figura 82. Zapatos de seguridad (equipo de protección personal).....	125
Figura 83. Casco de seguridad (equipo de protección personal).....	126
Figura 84. Guantes de seguridad (equipo de protección personal)	126
Figura 85. Protección de ojos (equipo de protección personal).....	126
Figura 86. Trabajador 1, encargado de alimentar la mezcladora con material	127
Figura 87. Trabajador 2, encargado de la elaboración de bloques.....	128
Figura 88. Trabajador 3, traslada los bloques al patio de abastecimiento.....	128
Figura 89. Peso promedio de los bloques fabricados con arena y ABS.....	132
Figura 90. Reducción del peso de los bloques fabricados con arena y ABS.	133
Figura 91. Peso promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.	134
Figura 92. Reducción del peso de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.	136
Figura 93. Peso promedio de los bloques fabricados con arena y PP.	137
Figura 94. Reducción del peso de los bloques fabricados con arena y PP.....	138

Figura 95. Peso promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.	139
Figura 96. Reducción del peso de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.	140
Figura 97. Toma de la temperatura del agua y los bloques sumergidos en agua por 24 horas ...	142
Figura 98. Toma de la masa de la muestra sumergida	142
Figura 99. Retiro del agua visible del bloque con un paño húmedo	143
Figura 100. Secado de los bloques en un horno ventilado a 110°C	143
Figura 101. Absorción promedio de los bloques fabricados con arena y ABS.	147
Figura 102. Absorción promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.	148
Figura 103. Absorción promedio de los bloques fabricados con arena y PP.	150
Figura 104. Absorción promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.	152
Figura 105. Densidad promedio de los bloques fabricados con arena y ABS.	156
Figura 106. Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena y ABS. .	158
Figura 107. Densidad promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.	159
Figura 108. Reducción de la densidad de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.	161
Figura 109. Densidad promedio de los bloques fabricados con arena y PP.	162
Figura 110. Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena y PP.	164
Figura 111. Densidad promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.	165
Figura 112. Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados.	167
Figura 113. Remoción de rebabas de los bloques	168

Figura 114. Refrentado de los bloques.....	168
Figura 115. Muestra sometida a la carga máxima en la máquina de compresión.....	169
Figura 116. Resistencia neta a la compresión simple de los bloques con arena y ABS	174
Figura 117. Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques.....	176
Figura 118. Resistencia neta a la compresión simple de bloques con arena, cascajo y ABS	178
Figura 119. Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques.....	180
Figura 120. Resistencia neta a la compresión simple de los bloques con arena y PP.....	181
Figura 121. Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques.....	183
Figura 122. Resistencia neta a la compresión simple de los bloques con arena, cascajo y PP ...	185
Figura 123. Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.....	187
Figura 124. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 10% de ABS.	188
Figura 125. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 20% de ABS.	188
Figura 126. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 30% de ABS.	188
Figura 127. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 40% de ABS.	189
Figura 128. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 10% de ABS.	189
Figura 129. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 20% de ABS.	190
Figura 130. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 30% de ABS.	190
Figura 131. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 40% de ABS.	190

Figura 132. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 10% de PP.....	191
Figura 133. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 20% de PP.....	191
Figura 134. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 30% de PP.....	192
Figura 135. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 40% de PP.....	192
Figura 136. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 10% de PP.	193
Figura 137. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 20% de PP.	193
Figura 138. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 30% de PP.	193
Figura 139. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 40% de PP.	194

RESUMEN

Frente a la explotación desmedida en canteras para obtener agregados minerales, la exorbitante acumulación de residuos plásticos, la escasa conciencia colectiva de reciclaje y el sistema primitivo de manejo de desechos, surge la necesidad de brindar al campo de la construcción un material alternativo que no deteriore la corteza terrestre y minimice el impacto ambiental. El nuevo bloque alivianado ecológico utiliza como materia prima el desecho plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) de los tapacubos y el polipropileno (PP) de las envolturas de los snacks, en reemplazo volumétrico por el árido fino. En este estudio se realiza la caracterización tanto de los agregados pétreos como de los residuos plásticos, seguido del cálculo de la dosificación por el método del módulo de finura, se ensaya en total 324 muestras, 162 elaborados con arena y 162 elaborados con arena y cascajo, todas expuestas a la utilización del 10%, 20%, 30% y 40% de residuo plástico ABS y PP. Se realiza los ensayos basados en la norma NTE INEN 3066-2016 de resistencia, absorción, densidad de bloques de hormigón y el precio unitario de cada dosificación, lo que concluye en un aumento de la resistencia a la compresión en los bloques elaborados con el 10% y 20% de ABS. Finalmente, se deduce que la sustitución óptima es el bloque elaborado con el 40% de PP, a pesar que su resistencia a la compresión no mejora, este cumple con la resistencia mínima requerida y su precio es 0.04 centavos más bajo que el bloque tradicional.

Palabras Clave:

- **BLOQUES ALIVIANADOS**
- **ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO (ABS)**
- **POLIPROPILENO (PP)**
- **DOSIFICACIÓN**

ABSTRACT

Facing the excessive quarry exploitation to obtain mineral aggregates, the exorbitant accumulation of plastic waste, the scarce collective awareness of recycling and the primitive system of waste management, arises the need to provide the construction field with an alternative material that does not damage the earth's crust and minimizes the environmental impact. The new ecological weightless block uses, as a raw material, the plastic waste acrylonitrile butadiene styrene (ABS) of hubcaps and the polypropylene (PP) of snacks wrappers, in volumetric replacement of the fine aggregate. In this study, a characterization of both, the stone aggregates and the plastic waste, is carried out, and followed by the calculation of the dosage according to the fineness module method, a total of 324 samples, 162 made with sand and 162 made with sand and gravel are tested, all of them exposed to the use of 10%, 20%, 30% and 40% of ABS and PP plastic waste. The tests are made based on the NTE INEN 3066-2016 standard of resistance, absorption, density of concrete blocks and the unit price of each dosage, which concludes in an increase of the compressive strength in the blocks made with the 10 % and 20% ABS. Finally, it is stated that the optimal substitution is the block made with 40% PP, although, its resistance to compression does not improve, it meets the minimum resistance required and its price is 0.04 cents less than the traditional block.

Key words:

- **WEIGHTLESS BLOCK**
- **ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE (ABS)**
- **POLYPROPYLENE (PP)**
- **DOSAGE**

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Dentro de la Ingeniería Civil, se busca incorporar materiales reciclados no solamente para la reducción de los niveles de contaminación de residuos sólidos urbanos, sino también que aporten con similares o mejores características que los materiales pétreos para la reducción de la sobre explotación en minas y canteras, de tal manera que garanticen la innovación y optimicen los procesos constructivos tradicionales. En Ecuador, Bernal y Palacio (2018) buscaron obtener un bloque alternativo con los componentes del Tetra pak reciclado, capaz de brindar a los técnicos vinculados al área estructural una opción más amigable y a su vez cumpla con los aspectos técnicos, económicos, sociales y ecológicos, como es la reducción del peso en las estructuras, la disminución del peligro en áreas sísmicas de considerable riesgo; para lograr esto se ha reemplazado el agregado fino de los bloques, por materiales ligeros y reciclados (Miguel Bernal, 2018).

El Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) en Argentina, desarrolló ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la construcción. Esta investigación logró perfeccionar componentes de construcción livianos con buen aislamiento térmico y resistencia a la compresión suficiente para cumplir la función de cerramiento lateral en viviendas, además colaborar con la descontaminación del medio ambiente y abaratar costos de producción de elementos constructivos para la vivienda de interés de social (Gaggino Rosana, 2006).

Los investigadores García de los Santos et al (2013), documentan un estudio de factibilidad de bloques de hormigón con agregado de residuo plástico ABS en República Dominicana, una alternativa que es factible para la reducción de la contaminación en agua, suelo, aire y paisaje; a su vez cumplir con los parámetros técnicos de resistencia a la compresión, absorción y peso de las normativas ASTM, al sustituir un porcentaje en volumen de agregado grueso por plástico ABS triturado y recolectado como desecho (García de los Santos Emmanuel, 2013).

Al considerar los graves inconvenientes que provoca la explotación desmedida en canteras para obtener agregados minerales que deterioran la corteza terrestre, la exorbitante acumulación de residuos plásticos y la limitada investigación sobre el uso de nuevas alternativas en la elaboración de materiales de construcción en Ecuador, surge la iniciativa de utilizar el producto del reciclaje de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) de los tapacubos y de polipropileno (PP) proveniente de las envolturas de los snacks, los mismos que en la actualidad terminan en quebradas, ríos, rellenos sanitarios o incinerados.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Macro

El impacto ambiental producido por la industria de la construcción es uno de los factores causantes del calentamiento global. La producción de materiales como bloques y ladrillos involucra a materiales naturales procedentes del entorno inmediato. El resultado implica un gran aumento de la distancia entre la obtención de materias primas y el agotamiento de los recursos naturales que contribuye al deterioro ambiental por lo cual se necesita inmediatamente de materiales alternativos que puedan ser usados en la industria de la construcción que tengan un bajo impacto ambiental (Cabello, 2007).

La industria de la construcción consume el 50% de los recursos mundiales, convirtiéndose en la actividad menos sustentable del planeta. Es por eso que algunos países como México, Colombia, Argentina, España entre otros han tratado de reducir el impacto que produce la explotación de depósitos de materiales pétreos, mediante la incorporación de materiales sustentables y ecológicos (Evans, 2010).

Se conoce esta problemática desde hace años, por tal motivo la historia de la construcción presenta varios ejemplares elaborados con materiales alternativos a nivel mundial. El pionero en utilizar residuos, una materia prima barata y abundante para construir casas baratas, ecológicas y sustentables es Mike Reynolds conocido como el arquitecto de la basura. En 1972, se registra la primera casa hecha en base a residuos con latas de cerveza, de esta manera nace Thumb House, la Casa Pulgar (ECOticias.com, 2015).

1.2.2 Meso

A nivel de Latinoamérica la construcción ha crecido significativamente, por tal razón se requieren grandes cantidades de agregados minerales para la fabricación de bloques, que se extraen de canteras. Desafortunadamente, en Ecuador, este tipo de bloque tradicional ha desgastado los recursos naturales sin control alguno.

De acuerdo a Vásquez en su análisis del terremoto de 7.8 del 16 de abril del 2016 en Ecuador, indica que existen varios problemas con el bloque alivianado de hormigón simple. El riesgo que presentan estos bloques por su peso excesivo, hace que la estructura sea más pesada. Lastimosamente, este peligro generó pérdidas económicas y humanas. (Vásquez, 2016)

En Ecuador son muy pocas las industrias que ofrecen opciones amigables con el planeta. Por lo que esta investigación pretende brindar una opción más ecológica al reutilizar materiales que terminaron su vida útil como es el caso del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP).

1.2.3 Micro

La elaboración de bloques alivianados de hormigón simple con materiales pétreos se encuentra en distintos lugares alrededor de Quito. Debido a la creciente demanda de viviendas, dichos elementos son requeridos en gran cantidad. Por tal razón, es urgente buscar nuevas materias primas en distintas fuentes que de alguna manera reemplacen a los agregados, debido al crecimiento poblacional este recurso natural será escaso por lo tanto su precio aumentará.

En relación con los residuos inorgánicos en Quito, de acuerdo con el programa Quito a Reciclar, de enero a mayo de 2018, se han recuperado 1186.60 toneladas de material reciclable. De esta cifra, el cartón ocupó el 56%, el papel 15%, el plástico 8%, materiales de polietileno (PET) 4%, el vidrio 10% y la chatarra 7%. Para esta actividad, existen aproximadamente 3000 recicladores. La institución municipal no cuenta con datos sobre la cantidad de residuos plásticos que se generan diariamente en Quito (Morán, 2018).

Existen distintas recicladoras en Quito entre ellas GRAHAM RECICLAJE, RECIPLAST DEL ECUADOR C.A y RECICLAR Cía. Ltda, pero estas no reciben todo tipo de material plástico para su reciclaje, sin embargo, la única empresa que recicla el polipropileno (PP) en el país es ECUAPLASTIC S.C, así mismo el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) exclusivamente lo recicla RECICLART.

Por tal razón, la fabricación de bloques utilizando residuo plástico reciclado de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP) brindará al campo de la construcción nuevas alternativas con materias primas livianas y resistentes.

1.3 Área de influencia

El proyecto de titulación pretende la creación de un nuevo tipo de bloque ecológico fabricado con plástico reciclado acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP) para mejorar el bloque convencional y usar en los proyectos de construcción a nivel nacional a través del Cuerpo de Ingenieros del Ejército.

1.3.1 Área de intervención

Industria de la Construcción.

1.3.2 Área de influencia directa

Obras civiles.

1.3.3 Área de influencia indirecta

Todo lo relacionado con el sector de la construcción.

1.4 Justificación e importancia

El sector de la vivienda en el Ecuador requiere una significativa cantidad de materiales pétreos para la construcción, esto genera una explotación desmedida de recursos naturales no renovables ocasionando un alto impacto ambiental, en consecuencia, se crea la necesidad de buscar un reemplazo a estos materiales por productos de calidad, que cumplan con la norma vigente del país y a precios asequibles.

Una de las razones principales para proponer y estudiar esta nueva materia prima es la abundante cantidad de plásticos presentes en nuestro mercado debido al uso de productos a base de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y al consumo de alimentos envueltos en plástico de polipropileno (PP).

Adicionalmente, el sistema primitivo de reciclaje en el país, el uso indiscriminado de los recursos naturales, sumado a la escasa conciencia colectiva de reciclaje y falta de conocimiento, nos plantea la necesidad de innovar y producir materiales de construcción sostenibles que ya son una realidad en países desarrollados.

En este estudio se busca utilizar el plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) presente en partes de automotores, tapacubos, juguetes, artículos electrónicos, artículos de oficina, así como aprovechar el plástico polipropileno (PP) que se encuentra en las fundas de los snacks. Estos plásticos tienen un uso posterior muy limitado y escaso por lo que son considerados basura que terminan en rellenos sanitarios, ríos, quebradas o son incinerados.

Por tal motivo, es fundamental realizar un estudio con el fin de desarrollar nuevos materiales de construcción que permitan reciclar y reutilizar el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP). El presente proyecto de investigación busca introducir al mercado un bloque ecológico innovador y competitivo, apto para cumplir con los parámetros técnicos de resistencia, absorción y peso. Con esto se pretende promover el desarrollo sustentable, económico y social, pero sobre todo ser amigable con el medio ambiente.

Esta investigación pretende mejorar la resistencia, peso, absorción y costo de los bloques, obtener resultados que nos permitan determinar la factibilidad y los beneficios que este nuevo

elemento conseguirá dentro del campo de la construcción a través del uso de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP) como sustituto parcial de materiales tradicionales.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Elaborar bloques ecológicos de hormigón reemplazando el agregado fino por el residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP).

1.5.2 Objetivos Específicos

Realizar la caracterización de los agregados fino, grueso, residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP) a utilizarse en la elaboración de los bloques ecológicos.

Establecer las proporciones adecuadas del cemento, agregado fino, agregado grueso, agua y residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP) en proporciones de volumen con respecto al agregado fino en 10%, 20%, 30% y 40%, cumpliendo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NTE INEN 3066-2016, para la elaboración de bloques de hormigón.

Comparar la resistencia a la compresión, absorción y peso de los bloques compuestos por diferentes porcentajes de residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP) con los bloques tradicionales por medio de ensayos en el laboratorio.

Determinar el porcentaje de sustitución óptima del agregado fino por el residuo plástico, en función de los resultados, para disminuir el peso, mejorar la resistencia a la compresión y absorción de los bloques ecológicos.

Cuantificar el costo de elaboración del bloque convencional y del bloque ecológico con la sustitución óptima.

1.6 Metas

La caracterización de los diferentes materiales a utilizarse en la elaboración de los bloques ecológicos.

Cuantificación de los porcentajes adecuados de cemento, agregados, agua, residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP) cumpliendo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Análisis estadístico de la resistencia a la compresión, absorción y peso de los 150 bloques compuestos por los diferentes porcentajes de residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP).

Determinación de la sustitución óptima para disminuir el peso, mejorar la resistencia a la compresión y absorción de los bloques ecológicos.

Análisis de costo de la elaboración del bloque convencional y del bloque ecológico con la sustitución óptima.

1.7 Hipótesis

La sustitución óptima del residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP) en la fabricación de bloques económicos de baja densidad mejora la resistencia a la compresión y cumplirá con la normativa vigente en el país.

1.8 Variables de la investigación

1.8.1 Variable independiente

La cantidad óptima a utilizarse de residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP) en la mezcla de hormigón para cada uno de los bloques.

1.8.2 Variable dependiente

Resistencia a la compresión, absorción, peso y costo de los bloques con base a las dosificaciones del plástico cumpliendo con los parámetros de la normativa vigente en el país.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Áridos

2.1.1 Concepto

Los áridos son fragmentos rocosos que provienen de la disgregación natural de las rocas por la acción de diferentes agentes naturales, por lo tanto, se trata de un material de origen sedimentario que se puede obtener a pie de la roca de la cual se ha disgregado, o en las orillas de los ríos donde queda sedimentado. También existen áridos artificiales que se obtiene de la trituración de piedras naturales (Viano, 2007).

Es un material que se desintegra de la roca de diferente tamaño como son la arena, grava, piedra triturada o escoria de altos hornos de hierro, que se usa con un cementante para elaborar hormigón o mortero de cemento hidráulico (NTE INEN 694, 2010).

Existen áridos de alta densidad o árido pesado, baja densidad o árido liviano y de densidad normal o árido de masa normal. Los áridos de densidad normal son áridos con densidad relativa (gravedad específica) que oscila entre 2.4 y 3.0, o con la masa unitaria (peso volumétrico) que oscila entre 1120 kg/m³ y 1920 kg/m³; por otro lado los áridos de alta densidad o áridos pesados superan la densidad relativa de 3.0 y masa unitaria de 1920 kg/m³, por último los áridos de baja densidad o áridos livianos poseen una densidad relativa menor a 2.4 y una masa unitaria menor a 1920 kg/m³ (NTE INEN 694, 2010).

2.1.2 Clasificación

Los áridos o agregados se clasifican por su tamaño en finos y gruesos.

Son árido grueso o gravas cuando el 100% de las partículas quedan retenidas en el tamiz de 4.75mm (No. 4), esta definición aplica a una porción de un árido. También se define para todo el árido cuando la mayor parte de sus partículas quedan retenidas en el tamiz de 4.75mm (No. 4) (NTE INEN 694, 2010).

Áridos finos o arenas son todas aquellas partículas que pasan el tamiz de 4.75mm (No.4) y quedan retenidas en el tamiz de 0.075mm (No. 200), esta definición aplica para una porción de un árido. También aplica para la totalidad del árido si es que el árido pasa por el tamiz de 9.5mm y que la mayor parte de sus partículas pasa por el tamiz de 4.75mm (No. 4) y son retenidas en su mayoría en el tamiz de 0.075mm (No. 200) (NTE INEN 694, 2010).

Según Valeriano Viano en el 2007 además de clasificar a los áridos por su tamaño también los clasifica por su procedencia en áridos de mina, áridos de río y áridos de playa o de costa. Asimismo, clasifica a los áridos en función de la naturaleza química en áridos silíceos, áridos calizos, áridos silicatados y áridos arcillosos (Viano, 2007).

Los áridos de mina, presentan un aspecto áspero, limpios de tierras, de aristas vivas, angulosos, con impurezas y materia orgánica. Los áridos de río son de grano redondeado, limpios y sin impurezas; suelen ser los más utilizados. Los áridos de playa o de costa son redondeados, muy finos y cargados de sales marinas (Viano, 2007).

Los áridos silíceos son procedentes de la descomposición del cuarzo, son los más utilizados y se pueden considerar como los mejores áridos por su dureza y estabilidad química. Los áridos calizos son originados por la disgregación de rocas calizas, son áridos blandos y de poca durabilidad. Los áridos silicatados son los que proceden de la descomposición de los feldespatos. Los áridos arcillosos son los áridos silíceos que también contienen arcillas y que no suelen dar buen resultado (Viano, 2007).

2.1.3 Propiedades

Los áridos participan de la estructura, color y propiedades de la roca de la que proceden, por tal razón, muchas de sus características y posibilidades de uso vienen condicionadas por la piedra natural de la que se ha obtenido. Se debe tener en cuenta que, si un árido procede de una roca compuesta de minerales inestables, es decir, que se descomponen fácilmente, este árido se disgrega y el conglomerado confeccionado a partir de él puede resultar perjudicado.

Las condiciones que los áridos deben tener para que los compuestos resultantes sean de mejor calidad son las siguientes:

- Los áridos de contornos angulosos son los más adecuados.
- Conviene que los áridos no tengan una superficie demasiado lisa ya que la rugosidad de la superficie del grano facilita la adherencia de los granos con la pasta de cemento. Pero los áridos rugosos son poco trabajables si no se mejoran añadiendo granos de diámetro muy pequeño.
- En cuanto a la forma del árido, es preciso que ésta permita la adaptación de los granos entre sí, pues en caso contrario, daría lugar a un aumento de gasto de cemento.

- El árido no ha de contener arcilla, limo ni materias orgánicas.

2.2 Cemento

2.2.1 Conceptos

Cemento hidráulico, es un cemento que fragua y endurece por reacción química con agua y es capaz de hacerlo aún bajo el agua (NTE INEN 151, 2010).

Cemento de escoria, es un cemento hidráulico que consiste fundamentalmente de escoria granulada de altos hornos, molida (NTE INEN 151, 2010).

Escoria de altos hornos, es un producto no metálico, consistente esencialmente de silicatos y aluminosilicatos de calcio y otras bases, que es producido en fundición simultánea con minerales de hierro en un alto horno (NTE INEN 151, 2010).

Escoria de altos hornos granulada, es un material granular, vidrioso, formado cuando la escoria de altos hornos fundida, es rápidamente enfriada por inmersión en agua (NTE INEN 151, 2010).

Cemento hidráulico compuesto, es un cemento hidráulico consistente de dos o más compuestos inorgánicos (uno de los cuales, por lo menos, no es cemento portland o Clinker de cemento portland), los cuales separadamente o en combinación contribuyen a mejorar las propiedades de resistencia del cemento (NTE INEN 151, 2010).

Cemento portland, es un cemento hidráulico producido por pulverización de Clinker, consistente esencialmente de silicatos cálcicos hidráulicos cristalinos y que usualmente contiene uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso (NTE INEN 151, 2010).

2.2.2 Clasificación

La Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2380, 2011) clasifica a los cementos hidráulicos en:

- Tipo GU. Para construcción en general. Se lo debe utilizar cuando no se requieren uno o más de los tipos especiales.
- Tipo HE. Alta resistencia inicial.
- Tipo MS. Moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo HS. Alta resistencia a los sulfatos.
- Tipo MH. Moderado calor de hidratación.
- Tipo LH. Bajo calor de hidratación.

2.2.3 Características

El cemento utilizado en esta investigación es el Cemento Utká tipo MS, saco de 45 kg elaborado por Holcim, es un cemento diseñado para la producción de prefabricados livianos como bloques y adoquines, este cemento otorga más resistencia, reduciendo el índice de rotura durante su transportación y almacenaje, lo cual permite que el producto sea vendido en menor tiempo y así, incrementar la productividad. Las ventajas de este cemento a más de brindar una excelente resistencia mecánica para todo tipo de construcciones son:

- Mejora la trabajabilidad de las mezclas.
- Reduce la segregación y exudación.
- Reduce el calor de hidratación y por consiguiente la tendencia a la fisuración.
- Tiempos de fraguado favorables para la construcción general.

- Proporciona resistencia química al ataque de sulfatos, difusión de cloruros y reacción álcali-agregado.
- Ahorros significativos en el consumo de cemento por metro cúbico de hormigón (Holcim Ecuador S.A. , 2015).

2.2.4 Propiedades

La densidad del cemento portland varía entre 2.9 y 3.2 g/cm³, esto depende de la cantidad y densidad puzolánico que se adicione, esta propiedad no indica la calidad del cemento sino el uso para la dosificación de mezclas (Rivera G. , 2000).

La finura del cemento nos indica que mientras más fino es, mayor será la cantidad que se hidrata ya que la superficie total en contacto con el agua es mucho más grande. En cambio, si se tiene granos más gruesos pueden durar varios años en hidratarse, e inclusive no llegar jamás a realizarlo, por lo que se tendrá una menor resistencia (Proaño & Tuglema, 2018).

La consistencia permite determinar la cantidad de agua necesaria para que la hidratación del cemento sea lo más exacto posible, es decir, una pasta de consistencia normal; el agua en la mezcla tiene la función de darle fluidez e hidratar al cemento y el fraguado que se refiere al paso de la mezcla del estado fluido o plástico al estado sólido (Proaño & Tuglema, 2018).

Por otro lado, cabe mencionar que a través de asesoría técnica de la empresa Disensa Ecuador, nos indicaron que la densidad del cemento Holcim Utká tipo MS es de 3 g/cm³ (medido según la norma NTE INEN 156 Cemento Hidráulico. Determinación de la densidad), el valor de la densidad del cemento no debe ser usado para el cálculo de stock del cemento en kilos.

Mientras que (Proaño & Tuglema, 2018) obtuvieron una densidad de 2.96 g/cm^3 , que prácticamente viene a ser el mismo resultado.

2.3 Bloques

2.3.1 Historia de los bloques

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

Los bloques de concreto, que son elementos modulares y premoldeados, están dentro de la categoría de mampuestos que en obra se manipulan a mano, y son especialmente diseñados para la albañilería confinada y armada. La ventaja con este tipo de unidad de albañilería es que por su tamaño proporciona una economía en el tiempo de ejecución, en la utilización de mano de obra y en la cantidad de mortero necesaria, lo que conduce a un abaratamiento del costo de producción, además reduce el número de juntas (Javier Arrieta, Enrique Peñaherrea, 2001).

2.3.2 Definición de los bloques

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 3066-2016, define al bloque de hormigón como una pieza prefabricada de hormigón simple, con cemento hidráulico, agua, áridos finos y gruesos, con o sin aditivos, en forma de paralelepípedo, con o sin huecos en su interior (NTE INEN 3066, 2016).

2.4 Requisitos de los bloques según NTE INEN 3066

2.4.1 Clasificación de los bloques

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3066 clasifica a los bloques de hormigón de acuerdo a su uso y su densidad.

2.4.1.1 Según su uso

Los bloques huecos de hormigón de acuerdo a su uso se dividen en tres categorías como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de los bloques de acuerdo a su uso

Clase	Uso
A	Mampostería Estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamientos en losas

Fuente: (NTE INEN 3066, 2016)

2.4.1.2 Según su densidad

A los bloques huecos de hormigón se los ubica de acuerdo al valor de su densidad como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2

Clasificación de bloques en base a su densidad

Tipo	Densidad del hormigón (kg/m ³)
Liviano	<1680
Mediano	1680 a 2000
Normal	>2000

Fuente: (NTE INEN 3066,2016)

2.4.2 Generalidades de la norma NTE INEN 3066

Se considera un bloque hueco de hormigón cuando el área neta de la superficie de carga sea menos de 75%, mientras que el bloque sólido de hormigón debe ser mayor o igual al 75%. Se define a la superficie neta como la superficie de hormigón paralela al plano de carga del bloque de hormigón. Esta es el resultado de dividir el volumen neto de hormigón del bloque para su altura (NTE INEN 3066, 2016).

Como segundo punto el bloque no estructural sirve para separar espacios físicos, no debe soportar más carga que su propio peso. Este bloque no debe ser utilizado si va a estar expuesto directamente a la intemperie, a menos de que esté protegido (NTE INEN 3066, 2016).

La (NTE INEN 3066, 2016), establece tres ensayos para categorizar a los bloques huecos de hormigón entre los cuales se encuentran el ensayo de absorción de agua, densidad y resistencia a la compresión. En la Tabla 3 se especifica el número de bloques necesarios para cada ensayo.

Tabla 3

Número de bloques a ensayar según la propiedad seleccionada

Propiedad	Número de bloques
Dimensiones	3*
Aspectos visuales	Lote completo
Absorción, densidad y otros	3
Resistencia a la compresión simple	3

*Estos bloques, luego de haber sido utilizados para la determinación de las dimensiones, pueden ser usados en los otros ensayos, siempre y cuando no hayan sufrido alteraciones.

Fuente: (NTE INEN 3066,2016)

2.4.3 Dimensiones

Por convenio entre el fabricante y el comprador se han establecido las dimensiones de los bloques de hormigón. Existe una tolerancia máxima para largo, ancho y alturas reales, debe ser de ± 3 mm de las respectivas medidas nominales. El espesor mínimo de las paredes y tabiques debe ser de 13 mm para los bloques Clase B y C (NTE INEN 3066, 2016).

Para determinar las dimensiones del bloque, al momento de recibir los bloques se eliminan las rebabas de los especímenes y todo tipo de material adherido en las superficies de los bloques con la ayuda de cepillos de acero. Con un calibrador legible y con una exactitud de división no mayor a 1 mm se procede a medir y registrar el ancho en el centro del largo del bloque en la superficie de la cara superior e inferior, posteriormente la altura se mide en el centro del largo en cada una de las paredes y finalmente el largo se mide en el centro de la altura de cada una de las paredes. Igualmente se mide el espesor de la pared y del tabique en el punto más delgado de cada elemento. En las mediciones se ignoran surcos o protuberancias (NTE INEN 3066, 2016).

En cada unidad, cuando el punto más delgado de la pared opuesta tenga una diferencia de espesor menor a 3 mm, calcular el espesor mínimo de la pared mediante el promedio de las medidas registradas. Cuando los puntos más delgados difieren en más de 3 mm, debe considerarse que el espesor mínimo de la cara es el menor valor entre las dos mediciones registradas (NTE INEN 3066, 2016).

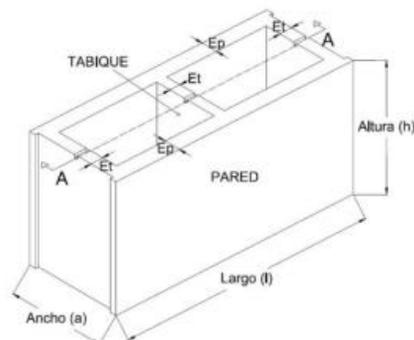


Figura 1. Nomenclatura de las partes del bloque de hormigón

Fuente: (NTE INEN 3066,2016)

2.4.4 Aspectos visuales y marcas

El lote de bloques, a la entrega, no debe presentar más del 5% de unidades que tengan uno o más de los siguientes defectos:

- Dimensiones reales por fuera de las dimensiones nominales con tolerancias establecidas.
- Despostillados de diámetro mayor a 25 mm en las caras del bloque.
- Fisuras con un ancho mayor a 0.5 mm y longitudes mayores a 25% de la altura modular en las caras del bloque.
- Unidades rotas.

Los bloques deben estar identificados mediante marcas de acuerdo con su clase, de manera que no puedan ser confundidos entre ellos. Las marcas deben ser permanentes e indelebles. El fabricante debe definir las características de dichas marcas (NTE INEN 3066, 2016).

2.4.5 Rotulado

La etiqueta de los bloques huecos de hormigón debe estar firmemente adherida al embalaje del producto y debe contener la siguiente información: Nombre del fabricante (local o importado), fecha de fabricación, número de lote, clase de bloque, nombre comercial del bloque, dimensiones nominales en milímetros (largo, ancho y altura), la descripción de la textura y color de las paredes (opcional) (NTE INEN 3066, 2016).

2.4.6 Absorción de agua

Los ensayos deben realizarse en tres unidades enteras y sin defectos. El primer paso es recibir los bloques, revisar, retirar rebabas, pesar con una balanza con una exactitud de ± 1 g de la masa de la muestra más pequeña ensayada. Medir y registrar los valores de ancho, largo, altura, paredes y tabiques. El ensayo de absorción consta de una primera etapa en la cual se debe sumergir en agua al espécimen completamente durante un lapso de 24 a 28 horas a una temperatura entre 16°C y 27°C y se registra la masa sumergida del espécimen. En la segunda etapa, se retira el espécimen del agua y se coloca en una rejilla metálica para que escurra durante 60 segundos aproximadamente, a continuación, con la ayuda de un paño húmedo se retira el agua visible de la superficie. Se registra este valor y se repite este procedimiento cada 24 horas hasta que la diferencia de sus masas sea menor al 0.2%, este resultado se lo archiva como masa de la muestra saturada (NTE INEN 3066, 2016).

La última etapa, luego de determinar la masa de la muestra saturada se procede a colocar los especímenes en el horno ventilado a una temperatura entre 100°C y 115°C por 24 horas hasta que la diferencia entre las masas sea inferior a 0.02% y finalmente se registra la masa de la muestra

seca al horno. Los bloques Clase A deben cumplir con la absorción de agua de acuerdo con la Tabla 4 (NTE INEN 3066, 2016).

Tabla 4

Parámetros de absorción en bloques Clase A

Tipo	Densidad (kg/m³)	Absorción de agua máxima promedio (kg/m³)	Absorción de agua máxima por unidad (kg/m³)
Liviano	<1680	288	320
Medio	1680 a 2000	240	272
Normal	>2000	208	240

Fuente: (NTE INEN 3066,2016)

2.4.7 Resistencia a la compresión

2.4.7.1 Resistencia a la compresión simple

La resistencia a la compresión es la relación entre la carga máxima de rotura a compresión sobre el área bruta o neta en que se la aplica, a una edad de 28 días desde la elaboración de los especímenes, expresada en MPa (Miguel Bernal, 2018).

2.4.7.2 Resistencia a la compresión bruta

Relación entre la carga de rotura a compresión simple de un bloque y su superficie bruta. Se define a superficie bruta como la superficie paralela al plano de carga del bloque de hormigón, este es el resultado de multiplicar el largo por el ancho del mismo (NTE INEN 3066, 2016).

2.4.7.3 Resistencia a la compresión neta

Relación entre la carga de rotura a compresión simple de un bloque y su superficie neta, expresada en MPa. Se define a superficie neta como la superficie de hormigón paralela al plano de carga del bloque de hormigón, este es el resultado de dividir el volumen neto de hormigón del

bloque para su altura. En la Tabla 5 se muestra las resistencias netas mínimas según la clase de bloque que corresponda (NTE INEN 3066, 2016).

Tabla 5

Resistencia neta mínima a la compresión simple de bloques de hormigón

Descripción	Resistencia neta mínima a la compresión simple (Mpa)*		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 bloques	13,8	4,0	1,7
Por bloque	12,4	3,5	1,4

*1Mpa =10,2 kg/cm²

Fuente: (NTE INEN 3066,2016)

Para realizar este ensayo es necesario tres unidades completas, después de la entrega al laboratorio se debe almacenar los bloques uno a continuación de otro, separados por lo menos 13 mm a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$ por 48 horas. Al momento de recibir el espécimen es necesario retirar rebabas y en intervalos de 2 horas registrar su masa hasta no tener una diferencia mayor al 0.2% respecto a la masa de la unidad previamente determinada y que no se tenga humedad visible en el bloque, para este ensayo no se debe utilizar el horno para agilizar el proceso de secado (NTE INEN 3066, 2016).

Para el refrentado de las muestras debe estar de acuerdo a lo establecido en la norma NTE INEN 2619 “Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. Refrentado para el ensayo a compresión”. La resistencia a la compresión de los materiales para refrentado debe ser de al menos 24 MPa, resistencia alcanzada previamente al ensayo. El primer paso para preparar los bloques para el refrentado es sumergirlos por 2 horas. Como segundo paso se coloca en la cara de contacto del bloque una capa de mortero y se presiona suavemente, hasta que se adhiera en toda la superficie del bloque con un espesor máximo de 6 mm, repetir lo mismo

en la cara opuesta. Una vez aplicadas las capas de mortero verificar que estén niveladas y posteriormente cubrir el bloque con un paño húmedo y mantenerlo así por 24 horas. Transcurridas las 24 horas colocar los especímenes en un gabinete húmedo y mantenerlo así hasta la edad del ensayo. La edad del refrentado debe ser de al menos dos horas (NTE INEN 2619, 2012).

2.4.8 Clasificación de los bloques según su acabado

García Vicente en el 2013 presenta la clasificación de bloques de hormigón en su libro Ejecución de fábricas para revestir. El mercado clasifica a los bloques desde diferentes aspectos entre los cuales se tienen el índice de macizo: bloque hueco y macizo; tipo de grano: bloque grueso, medio y fino; densidad de los poros: bloque abierto, semiabierto y cerrado; según su resistencia: bloque estructural, de cerramiento y de división; por su composición: bloque de hormigón normal y bloque de hormigón ligero; según su forma: bloque en U, bloque con frente liso, bloque de esquina y bloque a cara vista; finalmente según su aspecto: bloque fino, semifino, semirugoso y rugoso (Vicente García Segura , 2013).

Sin embargo, García afirma que existe una clasificación más sencilla que se puede dar a los bloques según el acabado. Se tiene el bloque de cara vista, que son piezas con al menos una de las caras preparada para no precisar revestimiento, tiene un fin decorativo con variedad de tamaños y colores, no se suelen utilizar para elementos portantes. Por otro lado, los bloques para revestir, tienen una rugosidad que proporciona la suficiente adherencia para que sea recubierto por otro material; el más conocido es el bloque gafa su revestimiento se basa en enfoscados para exteriores y enlucidos en interiores. Finalmente, se tiene el bloque multicámara su nombre se debe a los huecos internos, es utilizado para levantar paredes (Vicente García Segura , 2013).

2.4.9 Ventajas de los bloques

Los bloques presentan una serie de ventajas con respecto a otros materiales de construcción, por este motivo su campo de utilización se encuentra en un continuo crecimiento; dentro de estas ventajas tenemos: su aplicación en sistemas constructivos simples del tipo estructural, la capacidad de poder brindar acabados arquitectónicos tales como texturizados superficiales sin necesidad de ningún tipo de revestimiento adicional, excelente aislación térmica, acústica y resistencia al fuego (Rodas Clara, Ordoñez Jonnathan , 2016).

Adicional a eso, el costo es un factor sumamente importante, de hecho, un metro cuadrado de pared armada con bloques tiene un costo menor que si la misma fuera construida con ladrillos normales, dicha diferencia varía entre 15% y 30%. Otro beneficio es que no se requiere de técnicas complicadas para su recepción, empleo en obra y mantenimiento (Rodas Clara, Ordoñez Jonnathan , 2016).

Las dimensiones y la facilidad de maniobrar con los bloques permiten levantar paredes en un periodo mucho más corto que si se construyese con ladrillos. Según la clase de bloque y del tipo de ejecución, estos pueden proporcionar protección contra incendios, aislamiento térmico y aislamiento acústico. La resistencia al fuego debe ser acorde con las necesidades, habiendo bloques de hormigón que pueden alcanzar un RF-240 (Vicente García Segura , 2013).

2.5 Plásticos

2.5.1 Definición

El término plástico proviene del griego plastikos, significa que se puede moldear (PlasticsEurope, 2014); se aplica a un amplio rango de materiales capaces de fluir durante el proceso de fabricación. Normalmente los polímeros plásticos se preparan mediante la

polimerización de monómeros derivados del petróleo o el gas y agregándoles varios aditivos químicos (PlasticsEurope, 2017).

2.5.2 Códigos de identificación

La existencia de una gran diversidad de materiales y de sus posibilidades de reciclaje motivó la creación de unos códigos de identificación cuyo símbolo original data de 1970 y que refleja cada uno de los pasos del reciclaje: recogida de materiales, proceso de reciclado y compra de dichos productos ya reciclados. En el caso de los plásticos, un triángulo con tres flechas sucesivas rodeando un número del 1 al 7, conocido como triángulo de Möbius, símbolo universal del reciclaje, simboliza e identifica el material con el que está elaborado el envase, así como la posibilidad de ser reciclado para nuevos productos (SP GROUP, 2018).

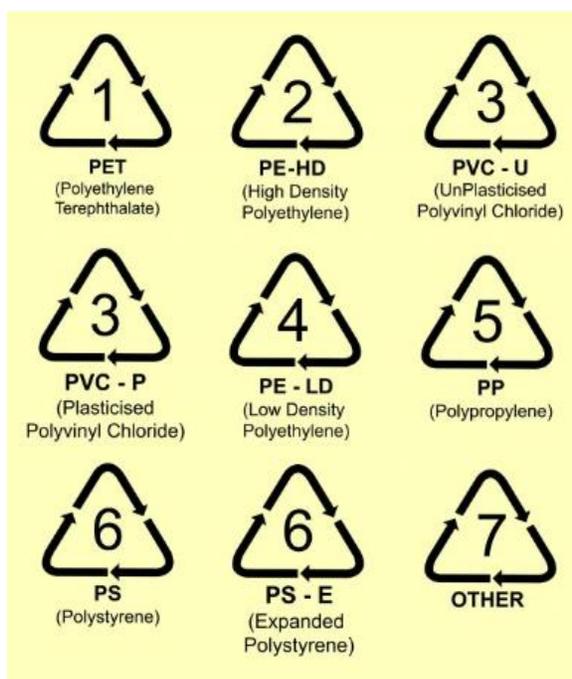


Figura 2. Códigos de identificación de los plásticos

Fuente: (SP GROUP, 2018)

- Número 1. Polietileno Tereftalato (PET): es el tipo de plástico más utilizado en los envases alimentarios gracias a propiedades como su ligereza, su bajo coste de producción, así como sus grandes posibilidades de reciclaje. Lo habitual es encontrarlo en botellas de agua y otras bebidas, así como en envases de aceite (SP GROUP, 2018).
- Número 2. Polietileno de alta densidad (HDPE): se trata de un plástico resistente a productos químicos, poco flexible, pero fácil de fabricar y de manejar. Sus usos más habituales son las bolsas de supermercado, productos de limpieza y de higiene personal, envases de leche, zumos o yogurt (SP GROUP, 2018).
- Número 3. Cloruro de Polivinilo (PVC): materiales que destacan por su escaso reciclaje y por ser menos utilizados en la cadena alimentaria dada su facilidad para soltar diversas toxinas. Sin embargo, por su alta resistencia a los ácidos, así como por su dureza es utilizado sobre todo para tubos, cañerías, botellas de detergente, equipamientos médicos, entre otros (SP GROUP, 2018).
- Número 4. Polietileno de Baja Densidad (LDPE): se trata de un plástico muy flexible y transparente cuya utilidad es frecuente en forma de bolsas de todo tipo, envases de laboratorio o de comida congelada (SP GROUP, 2018).
- Número 5. Polipropileno (PP): se trata de un material perfecto para envases microondables ya que se destaca por su dureza, barrera al vapor y resistencia al calor. También es habitual encontrarlo en botes de salsas, tapas, envases para alimentos, envoltorios de caramelos aperitivos, envases de uso médico y veterinario (SP GROUP, 2018).

- Número 6. Poliestireno (PS): este es otro de los materiales menos recomendados para uso alimentario dada su facilidad para emitir toxinas. Sin embargo, debido a su bajo coste y a su rigidez es habitual encontrarlo en forma de cubiertos, vasos y platos de plástico, envases cosméticos o cajas de CD. Además, se trata de un material difícil de reciclar (SP GROUP, 2018).
- Número 7. Otros: dentro de los códigos de identificación de los plásticos, el número 7 es aquel en el que se incluyen una gran variedad de materiales plásticos que son muy difíciles de reciclar (SP GROUP, 2018).

2.5.3 Clasificación de plásticos para reciclar

Los varios tipos de plásticos se dividen en dos grupos que requieren procesos diferentes de reciclaje: los termoplásticos, que generalmente son mecánicamente reciclables y los plásticos termoestables, que solo se pueden reciclar mediante procesos químicos (PlasticsEurope, 2017).

Los termoplásticos son una familia de plásticos fácilmente reciclables ya que se puede recalentar, remodelar y enfriar repetidamente sin que se alteren demasiado sus propiedades originales; en este gran grupo se encuentran plásticos como el tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP), poliestireno (PS), polietileno (PE), poliestireno expandido (PS-E), policloruro de vinilo (PVC), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), entre otros. Por otro lado, se tiene los plásticos termoestables son materiales sintéticos que exclusivamente se pueden reciclar mediante procesos químicos para provocar un cambio en su estructura molecular. Después de calentar y moldear estos plásticos no se pueden volver a fusionar y cambiar de forma, la resina epoxi, la resina acrílica, el poliuretano (PUR), el éster de vinilo, el poliéster insaturado son ejemplos de plásticos termoestables (PlasticsEurope, 2017).

2.5.4 Producción de plásticos

La industria del plástico es una de las más fuertes a nivel mundial debido a que en la mayoría de los procesos de producción de otros sectores es necesaria alguna pieza de plástico. Desde la revolución industrial el plástico comenzó a tener un gran avance con cambios significativos que llegaron de las manos de químicos e investigadores, así mismo como se fue desarrollando también creció la acumulación, la emisión de desechos y la contaminación. Frente al desgaste acelerado generado por el ser humano y frente al proceso de degradación que tiene este material el ser humano ha comenzado a realizar investigaciones para la reutilización y reciclaje del mismo (Narvárez & Luna, 2014).

La suma de todo el plástico producido en el mundo antes del 2000 es igual a la cantidad producida en los últimos 16 años. La producción plástico ha crecido rápidamente en este siglo puesto que este material es barato, versátil y confiable (PlasticEurope, Conversio Market and Strategy GmbH and myCEPPI, 2018). Estas características apoyan el desarrollo de productos plásticos desechables y casi la mitad de todos los plásticos se convierten en desechos en menos de 3 años (Silpa Kaza, 2018).

La generación de residuos, a nivel mundial, constituye uno de los mayores problemas ambientales de nuestro siglo. En el 2016, cada habitante del Ecuador produce aproximadamente 0.58 kg de residuos sólidos en el área urbana por día (INEC, 2016).

Para la fabricación de productos plásticos se utiliza el crudo de petróleo, del cual el 4% se utiliza para procesar plástico y el 96% para carburantes. Al examinar ambos mercados, el aumento de la producción de plásticos implicaría producir menos combustibles. Por citar un ejemplo, el polietileno, plástico de uso doméstico común, se necesita destilar 18.7 toneladas de petróleo bruto

para obtener 3.74 toneladas de nafta, de las cuales finalmente se produciría 1 tonelada del polímero, además que los plásticos necesitan mucho tiempo para su descomposición (Cobos, 2011).

2.5.5 Estadísticas de los desechos plásticos

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el 2016 establece en el informe sobre el consumo de materias primas, cantidad y elaboración por cuenta de terceros según clasificación central de productos que la cantidad de compras netas locales de materia prima de ABS es de 1.5 ton y de Polipropileno es de 5781.5 ton; por otro lado la cantidad de importaciones de materia prima de ABS es de 381.5 ton y de Polipropileno es de 74418 ton (INEC, 2016).

A nivel nacional en el año 2016, el 41.46% de hogares clasificaron los residuos, es decir, 4 de cada 10 hogares ecuatorianos realizan esta práctica, dentro de quienes clasifican los residuos el plástico fue el residuo con mayor clasificación con un 34.08% seguido por el papel-cartón con un 24.53% y vidrio 15.10% (INEC, 2016).

De la eliminación del plástico, el 14.83% envían a un centro de acopio, el 57,61% regalan o venden, el 19.24% depositan con el resto de basura común, el 7.89% quema o bota a la quebrada. Del 2014 al 2016 solo el 16.63% de hogares a nivel nacional tuvieron conocimiento al menos de una campaña relativa a la protección del ambiente (INEC, 2016). Los residuos sólidos producidos a nivel nacional en el área urbana del año 2017 fue de 42.7% de residuos inorgánicos, de los cuales el 5.84% es plástico rígido y el 4.78% es plástico suave (AME-INEC, 2017).

En el año 2013 el Municipio de Quito realizó un estudio para identificar los residuos sólidos en las Estaciones de Transferencia y se obtuvo que el 2.57% de desechos sólidos que llegan a la

Estación de Transferencia Norte son de polipropileno mientras que en la Estación de Transferencia Sur es el 2.15% (Zabala & Almeida, 2018).

2.5.6 Impacto de los plásticos

El plástico ya invade cada rincón del planeta; existe plástico en los océanos, en el Himalaya, en los ríos, y también presente en forma de micro plásticos en el agua del grifo, en el pescado que el ser humano ingiere, en la sal de mesa que condimenta la comida, incluso en el intestino humano. El plástico se empieza a usar en forma masiva después de la Segunda Guerra Mundial. Las ventajas en cuanto a resistencia, durabilidad, ligereza y versatilidad provocaron que se extendiera como la pólvora; pero ahora, más de 50 años después del “boom” del plástico de un solo uso inunda cada rincón de la Tierra (The Guardian, 2019).

Los científicos han documentado más de 700 especies de animales marinos con plástico en sus estómagos o que mueren enredadas en este material. Estiman que para el año 2050 todas las aves marinas del mundo ingerirán plástico de forma habitual. Actualmente sólo se recicla uno de cada cinco productos de plástico. El problema no son solo las grandes bolsas flotando en el mar, o los envases en los que quedan atrapadas las tortugas; cuando el plástico se degrada, no desaparece, se convierte en micro plásticos, estas diminutas porciones de lo que un día fue una bolsa, una pajita, o un bastoncillo para los oídos, terminan incorporándose a nuestras vidas de nuevo. Ya se han encontrado trazas de este material en nuestra comida, en el agua que el humano bebe y hasta en su propio organismo, por lo tanto no es suficiente con reciclar lo que se produce sino que se debe dejar de usar plástico para todo (The Guardian, 2019).

La incapacidad del mundo de manejar los desechos plásticos tiene como resultado que 100 millones de toneladas de desechos plásticos se conviertan en contaminación terrestre o marina (de Souza Machado et al, 2018).

Dos factores impiden cerrar el círculo de los plásticos: la industria no rentable del reciclaje incapaz de aumentar de escala y las pocas opciones ambientalmente sanas al uso de plásticos que tienen los consumidores. Adicionalmente, la mayoría de los materiales plásticos secundarios son creados a partir de plásticos reciclados de inferior calidad que los productos de plástico virgen, por lo tanto, se comercializan a un menor precio. Los costos de operación para las actividades de reciclaje son excesivamente altos debido a los costos de recolección, clasificación de desechos y al suministro limitado de plástico reciclable (Dalberg Advisors, 2019).

2.5.6.1 Impacto ambiental

- **Enmarañamiento:** El enmarañamiento en desechos plásticos generalmente ocasiona lesiones agudas o crónicas, e incluso la muerte de la fauna afectada. Se estima que por lo menos mil tortugas marinas mueren cada año al quedar enredadas en desechos plásticos, incluyendo equipo de pesca perdido o descartado (Duncan, 2017).



Figura 3. Efectos del enmarañamiento en un lobo marino

Fuente: (Susanne Kühn, Elisa L. Bravo Rebolledo, and Jan A. van Franeker., 2015)



Figura 4. Enmarañamiento de una tortuga marina

Fuente: (Arenas, 2017)

- Ingesta: La ingesta de plástico es dañina para la salud de los animales (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2016). Estos animales generalmente no pueden procesar el plástico en sus sistemas digestivos, ocasionándoles abrasiones internas, obstrucciones del aparato digestivo y la muerte (Susanne Kühn, Elisa L. Bravo Rebolledo, and Jan A. van Franeker., 2015). No sólo causan la muerte directa, sino que también pueden tener resultados subletales, tales como dificultar la captura y digestión de los alimentos, alterar el sentido del hambre, escapar de los depredadores, reproducirse, así como disminuir la condición corporal y complicar la locomoción y la migración (Arenas, 2017).



Figura 5. Ingesta del plástico en aves marinas

Fuente: (mundonatura. org, 2013)

- Daños al hábitat: Se han encontrado desechos plásticos en suelos, ríos y océanos que degradan o destruyen los hábitats de fauna silvestre. La contaminación por pequeñas partículas de plástico altera las condiciones del suelo, lo cual puede afectar la salud de la fauna (de Souza Machado et al, 2018).



Figura 6. La basura marina destruyendo las playas

Fuente: (Headquarters)



Figura 7. Los corales se enferman por el plástico que invade los océanos

Fuente: (Verde Ecológico , 2018)

2.5.6.2 Impacto social

Los impactos directos más comunes están relacionados con: (Dalberg Advisors, 2019).

- Manejo no reglamentado de desechos plásticos: los desechos plásticos están mal manejados en procesos no reglamentados, incluyendo quemados o vertimiento a cielo abierto y reciclaje no controlado. Los principales sistemas de manejo de desechos plásticos son los rellenos sanitarios, la incineración y el vertimiento. En 2016, el 39% de los desechos plásticos se envió directamente a rellenos sanitarios donde se requieren más de 400 años para su descomposición (Geyer, 2017). Estos procesos, especialmente las quemados a cielo abierto, liberan gases tóxicos que afectan la calidad del aire (Rinku Verma, 2016). El vertimiento a cielo abierto también contamina acuíferos cercanos, cuerpos de agua y asentamientos (Silpa Kaza, 2018). Además, se ha visto que los compuestos relacionados con los plásticos, asociados con la incineración no controlada o a cielo abierto, intensifican en los humanos las enfermedades respiratorias, aumentan el riesgo de enfermedades cardíacas y dañan el sistema nervioso (Rinku Verma, 2016).
- Ingesta humana de plástico: Aunque es altamente probable que los humanos ingieran microplástico y nanopartículas de plástico, no se conocen los impactos directos sobre la salud, es más probable cuando se consumen productos del mar (FAO Food and Agriculture of the United Nations, 2018).
- Contaminación de suelos y aguas: Las micropartículas de plástico liberadas durante el lavado de la ropa se pueden acumular en los alcantarillados. Este fango se usa frecuentemente como fertilizante en el campo, resultando en que miles de toneladas

métricas de micro plásticos terminen en los suelos cada año (de Souza Machado et al, 2018). Las plantas de tratamiento de aguas residuales actualmente no tienen la capacidad para remover todas las partículas plásticas del agua residual antes de verterla nuevamente en el ambiente (Murphy, 2016).

2.5.6.3 Impacto económico

El impacto económico total de la contaminación por plásticos es incierto, sin embargo, se estima que la contaminación terrestre por plásticos es cuatro veces mayor que la contaminación en los océanos (de Souza Machado et al, 2018). El análisis presentado a continuación se enfoca en el impacto en el océano y en determinados sectores industriales (Dalberg Advisors, 2019).

- Las Pesquerías: La contaminación oceánica por plásticos reduce tanto el suministro como la demanda de productos del mar debido a la muerte de fauna marina y a la preocupación de que la fauna haya ingerido plásticos. La contaminación por plásticos, incluyendo equipos pesqueros abandonados, puede también atascar los motores de los barcos, resultando en trastornos de la industria pesquera (Patrick ten Brink, Jean-Pierre Schweitzer, Emma Watkins & Maeve Howe , 2016).



Figura 8. Pescadores de plástico en Alicante

Fuente: (Cerrillo, 2016)

- Comercio marítimo: Las embarcaciones comerciales son también muy sensibles a colisiones con desechos plásticos, pues los daños a la embarcación pueden arriesgar vidas humanas (APEC, 2009).



Figura 9. Contaminación de larga data: Océanos y playas de plástico

Fuente: (Verónica, 2018)

- Turismo: La contaminación por plásticos puede reducir los ingresos debido a la reducción del atractivo de costa y playa; de igual manera reduce las actividades como la pesca deportiva, la observación de ballenas y el buceo ya que dependen de ecosistemas saludables de esta manera aumentan los costos de la industria turística (Arenas, 2017).



Figura 10. El turismo afectado negativamente por la basura marina

Fuente: (Arenas, 2017)

2.5.7 El reciclaje de plásticos

Se conoce como residuos a todos aquellos materiales que no tienen ningún valor económico para el usuario, pero sí un valor comercial para su recuperación e incorporación al ciclo de vida de la materia. Residuo inorgánico, es aquel residuo que no proviene de un organismo vivo directamente, sino que proviene del medio industrial o es el resultado de algún proceso no natural como el plástico y el vidrio. Recuperar materiales reciclables disminuye la cantidad de residuos sólidos que se depositan en los sistemas de relleno sanitario y se prolonga la vida de esos residuos. El uso de materiales reciclables como materia prima en la manufactura de nuevos productos ayuda a conservar recursos renovables y no renovables (INEC, 2016).

Reciclar es el proceso por el cual los productos de desecho son reutilizados, con el fin de recuperar de forma directa o indirecta, algunos componentes que contienen los residuos de la actividad humana, mediante el reciclaje se puede proteger los recursos no renovables y descontaminar el medioambiente. Reciclar es volver a utilizar objetos, con el mismo fin o para transformarlos en otros nuevos, es aprovechar los elementos que la sociedad ha descartado, por considerarlos inútiles, después de su uso (Reyes & Yezitd, 2014).

El sistema de plásticos está generando desechos a una velocidad mayor que la capacidad de manejarlos. El crecimiento desmedido provoca fallas sistémicas a lo largo de la cadena de comercialización del plástico hacen que sea más barato verter el plástico en la naturaleza que manejarlo eficientemente hasta la etapa final de su vida útil. Se requieren acciones inmediatas para detener el crecimiento incontrolado de la contaminación por plásticos y se requieren iniciativas coordinadas para controlar el mal manejo de desechos y la reutilización de los plásticos, esto podría

crear un sistema libre de contaminación por plásticos y generar más de un millón de empleos en el reciclaje de esta manera darle una perspectiva más atractiva (Dalberg Advisors, 2019).

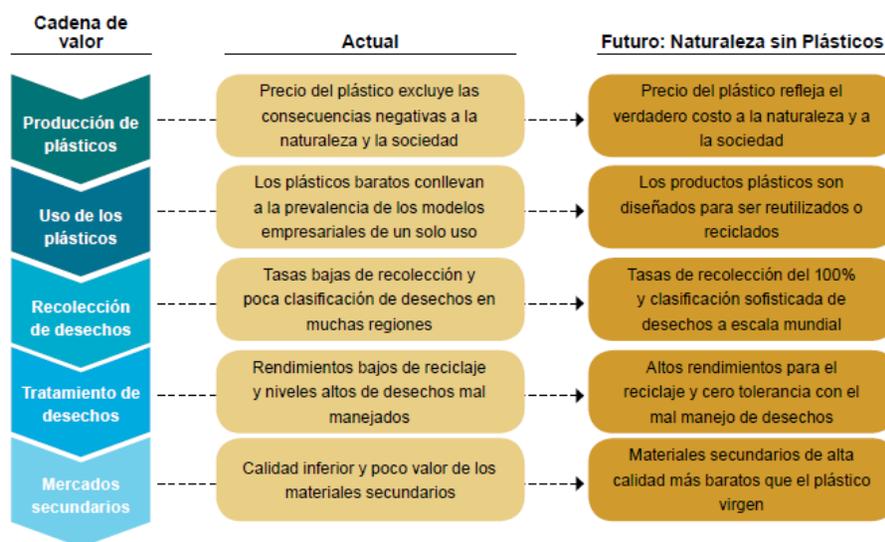


Figura 11. Intervenciones requeridas durante el ciclo de vida del plástico para hacer la transición hacia un planeta sin plásticos

Fuente: (Dalberg Advisors, 2019)

2.5.8 Plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

El Acrilonitrilo Butadieno Estireno más conocido con el acrónimo de ABS es un termoplástico que se lo conoce como plástico de ingeniería ya que su elaboración y procesamiento es más complejo que los plásticos comunes. Los bloques de acrilonitrilo proporcionan dureza, rigidez, resistencia y estabilidad a alta temperatura, los bloques de butadieno proporcionan tenacidad y los bloques de estireno proporcionan resistencia mecánica y dureza; donde la mezcla de estas propiedades, llamada sinergia, indica que el producto final contiene mejores propiedades que la suma de ellos. En la actualidad el ABS se produce por medio de la polimerización del estireno y el acrilonitrilo en presencia de polibutadieno, quedando como producto de una estructura de polibutadieno, conteniendo cadenas de estireno acrilonitrilo injertados en él (Massó, 2010).

La resistencia al impacto de los plásticos ABS se ve incrementada al aumentar el porcentaje de contenido en butadieno, pero disminuyen las propiedades de resistencia a la tensión y disminuye la temperatura de deformación por calor (Massó, 2010).

La mayoría de los plásticos ABS no son tóxicos, pueden ser extruidos, moldeados por inyección, soplado y prensado, a pesar que no son altamente inflamables, mantienen la combustión, aunque una solución consiste en aplicar algún retardante de llama. El ABS se destaca por combinar la propiedad de ser resistente a la tensión y la resistencia al impacto en un mismo material, además de ser un material liviano. El ABS es utilizado para la fabricación de piezas de automóviles como los tapacubos, parrilla del radiador, alojamiento del espejo retrovisor, cobertor de las puertas, entre otros, los autos pueden tener 12 kg o más de ABS cada uno, dentro de los electrodomésticos encontramos ABS en el recubrimiento interior y exterior de las puertas de las heladeras, en las carcasas de taladros, televisores, radios, aspiradoras, máquinas de coser y secadores de pelo así como en las piezas de LEGO (Massó, 2010).

2.5.9 Plástico polipropileno (PP)

El Polipropileno es un termoplástico que es obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo, todo esto desarrollado en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión. Posee buenas propiedades químicas de resistencia y transparencia. Una de sus mejores cualidades es la barrera al vapor de agua que evita el traspaso de humedad, lo cual puede ser utilizado para la protección de diversos alimentos. Sin duda su buena procesabilidad permite que el material plástico presente un menor peso específico lo que implica que se requiere de una menor cantidad para la obtención de un producto terminado. Además de su excelente costo beneficio, su versatilidad es compatible con la

mayoría de las técnicas de procesamiento existentes y se lo usa en diferentes aplicaciones comerciales como packaging, industria textil, menaje y medicina (PPETROQUIM , 2016).

2.5.10 Proceso de peletizado de los plásticos

Las fases o etapas para peletizar los plásticos son las siguientes:

1. Fase de recolección, inicia con la separación de los residuos o desechos generados en los hogares o lugares de trabajo y que luego serán recolectadas en forma diferenciada para de esta manera trasladar a las empresas que se dedican a esta actividad de recolección.
2. Fase de clasificación, esta fase se realiza en empresas que se dedican al acopio o recepción de desechos, estas reciben y realizan una clasificación por tipo de plástico y color, esta actividad lo realizan manualmente por medio de la marcación existente en cada tipo de plástico. La recolección y clasificación es un proceso demorado que requiere mucha mano de obra debido a los altos niveles de mezclas y contaminación de los desechos plásticos.

En conjunto, la recolección y clasificación representan aproximadamente el 40% de los costos del reciclaje (MESAB, 2018). Este proceso se facilita y es más acelerado si existe una entrega diferenciada de los plásticos a estas empresas.

3. Fase de destrucción, se lo hace con el objeto de reducir el tamaño de los desechos plásticos en un molino llamado destructor el cual ayuda obtener hojuelas de media pulgada para después llevar este material a otro molino más pequeño en donde se obtienen partículas sumamente pequeñas casi como polvo de plástico. Si el plástico se encuentra contaminado por comida, papel, polvo o aceite entra a un proceso de limpieza cuando sale en partículas de media pulgada y antes de entrar al molino que arroja en partículas como polvo para luego ser secadas.

4. Fase de peletizado, en esta fase el material debe estar molido, limpio y seco, el cual ingresa a un tolva para pasar por un tornillo sin fin que se encuentra dentro de un cilindro, fundiéndolo a una temperatura de aproximadamente 300°F por acción proveniente de unas resistencias eléctricas, este material ingresa a una máquina llamada extrusora que empuja el plástico derretido a través de unos agujeros que permite que salga en forma de hilos, el mismo que mientras pasa a través del orificio, pasa por una tina de enfriamiento para darle consistencia hasta llegar a una máquina que es un picador en donde con una cuchilla corta en forma de pellets y se los recoge en un silo, finalmente pasa a ser envasados en sacos de 50kg (Ibadango, 2014).

Los residuos plásticos pueden obtenerse de grandes fábricas procesadoras de plásticos, este plástico rechazado tiene buenas características para reciclar ya que están limpios, estos también suelen ser llamados plásticos de post producción. Por otro lado, también se encuentran los desechos plásticos de comerciales que también son conocidos como de post consumo, son aquellos plásticos que ya fueron usados y que requieren de un proceso de limpieza (Ibadango, 2014).

Según Marlon Ordoñez de RECICLART S.A empresa que se dedica al reciclaje de plásticos, en el mercado ecuatoriano la recolección de los desechos de las envolturas de snacks de polipropileno se lo realiza en mínimas cantidades porque su valor de compra es barata, además de ocupar mucho espacio por su volumen, el peso de este material es demasiado bajo. Esta reconocida empresa de reciclaje recolecta alrededor de 1.5 ton al mes de ABS, este polímero es más costoso ya que el desgaste que sufre este tipo de plástico es mínimo y la vida útil de este plástico es larga.

2.6 Materiales alternativos en la construcción

Los materiales utilizados en la construcción pueden ser reciclables y/o reutilizables como lo son los metales, maderas, vidrios, telas, plásticos, papeles y cartones; por otro lado, los materiales pétreos ya sean naturales o artificiales, a los cuales solo se somete a procesos de trituración para ser utilizados como inertes en el concreto, relleno de terrenos entre otros. Dentro de los criterios que hacen la construcción sustentable está el reciclaje y la gestión del agua, la minimización de la contaminación, entre otros (Reyes & Yezitd, 2014).

La fabricación masiva de neumáticos y la dificultad de deshacerse después de su uso es un gran problema en todo el mundo, la producción de estos requiere mucha energía, solo para fabricar una sola llanta de camión es necesario medio barril de petróleo crudo; si estos desechos no son manejados adecuadamente ocasionan contaminación ambiental es por eso que ya se ha estudiado y se ha realizado muros de contención con neumáticos usados y tierra. Con el mismo objetivo de dar una segunda vida útil a los desechos plásticos se ha creado un impulsor ecológico de agua con botellas de PET ariete hidráulico (Reyes & Yezitd, 2014).

De la misma manera se han hecho estudios para fabricar ladrillos con base en papel reciclado y engrudo de almidón de yuca, actualmente la empresa colombiana Green Work fabrica en masa bloques sismo-resistentes para la construcción a base de residuos de papel, los cuales son resistentes como un ladrillo de cemento (Reyes & Yezitd, 2014).

La facultad de Ingeniería civil de la Universidad Rafael Urdaneta de Venezuela en el 2012 fabricó bloques de concreto Tipo C con adición de fibra sintética de polipropileno para determinar su resistencia a la compresión, obtuvieron una mejor resistencia a la compresión los bloques de concreto Tipo C con adición de fibra sintética, las cuales son 8% más resistente a comparación de

los bloques de concreto Tipo C sin adición de fibra sintética. La dosificación empleada es un saco de cemento con dos carretillas (0.16 m³) de árido fino, aproximadamente 6 parihuelas de árido fino y por cada metro cúbico de hormigón se coloca 1 kg de fibra sintética virgen de polipropileno, con esto se obtienen 18 bloques (Espinoza & Méndez, 2012).

Por otro lado, la facultad de ingeniería civil de la Universidad de Carabobo en el 2015 evaluaron la resistencia a compresión de bloques huecos de concreto tipo B1 (bloques para paredes que no soportan cargas divisorias) agregando 375gr (0.08%), 750 gr (0.17%) y 1125 gr (0.125 %) de fibra de polipropileno virgen a la mezcla estándar y comparan con los bloques tradicionales fabricados con arena fina. La dosificación estándar empleada es 42.5 kg de cemento con 384 kg de arena y con 20 kg de agua, con esto se fabrican 48 bloques; en base a esta dosificación se agrega las cantidades antes mencionadas de polipropileno; los resultados obtenidos fueron que mientras más fibra de polipropileno le agregaron menos resistente a la compresión resultaba el bloque de hormigón, contrario a lo mencionado por Espinoza & Méndez (Sequera & Johangel, 2015).

2.7 Cuerpo de Ingenieros del Ejército y su contribución al desarrollo del país

El Ejército Ecuatoriano, bajo el Decreto No. 134 del 4 de octubre de 1968 con el objeto de promover el desarrollo socioeconómico del país, bajo la necesidad de realizar obras de infraestructura que permitan la ocupación y por las características de organización, disciplina y entrenamiento que tiene el Ejército se decreta crearse el Cuerpo de Ingenieros del Ejército (CEE), dependiente de dicha fuerza, como entidad de derecho público y con personalidad jurídica, quien tendrá a su cargo la dirección, planificación, ejecución y supervisión de los trabajos de ejecución de obras, en coordinación con los Ministerios responsables de la financiación y fiscalización de los mismos (Cuerpo de Ingenieros del Ejército, 2018).

La misión del CEE es la de planificar y ejecutar operaciones de ingeniería militar en apoyo a Fuerzas Armadas, al desarrollo nacional, seguridad integral y cooperación internacional; en forma permanente, para permitir cumplir la misión del Ejército, Fuerzas Armas y el Estado. Su visión al 2021 es ser una institución referente a nivel nacional en apoyo al desarrollo nacional a través de construcción de obras, así como el apoyo de ingeniería a las operaciones militares, misiones de paz, ayuda humanitaria y reconstrucción; con personal altamente capacitado y comprometido, tecnología de punta y flexibilidad para enfrentar nuevos escenarios (Cuerpo de Ingenieros del Ejército, 2018).

Dentro de su estructura organizacional el Departamento de Gestión de Ejecución del CEE tiene a su cargo las Unidades de Ingeniería de Construcción (UEC) las cuales son encargadas de ejecutar los diferentes proyectos tanto de obras verticales como horizontales. Las UEC están distribuidas en todo el territorio nacional y cada UEC tiene un sector de responsabilidad como se detalla a continuación:

- UEC Norte, comprende las provincias de: Carchi, Imbabura y Pichincha.
- UEC Centro, comprende las provincias de: Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Los Ríos y Chimborazo.
- UEC Sur, comprende las provincias de: Cañar, Azuay, El Oro, Loja y Zamora Chinchipe.
- UEC Occidente, comprende las provincias de: Esmeraldas, Manabí, Guayas, Santa Elena y Santo Domingo de los Tsáchilas.
- UEC Oriente, comprende las provincias de: Sucumbíos, Orellana, Napo y Pastaza.

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército dentro del área de construcción de obras realiza proyectos de obras horizontales y proyectos de obras verticales, dentro de esta última existen proyectos en las unidades militares del país, por citar algunos de ellos de este último año se tiene:

- La construcción del bloque administrativo del Comando Ciberdefensa del CC.FF.AA en la provincia de Pichincha con 835.70 m² en 2 plantas de construcción.
- La construcción de dormitorio para 124 hombres, bodega de material bélico en el G.C.M 12 “TNTE HUGO ORTIZ” y el comedor para el personal militar con una capacidad de 200 hombres en la provincia de Manabí.
- La construcción de 8 polvorines de 336 m² en la provincia de Loja.
- La construcción de la vivienda fiscal del F.M “ATAHUALPA” con 16 departamentos en 4 bloques de 2 plantas en la provincia de Pichincha.
- La construcción de la vivienda fiscal del F.M “SAN JORGE” con un bloque de 16 departamentos en 4 plantas en la provincia de Pichincha.
- La construcción de la vivienda fiscal en el G.F.E 26 “CENEPA” de un bloque de 16 departamentos en 4 plantas con un área de construcción de 1283.36 m² en la provincia de Los Ríos.
- La construcción de la vivienda fiscal del B.I.MOT “MARAÑON” con un bloque de 16 departamentos en 4 plantas con un área de construcción de 1529.16 m² en la provincia de Pichincha.
- La construcción de la vivienda fiscal del F.M “ITURRALDE” de 12 departamentos en 2 bloques de 2906.62 m² de construcción en la provincia de Loja.

- La construcción de la vivienda fiscal del F.M “CALDERON” con un bloque de 16 departamentos con 2906.62 m² de construcción en la provincia del Azuay.
- La construcción de la vivienda fiscal de la Base Aérea “COTOPAXI” de 4 bloques de 10 departamentos en la provincia de Cotopaxi.
- La construcción de la vivienda fiscal de la Escuela de Aviación “COSME RENELLA” con 4 viviendas unifamiliares, con un área de construcción de 349.66 m² en la provincia de Santa Elena.

Estas obras verticales son unos pocos proyectos de los tantos que se han venido desarrollando en las unidades militares por parte del CEE en todo el territorio Ecuatoriano; el comandante del CEE en una entrevista, supo manifestar que dentro de las obras verticales se han realizado más de 10000 edificaciones, obras que se han constituido en factores clave para la integración y desarrollo nacional. Al tomar en cuenta la magnitud de obras de construcción que realiza y seguirá realizando el CEE es imprescindible el desarrollo de esta investigación para de esta manera mitigar el impacto ambiental que generan los desechos plásticos, así como también reducir la explotación de agregados pétreos al reemplazarlos a estos por desechos plásticos de ABS y PP.

CAPITULO III

3. DISEÑO DE LOS BLOQUES ECOLÓGICOS

3.1 Introducción

En el presente capítulo se detalla la selección de cada uno de los materiales empleados en la investigación, su lugar de origen en el caso de los agregados pétreos y la ubicación de la empresa que realiza el reciclaje de los materiales plásticos. Igualmente, se explica los ensayos para la caracterización de los materiales con su respectiva norma INEN y se presenta los resultados. Se realiza la dosificación de los bloques tomando como referencia el método del módulo de finura, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos son la mezcla patrón para realizar las diferentes dosificaciones reemplazando la arena por el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y el polipropileno (PP) en diferentes proporciones. Finalmente, se describe el proceso para la elaboración de los bloques, fraguado, curado, mano de obra, equipo y herramientas, transporte y almacenado.

3.2 Selección de materiales

3.2.1 Agregado fino

El agregado fino escogido proviene de la Cantera de Holcim ubicada en Pifo, Av. Interoceánica sector Palugo. Los materiales pétreos de ese proveedor garantizan excelencia ya que cuenta con las certificaciones internacionales de calidad ISO 9001:2008 (Holcim Ecuador S.A. , 2015).



Figura 12. Planta Holcim Palugo Pifo

Fuente: (Google Maps , 2019)



Figura 13. Ubicación Planta Holcim Palugo Pifo

Fuente: (Google Maps , 2019)

3.2.2 Agregado grueso

El agregado grueso elegido es el cascajo proviene de la ciudad de Latacunga sector El Chasqui en la Provincia de Cotopaxi. Resulta ser una piedra de baja densidad (Rivera G. , 2000).



Figura 14. Agregado grueso (cascajo) de la provincia de Cotopaxi

Fuente: (Comodoro Rivadavia, 2004)

materiales plásticos de un solo uso como el polialuminio de envases de Tetrapak y el Polipropileno de envolturas de los snacks, chocolates y leches.



Figura 17. Entrada Empresa ECUAPLASTIC

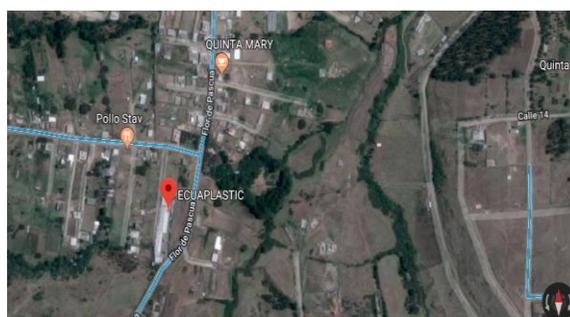


Figura 18. Ubicación Empresa ECUAPLASTIC

Fuente: (Google Maps , 2019)

3.3 Ensayos para la caracterización de los materiales

3.3.1 Análisis granulométrico en los áridos (NTE INEN 696-2011)

3.3.1.1 Descripción del ensayo

Este método de ensayo se utiliza principalmente para determinar la graduación de materiales con el propósito de utilizarlos como áridos para bloques de hormigón. Los resultados sirven para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica de las partículas y proporcionar la información necesaria para el control de la producción de diversos productos de

áridos y mezclas que contengan áridos. La información también puede ser útil en el desarrollo de relaciones para estimar la porosidad y el arreglo de las partículas (NTE INEN 696, 2011).

Las partículas componentes de una muestra en condiciones secas y de masa conocida son separadas por tamaño a través de una serie de tamices de abertura ordenadas en forma descendente. Las masas de las partículas mayores a las aberturas de la serie de tamices utilizados, expresado en porcentaje de la masa total, permite determinar la distribución del tamaño de partículas (NTE INEN 696, 2011).

3.3.1.2 Equipos

Uno de los equipos necesarios para realizar este ensayo es una balanza legible hasta 0.1 g y tener una precisión de 0.1 g o del 0.1% de la carga de ensayo (NTE INEN 696, 2011).



Figura 19. Balanza de precisión del laboratorio de la Universidad ESPE

Otro de los equipos para este ensayo son los tamices, la tela del tamiz debe ser montada sobre marcos cuya construcción evite pérdidas de material durante el tamizado (NTE INEN 696, 2011).



Figura 20. Tamices para granulometría de árido fino

Para facilitar el ensayo es necesario un agitador de tamices mecánico, es un dispositivo que crea un movimiento en los tamices que produce que las partículas reboten y caigan (NTE INEN 696, 2011).



Figura 21. Agitador de tamices mecánico

3.3.1.3 Procedimiento

El procedimiento para realizar este ensayo consta de varios pasos, el primer paso es secar la muestra hasta una masa constante a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, la masa de la muestra del

agregado fino debe ser como mínimo 300 gramos. Para el tamaño de la muestra del agregado grueso se debe considerar la Tabla 6 (NTE INEN 696, 2011).

Tabla 6

Tamaño de la muestra para ensayo de árido grueso

Tamaño nominal máximo, Aberturas cuadradas, en mm (pulgadas)	Tamaño de la muestra del ensayo Mínimo (kg)
9.5	1
12.5	2
19	5
25	10
37.5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Fuente: (NTE INEN 696, 2011)

Como segundo paso se debe seleccionar los tamices necesarios y adecuados, ordenar de forma decreciente según el tamaño de abertura de arriba a abajo y colocar la muestra en el tamiz superior. El tercer paso es agitar los tamices manualmente aproximadamente 150 veces por minuto o con el agitador mecánico durante un minuto. La cantidad que se retiene sobre cualquier tamiz al finalizar la operación de tamizado no debe exceder del 1% en masa del material retenido en cualquier tamiz individual (NTE INEN 696, 2011).

Para evitar la sobrecarga de material sobre un tamiz individual, se divide la muestra en dos o más porciones. Cuarto paso, determinar las masas de cada incremento de tamaño en una balanza y se comprueba que la masa total del material después del tamizado debe ser similar a la masa

original de la muestra colocada sobre los tamices que no debe diferir en más del 0.3% respecto a la masa de la muestra seca original (NTE INEN 696, 2011).

3.3.1.4 Resultados del agregado fino

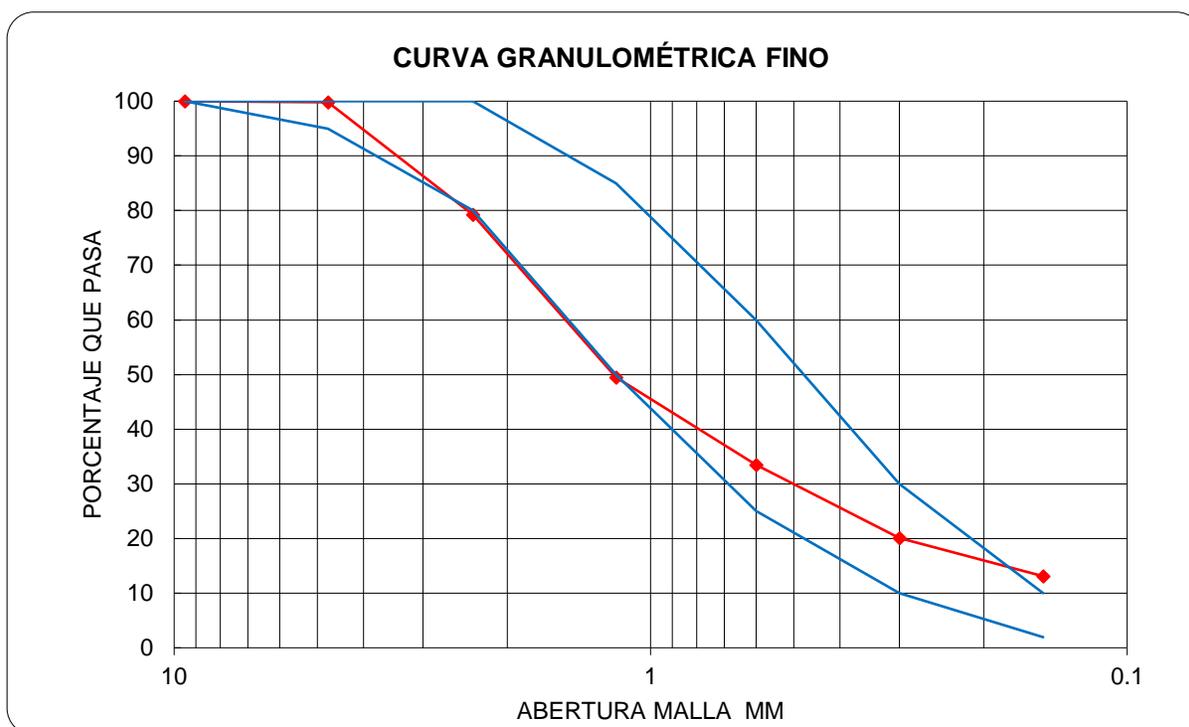
En la Tabla 7 se presenta los resultados de la granulometría del agregado fino proveniente de la cantera de Holcim en Palugo.

El módulo de finura es un factor que permite estimar que tan fino o grueso es un material. Está definido como la centésima parte del número que se obtiene al sumar los porcentajes retenidos acumulados, se puede calcular a cualquier material, sin embargo, se recomienda determinar el módulo de finura al agregado fino y según su valor, este agregado se puede clasificar tal como se presenta en la Tabla 8 (Rivera G. , 2017).

Tabla 7

Resultados del ensayo de granulometría del agregado fino (arena)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO				
NORMA NTE INEN 696-2011, ASTM C136				
Fecha:	18 de marzo del 2019			
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas -ESPE			
Fuente Agregados:	Cantera de Palugo (Holcim)			
TAMICES	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA TOTAL
3/8" (9.5mm)	0.00	0.00	0	100
No. 4 (4,76 mm)	1.00	1.00	0	100
No. 8 (2,36 mm)	98.50	99.50	20	80
No. 16(1,18 mm)	90.40	189.90	38	62
No. 30(0,6 mm)	104.40	294.30	59	41
No. 50(0,30mm)	69.10	363.40	73	27
No. 100(0,15 mm)	45.60	409.00	82	18
PasNo 100	90.30	499.30	100	0
PESO INICIAL DE LA MUESTRA: (g)			500.00	
MÓDULO DE FINURA			2.72	



Giraldo Bolívar en 1987 define al módulo de finura de la arena como la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en las mallas No. 4, 8, 16, 30, 50 y 100 (Bolívar, 1987) . El comité de la A.C.I. recomienda que el módulo de finura de la arena no sea menor a 2,3 ni mayor a 3,1 (ACI Committee 211 (211. 3R-02), 2009).

Tabla 8

Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura

MODULO DE FINURA	AGREGADO FINO
Menor que 2,00	Muy fino o extra fino
2,00-2,30	Fino
2,30-2,60	Ligeramente fino
2,60-2,90	Mediano
2,90-3,20	Ligeramente grueso
3,20-3,50	Grueso
Mayor que 3,50	Muy grueso o extra grueso

Fuente: (Rivera G. , 2017)

En la Figura 22 se muestran las cantidades de material retenido en cada tamiz de la granulometría del agregado fino de la cantera de Holcim. El módulo de finura (MF) promedio de todas las granulometrías realizadas es de 2.72 considerado un agregado medianamente fino.



Figura 22. Granulometría del agregado fino de la cantera de Holcim-Palugo



Figura 23. Estudiante realiza granulometría del agregado fino

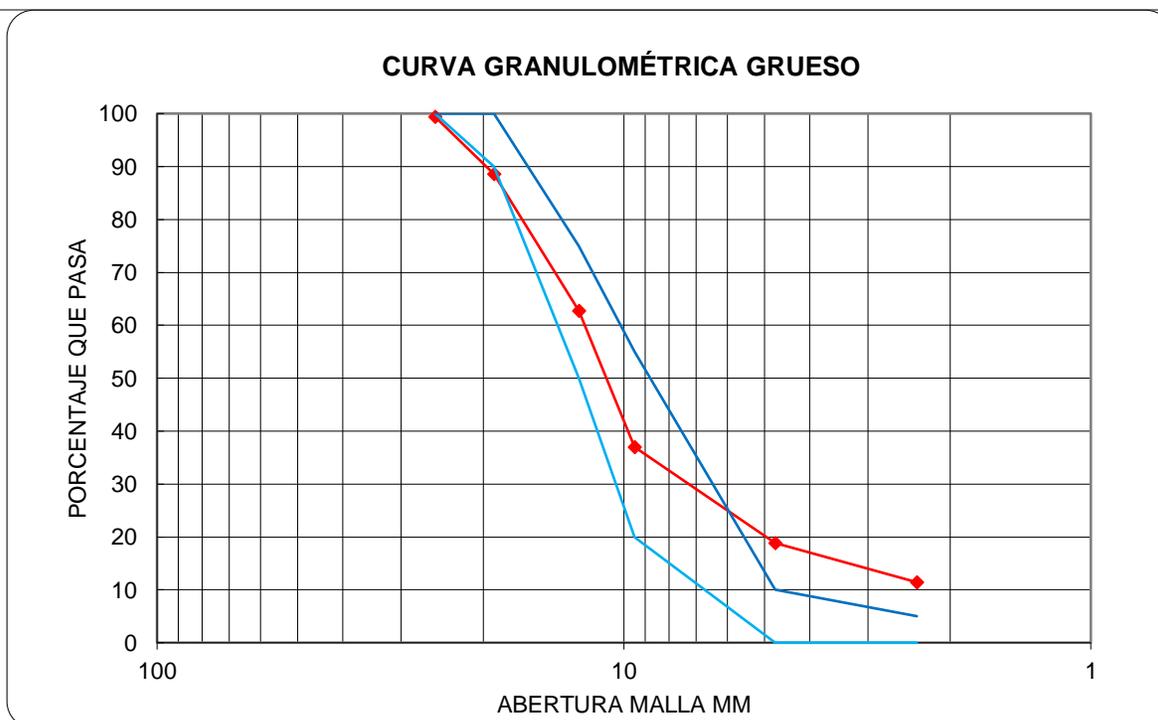
3.3.1.5 Resultados del agregado grueso liviano (cascajo)

Se presenta en la Tabla 9 los resultados del análisis granulométrico del agregado grueso liviano (cascajo).

Tabla 9

Resultados del ensayo de granulometría del agregado grueso (cascajo)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS				
NORMA NTE INEN 696, ASTM C136				
Fecha:	20 de marzo 2019			
Síto:	Cascajo Grueso			
Fuente Agregados:	El Chasqui			
TAMICES	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA
3" (76,1 mm)	0.00	0.00	0	100
2" (51,8mm)	0.00	0.00	0	100
1 1/2 " (38,1 mm)	0.00	0.00	0	100
1" (25,4mm)	25.6	25.60	1	99
3/4 " (19,0 mm)	541.4	567.00	11	89
1/2" (12,5mm)	1296.7	1863.70	37	63
3/8 " (9,51 mm)	1288.9	3152.60	63	37
No. 4 (4,76 mm)	905.8	4058.40	81	19
No. 8 (2.36 mm)	371.1	4429.50	89	11
Pas No. 8	571.5	5001.00		
PESO INICIAL DE LA MUESTRA: (g)			5003	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			¾	



El tamaño máximo nominal de las partículas es el mayor tamaño del tamiz, listado en la norma aplicable, sobre el cual se permite la retención de cualquier material (Rivera G. , 2017).



Figura 24. Estudiante realiza la granulometría del agregado grueso liviano



Figura 25. Agregado grueso liviano después de la granulometría

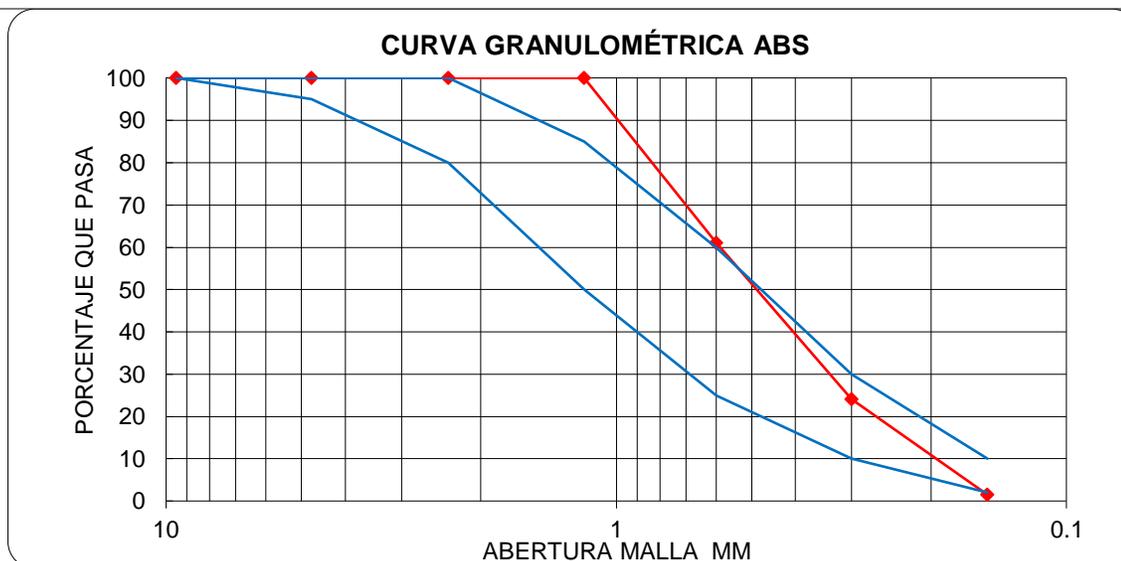
3.3.1.6 Resultados del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

Se presenta los resultados de la granulometría del residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), es evidente que por su composición predomina la retención de la muestra en dos tamices como se puede evidenciar en la Tabla 10 con su gráfico.

Tabla 10

Resultados del ensayo de granulometría del residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS				
NORMA NTE INEN 696, ASTM C136				
Fecha:	20/03/2019			
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas			
Fuente Agregados:	Empresa REICLART			
TAMICES	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA TOTAL
3/8" (9,5mm)	0.00	0.00	0	100
No. 4 (4,76 mm)	0.00	0.00	0	100
No. 8 (2,36 mm)	22.90	22.90	5	95
No. 16(1,18 mm)	191.30	214.20	43	57
No. 30(0,6 mm)	193.50	407.70	82	18
No. 50(0,30mm)	90.20	497.90	100	0
No. 100(0,15 mm)	2.10	500.00	100	0
PasNo 100	0.00	500.00	100	0
PESO INICIAL DE LA MUESTRA: (g)			500	
MODULO DE FINURA			3.29	



3.3.1.7 Resultados del polipropileno (PP)

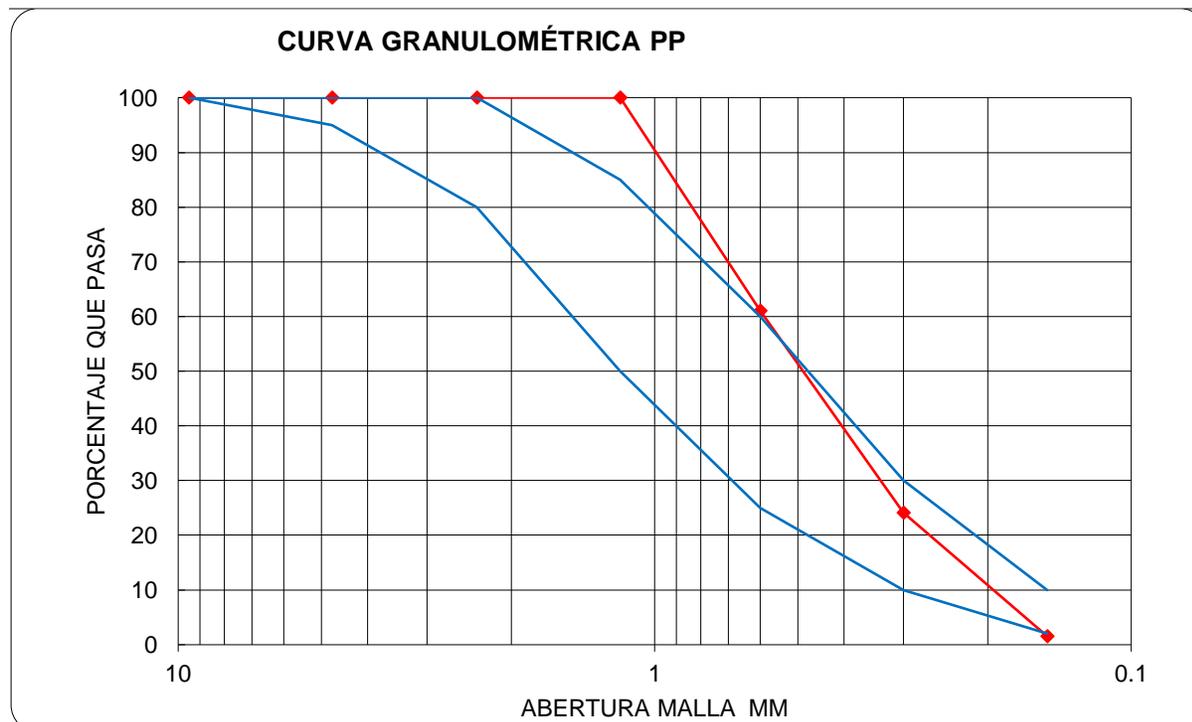
Se presenta los resultados de la granulometría del polipropileno, es evidente que por su composición predomina la retención de la muestra en 2 tamices como se puede evidenciar en la

Tabla 11 con su gráfico, cabe recalcar que el análisis granulométrico de este material resulta complejo ya que las partículas no son redondeadas.

Tabla 11

Resultados del ensayo de granulometría del residuo plástico polipropileno

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS				
NORMA NTE INEN 696, ASTM C136				
Fecha:	20/03/2019			
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas			
Fuente Agregados:	Empresa EQUAPLASTIC			
TAMICES	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA TOTAL
3/8" (9.5mm)	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 4 (4,76 mm)	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 8 (2,36 mm)	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 16(1,18 mm)	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 30(0,6 mm)	124.70	124.70	38.97	61.03
No. 50(0,30mm)	118.20	242.90	75.91	24.09
No. 100(0,15 mm)	72.10	315.00	98.44	1.56
PasNo 100	5.00	320.00	100.00	0.00
PESO INICIAL DE LA MUESTRA: (g)			320	
MODULO DE FINURA			2.13	



3.3.2 Determinación del contenido total de humedad (NTE INEN 862-2011)

3.3.2.1 Descripción del ensayo

Esta norma establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de humedad evaporable por secado en una muestra de áridos, tanto el correspondiente a la humedad superficial, como la humedad contenida en los poros del árido. Una muestra de masa normalizada en estado natural es secada en horno hasta eliminar la humedad tanto superficial como aquella ubicada entre los poros del árido. La cantidad de agua evaporada expresada en porcentaje respecto de la masa seca es la humedad de árido (NTE INEN 862, 2011).

3.3.2.2 Equipos

El equipo necesario para realizar este ensayo es una balanza precisa, legible y con una sensibilidad de 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso. Una fuente de calor es fundamental para este ensayo puede ser un horno ventilado capaz de mantener la temperatura alrededor de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ (NTE INEN 862, 2011).

3.3.2.3 Procedimiento

El procedimiento de este ensayo tiene como primer punto registrar la masa de la muestra con su humedad natural, como segundo punto secar la muestra completamente en el recipiente por medio de la fuente de calor seleccionada. Se registra el valor de la muestra completamente seca cuando un mayor tiempo de calor ocasiona una pérdida adicional de la masa menor al 0.1% (NTE INEN 862, 2011).



Figura 26. Taras con muestra de agregado fino para realizar el ensayo de humedad

3.3.2.4 Resultados del agregado fino

Los resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino se presentan a continuación en la Tabla 12.

Tabla 12

Resultados del contenido total de humedad del agregado fino

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD			
NORMA NTE INEN 862-2011, ASTM C 566			
Fecha:	18 de marzo del 2019		
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE		
Fuente Agregados:	Cantera de Palugo (Holcim)		
	MUESTRA	AGREGADO FINO	
	RECIPIENTE	38A	11A 13
	PESO DEL RECIPIENTE (g)	93.50	97.50 100.30
	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (g)	160.60	258.20 194.50
	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA (g)	158.8	253.50 192.30
	PESO DEL AGUA (g)	1.80	4.70 2.20
	PESO SECO (g)	65.30	156.00 92.00
	% AGUA	2.76	3.01 2.39
	% AGUA MEDIA	2.72	

3.3.2.5 Resultados del agregado grueso liviano (cascajo)

En la Tabla 13 se muestra los resultados de la humedad del agregado grueso liviano.

Tabla 13

Resultados del contenido total de humedad del agregado grueso liviano (cascajo)

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD			
NORMA NTE INEN 862-2011, ASTM C 566			
Fecha:	28 de mayo del 2019		
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE		
Fuente Agregados:	Cantera Sector el Chasqui		
	MUESTRA	AGREGADO GRUESO	
RECIPIENTE	17A	13	25 ^a
PESO DEL RECIPIENTE (g)	119.53	122.98	118.27
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (g)	188.00	207.07	190.72
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA (g)	180.71	196.91	184.06
PESO DEL AGUA (g)	7.29	10.16	6.66
PESO SECO (g)	61.18	73.93	65.79
% AGUA	11.92	13.74	10.12
% AGUA MEDIA	11.93		

3.3.2.6 Resultados del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y polipropileno (PP)

En la Tabla 14 se presenta los resultados del contenido de humedad de los dos residuos plásticos empleados en esta investigación, el acrilonitrilo butadieno estireno y polipropileno, como se puede evidenciar con los resultados del ensayo los plásticos no poseen agua en su composición ni la retienen.

Tabla 14

Resultados del contenido total de humedad del ABS y PP

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD		
NORMA NTE INEN 862-2011, ASTM C 566		
Fecha:	18 de marzo del 2019	
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE	
Fuente Agregados:	RECICLART	ECUAPLASTIC

CONTINÚA

MUESTRA	ABS			PP		
	H8	A33	112	5B	8	4
RECIPIENTE	H8	A33	112	5B	8	4
PESO DEL RECIPIENTE (g)	10.70	11.00	13.50	10.97	11.24	11.65
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDA (g)	27.00	29.40	40.40	28.68	30.15	35.60
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA (g)	26.9	29.40	40.30	28.55	30.10	35.55
PESO DEL AGUA (g)	0.10	0.00	0.10	0.13	0.05	0.05
PESO SECO (g)	16.20	18.40	26.80	17.58	18.86	23.90
% AGUA	0.62	0.00	0.37	0.74	0.27	0.21
% AGUA MEDIA		0.33			0.40	

3.3.3 Determinación de la densidad, densidad relativa y la gravedad específica basados en la norma (NTE INEN 856-2010)

3.3.3.1 Descripción del ensayo

Este método de ensayo se aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido fino (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido. Se sumerge en agua por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, una muestra de árido previamente secada hasta conseguir una masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retira la muestra del agua, se seca el agua superficial de las partículas y se determina su masa. Luego, se coloca parte de la muestra en un recipiente graduado y se determina el volumen de la muestra por el método gravimétrico o volumétrico; finalmente la muestra se seca al horno y se determina nuevamente su masa. Utilizando los valores de masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción (NTE INEN 856, 2010).

3.3.3.2 Conceptos

Existen definiciones que son importantes diferenciarlas para este ensayo, se denomina absorción al incremento de masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las

partículas durante un determinado período de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca. La densidad es la masa por unidad de volumen de un material, expresada en kilogramos por metro cúbico (NTE INEN 856, 2010).

La densidad (SH) es la masa de las partículas del árido, seco al horno, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de los poros permeables e impermeables, sin incluir los vacíos entre partículas. La densidad (SSS) es la masa de las partículas de árido, saturado superficialmente seco, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, sin incluir los vacíos entre partículas (NTE INEN 856, 2010).

Por otro lado, la densidad aparente es la masa por unidad de volumen, de la porción impermeable de las partículas del árido. La densidad relativa (gravedad específica) es la relación entre la densidad de un material y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada, los valores obtenidos son adimensionales. De igual manera la densidad relativa (gravedad específica) (SH) es la relación entre la densidad (SH) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada. Finalmente, la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) es la relación entre la densidad aparente del árido y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada. Determinar la densidad relativa es fundamental ya que es una característica necesaria para realizar el cálculo del volumen ocupado por el árido en las mezclas que contienen áridos (NTE INEN 856, 2010).

3.3.3.3 Equipos

El equipo necesario para realizar este ensayo es una balanza con una capacidad de 1 kg o más, con una sensibilidad de 0.1 g o menos y una precisión de 0.1% de la carga de ensayo, la

diferencia entre lecturas debe tener una precisión dentro de 0.1 g, en cualquier rango de 100 g de carga (NTE INEN 856, 2010).

Si se realiza por el procedimiento gravimétrico es necesario un picnómetro, es un contenedor apropiado en el cual la muestra de ensayo de árido fino, pueda ser introducida fácilmente y en el cual el volumen contenido pueda ser legible dentro de $\pm 0.1 \text{ cm}^3$ (NTE INEN 856, 2010).



Figura 27. Equipo y materiales para el ensayo de densidad

El horno debe ser de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ (NTE INEN 856, 2010).



Figura 28. Horno del laboratorio de suelos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

3.3.3.4 Procedimiento

Para empezar este ensayo es necesario secar la muestra en el horno hasta conseguir una masa constante, en seguida dejar que la muestra se enfríe hasta que su temperatura sea confortable a la manipulación y luego cubrirla con agua hasta alcanzar al menos 6% de humedad en el árido fino y dejar que repose por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$. Decantar el exceso de agua, evitando la pérdida de finos, extender la muestra sobre una superficie plana no absorbente expuesta a una corriente de aire caliente y moverla frecuentemente para asegurar un secado homogéneo hasta alcanzar la condición saturada superficialmente seca (NTE INEN 856, 2010).



Figura 29. Estudiante prepara la muestra para el ensayo de densidad

Para el ensayo por el método gravimétrico se inicia con el registro de la masa del picnómetro vacío, llenar parcialmente el picnómetro con agua y registrar ese valor. Introducir en el picnómetro $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ de árido fino saturado superficialmente seco y llenar con agua adicional hasta aproximadamente el 90% de su capacidad (NTE INEN 856, 2010).



Figura 30. Estudiante llena el picnómetro con agua destilada



Figura 31. Estudiante coloca la muestra superficialmente seca dentro del picnómetro

Agitar el picnómetro manual o mecánicamente de una forma que no degrade la muestra. Luego de eliminar todas las burbujas de aire, ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Determinar la masa total del picnómetro, muestra y agua (NTE INEN 856, 2010).



Figura 32. Estudiante agita el picnómetro mecánicamente



Figura 33. Registrar la temperatura de la muestra más agua



Figura 34. Masa del picnómetro con muestra más agua

3.3.3.5 Resultados del agregado fino

En la Tabla 15 se presenta el resumen de los resultados del ensayo de densidad, densidad relativa y absorción del agregado fino proveniente de la cantera de Holcim.

Tabla 15

Resumen de los resultados de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO						
NORMA NTE INEN 856-2010, ASTM C 128						
Fecha:	19 de marzo del 2019					
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas					
Fuente Agregados:	Cantera de Palugo (Holcim)					
A	MASA DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	(g)	478.94	480.55	477.52	479.35
B	MASA DEL PICNÓMETRO LLENO CON AGUA, HASTA LA MARCA DE CALIBRACIÓN	(g)	644.56	645.34	644.56	644.89
C	MASA DEL PICNÓMETRO LLENO CON MUESTRA Y AGUA HASTA LA MARCA DE CALIBRACIÓN	(g)	948.39	949.41	948.07	946.04
S	MASA DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	(g)	500	500	500	500
Y	PESO ESPECÍFICO DEL AGUA A LA TEMPERATURA QUE SE REALIZÓ EL ENSAYO	(g/cm ³)	0.99831	0.99825	0.998062	0.998188
A/(B+S-C)	DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) (SH)		2.44	2.45	2.43	2.41 2.43
S/(B+S-C)	DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) (SSS)		2.55	2.55	2.54	2.51 2.54

CONTINÚA

A/(B+A-C)	DENSIDAD RELATIVA APARENTE (GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE)		2.74	2.72	2.74	2.69	2.72
Y*A/(B+S-C)	DENSIDAD (SH)	(g/cm ³)	2.44	2.45	2.43	2.41	2.43
Y*S/(B+S-C)	DENSIDAD (SSS)	(g/cm ³)	2.54	2.55	2.54	2.51	2.54
Y*A/(B+A-C)	DENSIDAD APARENTE (SSS)	(g/cm ³)	2.73	2.72	2.74	2.69	2.72
(S-A)/A	ABSORCIÓN DE AGUA	(%)	4.4	4.0	4.7	4.3	4.4
OBSERVACIONES	Temperatura de ensayo = 19.6°C, 19.9°C, 20.8°C y 20.2°C respectivamente						

3.3.3.6 Resultados del agregado grueso liviano (cascajo)

Para determinar la densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso liviano se emplea la Norma INEN 856 ya que la Norma INEN 857 para la determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso no es aplicable para áridos livianos, en la Tabla 16 se presenta el resumen de los resultados de la densidad, densidad relativa y absorción del agregado grueso liviano.

Tabla 16

Resumen de los resultados de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso liviano (cascajo)

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO						
NORMA NTE INEN 856-2010, ASTM C 128						
Fecha:	19 de junio del 2019					
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas					
Fuente Agregados:	El Chasqui					
A	MASA DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	(g)	405.14	407.14	401.14	
B	MASA DEL PICNÓMETRO LLENO CON AGUA, HASTA LA MARCA DE CALIBRACIÓN	(g)	698.58	720.58	700.58	
C	MASA DEL PICNÓMETRO LLENO CON MUESTRA Y AGUA HASTA LA MARCA DE CALIBRACIÓN	(g)	882.46	895.46	884.46	

CONTINUÍA

S	MASA DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	(g)	500	500	500	
Y	PESO ESPECÍFICO DEL AGUA A LA TEMPERATURA QUE SE REALIZÓ EL ENSAYO	(g/cm ³)	0.99788	0.99802	0.997800	
A/(B+S-C)	DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) (SH)		1.28	1.25	1.27	1.27
S/(B+S-C)	DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) (SSS)		1.58	1.54	1.58	1.57
A/(B+A-C)	DENSIDAD RELATIVA APARENTE (GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE)		1.83	1.75	1.85	1.81
Y*A/(B+S-C)	DENSIDAD (SH)	(g/cm ³)	1.28	1.25	1.27	1.26
Y*S/(B+S-C)	DENSIDAD (SSS)	(g/cm ³)	1.58	1.53	1.58	1.56
Y*A/(B+A-C)	DENSIDAD APARENTE (SSS)	(g/cm ³)	1.83	1.75	1.84	1.81
(S-A) /A	ABSORCIÓN DE AGUA	(%)	23.4	22.8	24.6	23.6
OBSERVACIONES	Temperatura de ensayo = 21,8°C - 21°C - 22°C respectivamente					

3.3.3.7 Resultados del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

La norma empleada para la determinación del peso específico (densidad relativa) y de la densidad por el método de desplazamiento es la Norma Técnica Colombiana NTC 907, equivalente a la norma ASTM D 792-91. Se realiza el método de Ensayo A para ensayar plásticos sólidos en agua (NTC 907, 2001).

El procedimiento consiste como primer paso en registrar el peso del vaso metálico más el vidrio, como segundo paso en registrar el peso del vaso metálico totalmente lleno de agua y con el vidrio se desplaza suavemente a ras del vaso hasta retirar todas las burbujas de agua que se encuentren dentro del vaso metálico, como tercer paso se coloca la muestra del residuo plástico dentro del vaso metálico y se registra su peso con el vidrio. Finalmente, se coloca agua al vaso que contiene la muestra del residuo plástico hasta llegar al nivel del vidrio sin burbujas internas, se registra el peso y la temperatura del agua (NTC 907, 2001).



Figura 35. Registro del peso del vaso metálico más vidrio

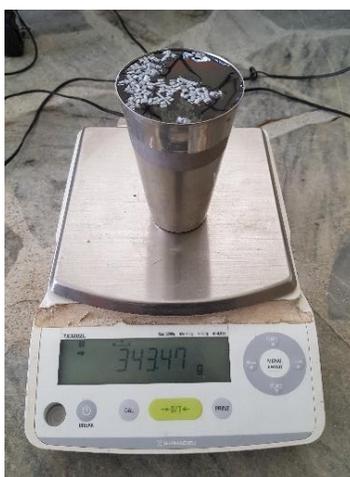


Figura 36. Registro de la muestra de ABS con el recipiente

Tabla 17

Resultados del peso específico y la densidad del ABS

PLÁSTICOS. DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD RELATIVA) Y DE LA DENSIDAD NORMA NTC 8907-1996					
Fecha:	04 de abril del 2019				
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE				
Fuente Agregados:	RECICLART S.A				
					PROMEDIO
A	MASA DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	(g)	36.85	44.21	68.24
B	MASA DEL VASO LLENO CON AGUA, HASTA LA MARCA	(g)	443.27	443.28	443.23

CONTINÚA

C	MASA DEL VASO LLENO CON MUESTRA Y AGUA HASTA LA MARCA	(g)	444.52	443.03	442.27	
S	MASA DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	(g)	36.85	44.21	68.24	
Y	PESO ESPECÍFICO DEL AGUA A LA TEMPERATURA QUE SE REALIZÓ EL ENSAYO	(g/cm ³)	0.99835	0.99835	0.99835	
A/(B+S-C)	DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) (SH)		1.04	0.99	0.99	1.01
S/(B+S-C)	DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) (SSS)		1.04	0.99	0.99	1.01
A/(B+A-C)	DENSIDAD RELATIVA APARENTE (GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE)		1.04	0.99	0.99	1.01
Y*A/(B+S-C)	DENSIDAD (SH)	(g/cm ³)	1.03	0.99	0.98	1.00
Y*S/(B+S-C)	DENSIDAD (SSS)	(g/cm ³)	1.03	0.99	0.98	1.00
Y*A/(B+A-C)	DENSIDAD APARENTE (SSS)	(g/cm ³)	1.03	0.99	0.98	1.00
(S-A)/A	ABSORCIÓN DE AGUA	(%)	0.0	0.0	0.0	0.0
OBSERVACIONES	Temperatura de ensayo = 19.4°C					

3.3.3.8 Resultados del polipropileno (PP)

Se realiza el mismo procedimiento de la norma NTC 907 descrito en el punto 3.3.3.7. Los resultados del residuo plástico polipropileno (PP) se encuentra en la Tabla 17,



Figura 37. Registro del peso de la muestra del PP en el vaso metálico incluida el agua



Figura 38. Estudiante desplaza el vidrio para retirar las burbujas de aire del recipiente

Tabla 18

Resultados del peso específico y la densidad del PP

PLÁSTICOS. DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD RELATIVA) Y DE LA DENSIDAD						
NORMA NTC 8907-1996						
Fecha:	04 de abril del 2019					
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE					
Fuente Agregados:	ECUAPLASTIC					
						PROMEDIO
A	MASA DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	(g)	10.58	7.41	6.73	
B	MASA DEL VASO LLENO CON AGUA, HASTA LA MARCA	(g)	443.24	443.26	443.22	
C	MASA DEL VASO LLENO CON MUESTRA Y AGUA HASTA LA MARCA	(g)	430.14	432.30	436.66	
S	MASA DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	(g)	10.58	7.41	6.73	
Y	PESO ESPECÍFICO DEL AGUA A LA TEMPERATURA QUE SE REALIZÓ EL ENSAYO	(g/cm ³)	0.99835	0.99835	0.99835	
A/(B+S-C)	DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) (SH)		0.45	0.40	0.51	0.45
S/(B+S-C)	DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) (SSS)		0.45	0.40	0.51	0.45
A/(B+A-C)	DENSIDAD RELATIVA APARENTE (GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE)		0.45	0.40	0.51	0.45
Y*A/(B+S-C)	DENSIDAD (SH)	(g/cm ³)	0.45	0.40	0.51	0.45
Y*S/(B+S-C)	DENSIDAD (SSS)	(g/cm ³)	0.45	0.40	0.51	0.45
Y*A/(B+A-C)	DENSIDAD APARENTE (SSS)	(g/cm ³)	0.45	0.40	0.51	0.45
(S-A) /A	ABSORCIÓN DE AGUA	(%)	0.0	0.0	0.0	0.0
OBSERVACIONES	Temperatura de ensayo = 19.4°C					

3.3.4 Determinación de la masa unitaria, peso volumétrico y porcentaje de vacíos basados en la norma NTE INEN 858-2010

3.3.4.1 Descripción del ensayo

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la masa unitaria (peso volumétrico) del árido, en condición compactada o suelta y calcular los vacíos entre las partículas en los áridos fino, grueso o mezcla de ellos. En resumen, para este ensayo se coloca el árido en un molde con una capacidad adecuada, se lo compacta, se calcula la masa unitaria y el contenido de vacíos (NTE INEN 858, 2010).

3.3.4.2 Conceptos

Se define a la masa unitaria o peso volumétrico como la masa de una unidad de volumen correspondiente a la del árido total, en el cual se incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de los vacíos entre partículas. Por su parte se conoce que los vacíos en volumen unitario de árido es el espacio entre las partículas de una masa de árido no ocupado por la materia mineral sólida (NTE INEN 858, 2010).

3.3.4.3 Equipos

Los equipos necesarios para realizar este ensayo son una balanza que tenga una precisión de 0.1% de la carga de ensayo. La varilla de compactación debe ser recta, lisa, de acero, de 16 mm de diámetro y de aproximadamente 600 mm de longitud. Un molde cilíndrico de metal, impermeable con la parte superior y el fondo, rectos y uniformes; el molde debe tener una altura aproximadamente igual a su diámetro, pero en ningún caso la altura debe ser menor al 80% ni superior al 150% del diámetro. Y una pala para llenar el molde con el árido (NTE INEN 858, 2010).



Figura 39. Equipo necesario para ensayo de masa unitaria

3.3.4.4 Procedimiento

El tamaño de la muestra debe ser de aproximadamente 125% a 200% respecto de la cantidad necesaria para llenar el molde y debe ser manejada de tal manera que se evite la segregación. La muestra debe estar seca hasta tener una masa constante en un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Primero se debe registrar el peso y el volumen del molde vacío, para luego llenar completamente el molde con el material y registrar su peso (NTE INEN 858, 2010).

En el procedimiento por varillado se llena la tercera parte del molde, se compacta la capa de áridos con 25 golpes de la varilla de compactación distribuidos uniformemente sobre la superficie sin permitir que la varilla golpee fuertemente el fondo del molde y se nivela la superficie con los dedos. Llenar los dos tercios del molde y repetir los pasos antes mencionados evitando que la varilla penetre la capa anterior. Llenar el molde a rebosar y compactar nuevamente de la misma forma. Nivelar la superficie del árido con una regleta de tal manera que equilibren los vacíos en la superficie. Finalmente determinar y registrar la masa de la muestra compactada con el molde (NTE INEN 858, 2010).

3.3.4.5 Resultados del agregado fino

En la Tabla 19 se presenta el resumen de los resultados del ensayo de la masa unitaria del agregado fino proveniente de la cantera de Holcim Pifo sector Palugo.

Tabla 19

Resumen de resultados de la masa unitaria y porcentaje de vacíos del agregado fino

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS			
NORMA NTE INEN 858-2010, ASTM C 29			
Fecha:	20 de marzo del 2019		
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE		
Fuente Agregados:	Cantera de Palugo (Holcim)		
DENSIDAD VOLUMÉTRICA SUELTA DE AGREGADO FINO			
Ensayo	# 1	# 2	# 3
Peso del molde (g)	2627.10	2626.90	2627.00
Peso molde + suelo (g)	6876.40	6946.50	6918.10
Peso suelo (g)	4249.30	4319.60	4291.10
Volumen (cm ³)	2818.35	2823.94	2800.43
Densidad suelta (g/cm ³)	1.51	1.53	1.53
Densidad suelta media (g/cm ³)		1.523	
DENSIDAD VOLUMÉTRICA VARILLADA DE AGREGADO FINO			
Ensayo	# 1	# 2	# 3
Peso del molde (g)	2627.00	2626.90	2626.90
Peso molde + suelo (g)	7367.90	7364.50	7399.50
Peso suelo (g)	4740.90	4737.60	4772.60
Volumen (cm ³)	2818.35	2823.94	2800.43
Densidad Varillada (g/cm ³)	1.68	1.68	1.70
Densidad Varillada media (g/cm ³)		1.688	
% VACÍOS			
Densidad volumétrica agregado fino		1688.02	kg/m ³
Gravedad específica agregado fino		2.434	
Densidad del agua		998	kg/m ³
%VACÍOS =		31	%



Figura 40. Estudiante introduce la muestra de agregado fino



Figura 41. Estudiante retira el exceso de muestra del molde

3.3.4.6 Resultados del agregado grueso liviano (cascajo)

En la Tabla 20 se presentan los resultados del ensayo de la masa unitaria del agregado grueso liviano proveniente de la cantera de El Chasqui.

Tabla 20

Resumen de resultados de la masa unitaria y porcentaje de vacíos del agregado grueso liviano

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACIOS	
NORMA NTE INEN 858-2010, ASTM C 29	
Fecha:	28 de mayo del 2019
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE

CONTINÚA

Fuente Agregados:	Cantera El Chasqui		
DENSIDAD VOLUMÉTRICA SUELTA DEL CASCAJO SECO			
Ensayo	# 1	# 2	# 3
Peso del molde (g)	2626.80	2626.80	2626.70
Peso molde + suelo (g)	4690.10	4665.70	4818.10
Peso suelo (g)	2063.30	2038.90	2191.40
Volumen (cm³)	2818.35	2818.35	2818.35
Densidad suelta (g/cm³)	0.73	0.72	0.78
Densidad suelta media (g/cm³)		0.744	
DENSIDAD VOLUMÉTRICA VARILLADA DEL CASCAJO SECO			
Ensayo	# 1	# 2	# 3
Peso del molde (g)	2626.70	2626.80	2626.70
Peso molde + suelo (g)	4808.50	4951.00	4951.10
Peso suelo (g)	2181.80	2324.20	2324.40
Volumen (cm³)	2818.35	2818.35	2818.35
Densidad Varillada (g/cm³)	0.77	0.82	0.82
Densidad Varillada media (g/cm³)		0.808	
% VACÍOS			
Densidad volumétrica agregado fino		807.85	kg/m ³
Gravedad específica agregado fino		1.27	
Densidad del agua		998	kg/m ³
%VACÍOS =		36	%

3.3.4.7 Resultados del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

Se presenta en la Tabla 21 los resultados del ensayo de la masa unitaria y el porcentaje de vacíos del residuo plástico ABS.

Tabla 21

Resumen de resultados de la masa unitaria y porcentaje de vacíos del ABS

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACIOS	
NORMA NTE INEN 858-2010, ASTM C 29	
Fecha:	03 de abril del 2019
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE
Fuente Agregados:	RECICLART S. A
DENSIDAD VOLUMÉTRICA SUELTA DE ABS	

CONTINUÍA

Ensayo	# 1	# 2	# 3
Peso del molde (g)	2627.00	2627.00	2627.00
Peso molde + suelo (g)	4405.40	4414.80	4402.90
Peso suelo (g)	1778.40	1787.80	1775.90
Volumen (cm ³)	2818.35	2793.63	2803.50
Densidad suelta (g/cm ³)	0.63	0.64	0.63
Densidad suelta media (g/cm ³)		0.635	
DENSIDAD VOLUMÉTRICA VARILLADA DE ABS			
Ensayo	# 1	# 2	# 3
Peso del molde (g)	2627.00	2627.00	2627.00
Peso molde + suelo (g)	4556.10	4559.10	4555.30
Peso suelo (g)	1929.10	1932.10	1928.30
Volumen (cm ³)	2818.35	2793.63	2803.50
Densidad Varillada (g/cm ³)	0.68	0.69	0.69
Densidad Varillada media (g/cm ³)		0.688	
% VACÍOS			
Densidad volumétrica agregado fino		687.97	kg/m ³
Gravedad específica agregado fino		1.01	
Densidad del agua		998	kg/m ³
%VACÍOS =		31	%



Figura 42. Estudiante introduce la muestra del residuo plástico al molde



Figura 43. Estudiante varilla la muestra del plástico ABS

3.3.4.8 Resultados del polipropileno (PP)

En la Tabla 22 se detallan los valores obtenidos en el ensayo de la masa unitaria y el porcentaje de vacíos del residuo plástico PP.

Tabla 22

Resumen de resultados de la masa unitaria y porcentaje de vacíos del PP

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACIOS				
NORMA NTE INEN 858-2010, ASTM C 29				
Fecha:	03 de abril del 2019			
Sitio:	Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE			
Fuente Agregados:	ECUAPLASTIC			
DENSIDAD VOLUMÉTRICA SUELTA DEL PP				
Ensayo	# 1	# 2	# 3	
Peso del molde (g)	2627.00	2627.00	2627.00	
Peso molde + suelo (g)	2957.40	2962.60	2949.90	
Peso suelo (g)	330.40	335.60	322.90	
Volumen (cm³)	2823.27	2819.52	2812.76	
Densidad suelta (g/cm³)	0.12	0.12	0.11	
Densidad suelta media (g/cm³)		0.117		
DENSIDAD VOLUMÉTRICA VARILLADA DEL PP				
Ensayo	# 1	# 2	# 3	

CONTINÚA

Peso del molde (g)	2627.20	2627.10	2626.90
Peso molde + suelo (g)	3081.10	3079.70	3084.60
Peso suelo (g)	453.90	452.60	457.70
Volumen (cm³)	2823.27	2819.52	2812.76
Densidad Varillada (g/cm³)	0.16	0.16	0.16
Densidad Varillada media (g/cm³)		0.161	
% VACÍOS			
Densidad volumétrica agregado fino	161.34	kg/m ³	
Gravedad específica agregado fino	0.45		
Densidad del agua	998	kg/m ³	
%VACÍOS =	64	%	



Figura 44. Registro del peso del molde vacío



Figura 45. Registro del peso del molde más muestra

3.4 Dosificación

3.4.1 Importancia

Rivera establece que existen varias razones para especificar límites en las granulometrías y el tamaño máximo del agregado. La granulometría y el tamaño máximo afectan las proporciones relativas de los agregados, así como la cantidad de agua y cemento necesarios en la mezcla y también la manejabilidad, la economía y la porosidad del concreto. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad de una mezcla a otra; en general, los agregados deben de tener partículas de todos los tamaños con el fin de que las partículas pequeñas llenen los espacios dejados por las partículas más grandes, de esta forma se obtiene un mínimo de huecos lo cual provoca una máxima densidad; como la cantidad de pasta (agua más cemento) que se necesita para una mezcla es proporcional al volumen de huecos de los agregados combinados, es conveniente mantener este volumen al mínimo (Rivera G. , 2017) .

De la misma manera manifiesta que dependiendo de las condiciones de humedad que tenga el agregado, puede quitar o aportar agua a la mezcla (porque se considera que el agregado se satura y el agua libre es la que reacciona con el cemento). Si la humedad del agregado es mayor que la absorción, el material tiene agua libre y está aportando agua a la mezcla; pero si por el contrario la humedad del agregado es menor que la absorción, el agregado le va a quitar agua a la mezcla para saturarse. Esto es importante para poder definir la cantidad de agua de mezcla y no alterar la relación agua-cemento (Rivera G. , 2017).

Por otra parte, el agregado fino aumenta de volumen cuando este húmedo, la humedad superficial mantiene separadas las partículas produciendo el aumento de volumen conocido como "expansión del agregado fino". La expansión varía con la humedad y con la granulometría, las

arenas finas se expanden más que las gruesas para una humedad dada; la expansión es baja para humedades bajas (cerca de 0%) o humedades altas (mayores al 15%) y la expansión es alta (algunas veces hasta un 40%) para humedades intermedias (entre 4 y 8%). Como la mayor parte de las arenas se entregan húmedas pueden ocurrir grandes variaciones en las cantidades de las mezclas si se hacen de acuerdo con el volumen (volumen suelto) (Rivera G. , 2017).

3.4.2 Mezcla patrón

El comité de la A.C.I. en la práctica estándar para seleccionar proporciones para estructuras de hormigón ligero (ACI 211.2-98) establece el alcance del método para dosificar el hormigón ligero, limitando a resistencias superiores a 17.2 MPa (175 kg/cm²) a los 28 días y un peso volumétrico que no exceda 1842 kg/m³ (ACI Committee 211, 2004) .

Los bloques de hormigón de mejor categoría son clase A con una resistencia promedio de 13.8 MPa, y dependiendo su densidad pueden llegar a presentar valores superiores a los 2000kg/m³. Los bloques que se analizan en esta investigación son clase C con una resistencia promedio de 1.7MPa, por lo tanto, no es posible emplear el método sugerido por la ACI para dosificar hormigón ligero.

La composición de la mezcla del concreto para bloques difiere significativamente del concreto convencional, ya que las propiedades básicas requeridas son diferentes. Uno de los requisitos más importantes de la mezcla de concreto para la elaboración de bloques es la capacidad que tiene en estado fresco para mantener su forma inmediatamente después de desmoldar; esto es posible cuando el concreto se caracteriza por su bajo contenido de agua y su consistencia rígida que corresponde a un asentamiento de 6 mm o menos (Kosmatka, 2002).

La capacidad de trabajo del hormigón sin asentamiento no puede evaluarse con métodos de prueba de uso común para mezclas de hormigón normales. En el ACI 211.3R apéndice 5 del 2002 o en la especificación estándar ASTM C 90 se dan algunas pautas generales para la dosificación de mezclas para unidades de mampostería de concreto fabricadas en máquinas de bloques vibratorios convencionales (F. Pacheco-Torgal, 2015).

El diseño de la mezcla para el trabajo de bloques de concreto se basa en el método del módulo de finura (FM), que consta de seis pasos: determinar el módulo de finura de cada agregado, calcular la proporción de los agregados de acuerdo al módulo de finura, fijar el peso total del lote de diseño, precisar el contenido de humedad, cuantificar el contenido de cemento y definir el contenido de agua (Jablonski, 1996).

3.4.2.1 Método del módulo de finura

El método más usado para diseñar mezclas de mampostería con concreto se llama método FM que por sus siglas en inglés significa módulo de finura, un número índice aproximadamente proporcional al tamaño promedio de las partículas en un agregado dado. Cuanto más grueso es el agregado, es más alto es el módulo de finura. Si bien todas las mezclas de bloques requieren al menos de un agregado, por varios motivos se decide usar hasta cuatro agregados en una mezcla (Jablonski, 1996).

- Paso 1: Determinar el módulo de finura (FM) de cada agregado

Para determinar el módulo de finura (FM) de un solo agregado, siga el procedimiento descrito en ASTM C 136, “Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica

de agregados finos y gruesos” o en la (NTE INEN 696, 2011) “Análisis granulométrico en los áridos” detallado en el numeral 3.3.1.

- Paso 2: Calcular la proporción de los agregados de acuerdo al módulo de finura

Los agregados se mezclan para obtener el módulo de finura (FM) deseado para una determinada clase de bloque de concreto. Según (Jablonski, 1996) los módulos de finura (FM) recomendados por la industria para diferentes unidades son:

Tabla 23

Módulo de finura (FM) recomendados

Unidad de mampostería de hormigón (CMU)	Módulo de Finura (FM)
CMU de peso normal	3.7
CMU de peso medio	3.67
CMU de peso ligero	3.84

Fuente: (Jablonski, 1996)

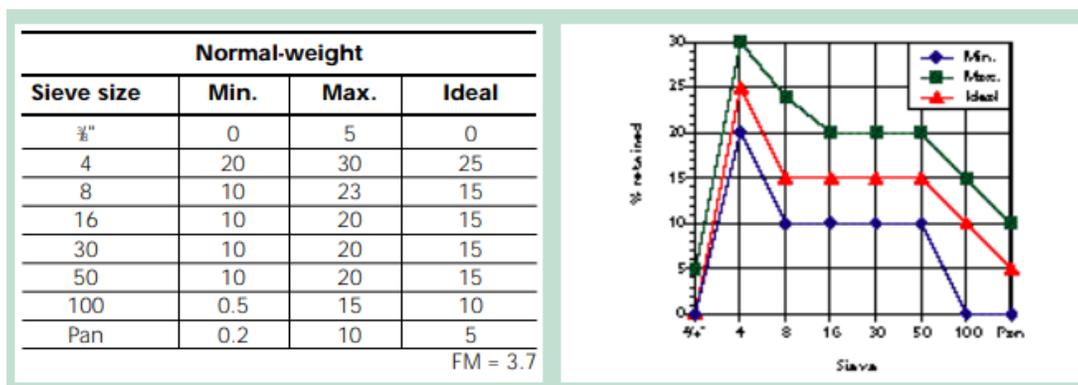


Figura 46. Módulo de finura (FM) recomendado para CMU de peso normal

Fuente: (Jablonski, 1996)

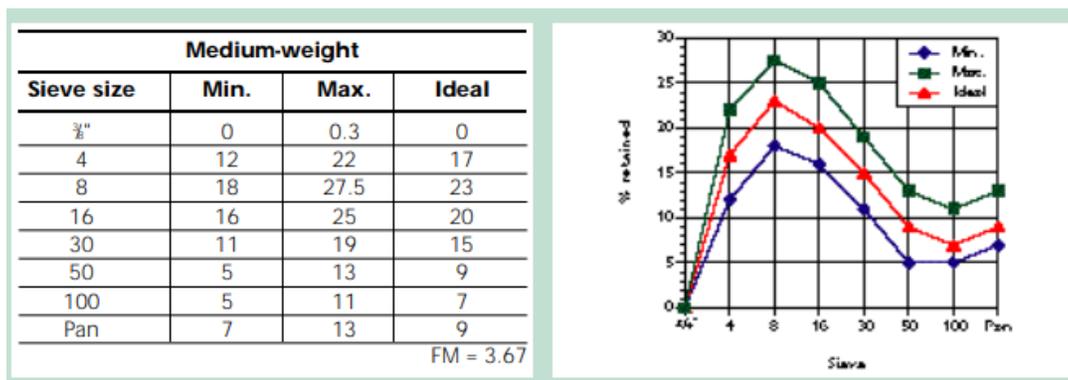


Figura 47. Módulo de Finura (FM) recomendado para CMU de peso medio

Fuente: (Jablonski, 1996)

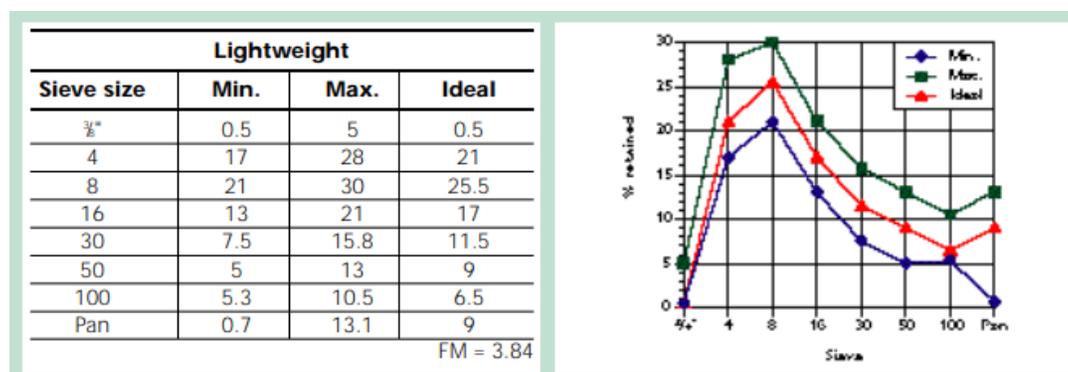


Figura 48. Módulo de Finura (FM) recomendado para CMU de peso ligero

Fuente: (Jablonski, 1996)

Las mezclas de mampostería con concreto no deben contener partículas finas o partículas gruesas en exceso. Las mezclas con exceso requieren más cemento para cubrir el área de superficie. (Jablonski, 1996)

Para calcular la proporción de agregado fino y agregado grueso para la unidad deseada se usa la siguiente ecuación: (Jablonski, 1996)

$$X = \left(\frac{A - B}{A - C} \right) * 100$$

$$Y = 100 - X$$

Dónde:

X = Porcentaje de agregado fino

Y = Porcentaje de agregado grueso

A = FM de agregado grueso

B = FM recomendado para cada clase de bloque (Tabla 23)

C = FM de agregado fino

- Paso 3: Fijar el peso total del lote de diseño

Para calcular las cantidades del lote de diseño es fundamental conocer la capacidad de volumen del mezclador y la masa unitaria del agregado grueso y fino. (ACI Committee 211 (211.3R-02), 2009) La masa total de cada agregado es la multiplicación del volumen del mezclador por la masa unitaria del agregado y por el porcentaje del agregado del paso 2, se suma el valor de la masa del agregado fino más el valor de la masa del agregado grueso para obtener la masa total del lote de diseño (Jablonski, 1996).

*Masa del agregado fino = X * Masa unitaria agregado fino * Volumen del mezclador*

*Masa del agreg. grueso = Y * Masa unitaria agreg. grueso * Volumen del mezclador*

Masa Total del lote de diseño = Masa del agregado fino + Masa del agregado grueso

- Paso 4: Precisar el contenido de humedad

La mayor parte del agregado contiene humedad. Cabe recalcar que los diseños se analizan para agregados con pesos secos, por tal motivo en dichos pesos se debe aumentar el contenido de humedad (Jablonski, 1996). Para determinar el contenido de humedad del agregado, siga el procedimiento descrito en la (NTE INEN 862, 2011) “Determinación del contenido total de humedad” detallado en el numeral 3.3.2.

- Paso 5: Cuantificar el contenido de cemento

El cemento es el componente final, necesario para producir una alta calidad a la unidad de mampostería de hormigón. El cemento une las partículas y llena parcialmente los espacios entre ellas. Para determinar el contenido de cemento se realiza de la siguiente manera: (Jablonski, 1996).

1. Elija la relación cemento/agregado que cumpla con las propiedades de las unidades de mampostería de hormigón (CMU) necesarias. La Tabla 24 presenta varias relaciones que se pueden usar para varios tipos de agregados, todas las proporciones se basan en peso seco (Jablonski, 1996).

Tabla 24

Relación cemento/agregado

Tipo de Agregado	Rango de relaciones (cemento/agregado)
Arena y grava	1:8 a 1:12
Caliza	1:7 a 1:12
Piedra pómez	1:4 a 1:6
Escoria (expandida)	1:5 a 1:7
Escoria (enfriada por aire)	1:8 a 1:12
Arcilla (expandida)	1:6 a 1:9

Fuente: (Jablonski, 1996)

2. Determinar cuánto cemento requiere en la mezcla. Multiplicar el peso total del lote de diseño (resultado paso 3) por la relación de la Tabla 24. El resultado es el peso del contenido de cemento.

- Paso 6: Definir el contenido de agua

La cantidad total de agua de mezcla necesaria para hacer una unidad de alta calidad varía dependiendo del tipo de agregado utilizado, contenido de cemento, y aspecto deseado. El productor determina la cantidad oficial de agua a través de lotes de prueba (Jablonski, 1996).

3.4.2.2 Dosificación por el método del módulo de finura (FM)

- Paso 1: Determine el módulo de finura (FM) de cada agregado

Se presenta en la Tabla 25, los datos iniciales para el método del módulo de finura (FM) con los valores obtenidos en los ensayos de caracterización de los áridos fino y grueso.

Tabla 25

Datos iniciales para el método del módulo de finura

DATOS INICIALES		
Módulo de Finura Grueso	6.44	
Módulo de Finura Fino	2.72	
Masa unitaria Grueso	740	kg/m ³
Masa unitaria Fino	1520	kg/m ³
Contenido Humedad Grueso	11.93	%
Contenido Humedad Fino	2.97	%
Diámetro mezcladora	1.2	m
Altura mezcladora	0.5	m
Volumen mezcladora	0.5655	m ³

- Paso 2: Calcular la proporción de los agregados de acuerdo al módulo de finura

Se calcula la proporción de los agregados de acuerdo al módulo de finura. La unidad de mampostería de hormigón (CMU) asumida es de peso ligero con un módulo de finura de 3.84 según la Tabla 23.

$$X = \left(\frac{A - B}{A - C} \right) * 100$$

$$X = \left(\frac{6.44 - 3.84}{6.44 - 2.72} \right) * 100$$

$$X = 69.89\%$$

$$Y = 100\% - 69.89\%$$

$$Y = 30.10\%$$

- Paso 3: Fijar el peso total del lote de diseño

El tercer paso consiste en fijar el peso total del lote de diseño, para esto es importante tener las dimensiones de la mezcladora industrial, el diámetro interno de la mezcladora es de 120 cm y la altura es de 60 cm. Se considera a la capacidad máxima de la mezcladora los 120 cm de diámetro y 50 cm de altura debido a que no se puede colocar el material hasta el borde ya que al momento de mezclar con el movimiento se desborda el material. La máquina mezcladora de GALARAMI es fabricada por el Ing. Rene Almeida.



Figura 49. Máquina mezcladora de la empresa GALARAMI

$$\text{Volumen de la mezcladora} = \pi * \frac{D_{\text{interno}}^2}{4} * h_{\text{útil}}$$

$$\text{Volumen de la mezcladora} = \pi * \frac{1.2^2}{4} * 0.5$$

$$\text{Volumen de la mezcladora} = 0.565 \text{ m}^3$$

$$\text{Masa agregado fino} = X * \text{Masa Unitaria agregado fino} * \text{Volumen mezcladora}$$

$$\text{Masa agregado fino} = 70\% * 1520 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.565 \text{ m}^3 = 600.75 \text{ kg}$$

$$\text{Masa agregado grueso} = Y * \text{Masa Unitaria agregado grueso} * \text{Volumen mezcladora}$$

$$\text{Masa agregado grueso} = 30\% * 740 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.565 \text{ m}^3 = 125.98 \text{ kg}$$

$$\text{Masa Total del lote de diseño} = \text{Masa agregado fino} + \text{Masa agregado grueso}$$

$$\text{Masa Total del lote de diseño} = 600.75 \text{ kg} + 125.98 \text{ kg} = 726.73 \text{ kg}$$

El peso total del lote de diseño es de 727 kg, con este valor se calcula la cantidad de agregado grueso y la cantidad de agregado fino de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad agregado fino} = 727 \text{ kg} * 70\% = 507.94 \text{ kg}$$

$$\text{Cantidad agregado grueso} = 727 \text{ kg} * 30\% = 218.80 \text{ kg}$$

- Paso 4: Precisar el contenido de humedad

De los datos iniciales se conoce que el agregado fino presenta un contenido de humedad del 2.97% y el agregado grueso liviano un contenido de humedad del 11.93%; para realizar el ajuste se realiza lo siguiente:

$$\text{Ajuste agregado fino} = 507.94 \text{ kg} * 1.0297 = 523.02 \text{ kg}$$

$$\text{Ajuste agregado grueso} = 218.80 \text{ kg} * 1.1193 = 244.91 \text{ kg}$$

- Paso 5: Cuantificar el contenido de cemento

Para calcular el contenido de cemento se busca tener una cantidad moderada para eso se considera una relación cemento/agregado 1:8 según de la Tabla 24, ya que el agregado fino es una arena.

$$\text{Contenido de Cemento} = 726.74 \text{ kg} * \frac{1}{8} = 90.84 \text{ kg}$$

- Paso 6: Definir el contenido de agua

Para calcular el contenido de agua (Jablonski, 1996) establece por experiencia en la producción de unidades de mampostería de hormigón (CMU) que para obtener un buen contenido de agua se considere aproximadamente un 5.5% del peso total. El agregado fino contiene 2.97%

de humedad y el agregado grueso liviano 11.93% de humedad, se considera el agua que ya contienen los agregados y se resta del requerimiento aproximado del contenido de agua.

$$\text{Peso Total} = \text{Peso total de lote de diseño (agregados)} + \text{Cont. de Cemento}$$

$$\text{Peso Total} = 726.74 \text{ kg} + 90.84 \text{ kg} = 817.58 \text{ kg}$$

$$\text{Contenido de agua aproximado} = 817.58 \text{ kg} * 5.5\% = 44.97 \text{ kg}$$

$$\text{Contenido de Humedad agregado fino} = 507.94 \text{ kg} * 2.97\% = 15.08 \text{ kg}$$

$$\text{Contenido de Humedad agregado grueso} = 218.80 \text{ kg} * 11.93\% = 26.10 \text{ kg}$$

$$\text{Contenido de Humedad Agregados} = 15.08 \text{ kg} + 26.10 \text{ kg} = 41.18 \text{ kg}$$

$$\text{Contenido de agua} = \text{Cont. de agua aproximado} - \text{Contenido de Humedad Agregados}$$

$$\text{Contenido de agua} = 44.97 \text{ kg} - 41.18 \text{ kg} = 3.78 \text{ kg}$$

El diseño por el método del módulo de finura, se considera un peso del lote de diseño utilizando la mezcladora a su máxima capacidad teniendo como producto final 80 bloques, en la presente investigación se necesita una dosificación para 20 bloques.

Tabla 26

Dosificación para 80 bloques con agregado fino y grueso

TABLA RESUMEN PARA 80 BLOQUES		
Contenido de Cemento	90.84	Kg
Contenido Agregado Fino	507.94	Kg
Contenido Agregado Grueso	218.80	Kg
Contenido de Agua	3.78	Kg

Tabla 27*Dosificación para 20 bloques con agregado fino y grueso*

TABLA RESUMEN PARA 20 BLOQUES		
Contenido de Cemento	22.71	Kg
Contenido Agregado Fino	126.98	Kg
Contenido Agregado Grueso	54.70	kg
Contenido de Agua	0.94	kg

Cuando se estudian los procedimientos para dosificar mezclas se recomienda hacer mezclas de prueba, con el fin de determinar las proporciones del hormigón que cumplan con las características deseadas, para ser empleado en la construcción. Sin embargo, esto no significa, que el hormigón hecho en la obra o en la planta vaya a tener una resistencia uniforme e igual a la determinada con base en las mezclas de prueba. Lo anterior se debe a que el concreto es un material esencialmente heterogéneo, porque sus componentes tienen características que no son constantes. No sólo son los materiales los causantes de las variaciones en la calidad del hormigón; también influye la forma de mezclarlo, su transporte, colocación, la compactación a que se someta y el curado que se le proporcione. La medida final que informa sobre la calidad obtenida es la que resulta de los ensayos de resistencia. Aquí surge otra variable, pues la forma de hacer los ensayos y la precisión de la máquina que se use van a influir en los resultados (Rivera G. , 2017).

3.4.2.3 Dosificación final con agregado fino y grueso

La dosificación final adoptada se ajusta ligeramente de la dosificación obtenida por el método del módulo de finura (FM), la razón principal es la facilidad en obra. Se utilizan los datos de la masa unitaria de los agregados y un volumen fijo (parihuela) para realizar el ajuste. La parihuela es un contenedor metálico o de madera de forma cúbica que mide 30 x 30 x 30 cm tiene

un volumen de 0.027 m^3 , sirve para dosificar la cantidad de agregados pétreos (Modenese Paolo, 2016).



Figura 50. Parihuela de madera de $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}$

Tabla 28

Resultados de los valores de masa unitaria de cada material

VALORES DE MASA UNITARIA		
MATERIAL	(g/cm ³)	(kg/m ³)
Arena	1.52	1520
Cascajo	0.74	740
ABS	0.64	640
PP	0.12	120
Agua	1	1000
Cemento	1.04	1040

$$\text{Volumen parihuela} = 0.3 * 0.3 * 0.3 = 0.027 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso mat. (kg)} = \# \text{ Parihuelas} * \text{Vol. parihuela (m}^3\text{)} * \text{Masa unitaria mat. (kg/m}^3\text{)}$$

$$\# \text{ Parihuelas} = \frac{\text{Peso material (kg)}}{\text{Volumen parihuela (m}^3\text{)} * \text{Masa unitaria material (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\# \text{ Parihuelas (Agregado fino)} = \frac{126.98 \text{ (kg)}}{0.027 \text{ (m}^3\text{)} * 1520 \text{ (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\# \text{ Parihuelas (Agregado fino)} = 3.09 \approx 3 \text{ parihuelas}$$

$$\# \text{ Parihuelas (Agregado grueso)} = \frac{54.70 \text{ (kg)}}{0.027(\text{m}^3) * 740 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

$$\# \text{ Parihuelas (Agregado grueso)} = 2.74 \approx 3 \text{ parihuelas}$$

$$\# \text{ Parihuelas (Cemento)} = \frac{22.71 \text{ (kg)}}{0.027(\text{m}^3) * 1040 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

$$\# \text{ Parihuelas (Cemento)} = 0.81 \approx 1 \text{ parihuela}$$

Tabla 29

Cantidades por peso y volumen de la dosificación de bloques tradicionales con agregado fino y grueso

MATERIAL	BLOQUE TRADICIONAL						DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	POR VOLUMEN			POR PESO			
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Cascajo	parihuela	3	m ³	0.081	kg	59.94	3.74
Arena	parihuela	3	m ³	0.081	kg	123.12	3.74
Agua	lt	11.6	m ³	0.012	kg	11.60	

El comité de la ACI, establece que el contenido de agua se ajusta hasta que la mezcla se "forme" en la mano y se tenga suficiente cohesión para mantener su forma. Este método tiene un enfoque de prueba ya que es una pauta inicial. Los lotes de prueba deben ejecutarse a través de la máquina para usarse en la producción para verificar características como la compresión, resistencia, textura superficial, absorción y resistencia verde (la capacidad de un bloque recién moldeado para soportar el movimiento de paletas sin presentar grietas) (ACI Committee 211 (211. 3R-02), 2009).

La sugerencia de (Jablonski, 1996) para obtener un buen contenido de agua es considerar aproximadamente un 5.5% del peso total de agregados y cemento. Sin embargo, la cantidad de

agua no es suficiente para tener una cohesión adecuada por lo tanto se decide colocar en la mezcla patrón el 10.5% del peso total de agregados y cemento, es decir 11.6 litros de agua.

3.4.2.4 Dosificación final con agregado fino

Para la dosificación únicamente con agregado fino se consideran los resultados obtenidos de la dosificación con agregado fino y grueso por el método del módulo de finura, se propone duplicar la cantidad de agregado fino. La Tabla 27 presenta los pesos necesarios de cada agregado para 20 bloques, el valor del peso del agregado fino es de 126.98 kg.

$$\text{Cantidad Agregado Fino} = 126.98 \text{ kg}$$

$$\text{Doble de la Cantidad de Agregado Fino} = 253.96 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen parihuela} = 0.3 * 0.3 * 0.3 = 0.027 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso mat. (kg)} = \# \text{ Parihuelas} * \text{Vol. parihuela (m}^3\text{)} * \text{Masa unitaria mat. (kg/m}^3\text{)}$$

$$\# \text{ Parihuelas} = \frac{\text{Peso material (kg)}}{\text{Volumen parihuela (m}^3\text{)} * \text{Masa unitaria material (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\# \text{ Parihuelas (Agregado fino)} = \frac{253.96 \text{ (kg)}}{0.027(\text{m}^3) * 1520 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

$$\# \text{ Parihuelas (Agregado fino)} = 6.18 \approx 6 \text{ parihuelas}$$

$$\# \text{ Parihuelas (Cemento)} = \frac{22.71 \text{ (kg)}}{0.027(\text{m}^3) * 1040 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

$$\# \text{ Parihuelas (Cemento)} = 0.81 \approx 1 \text{ parihuela}$$

Tabla 30

Cantidades por peso y volumen de la dosificación de bloques tradicionales con agregado fino

MATERIAL	BLOQUE TRADICIONAL						DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	POR VOLUMEN			POR PESO			
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Arena	parihuela	6	m ³	0.162	kg	246.24	7.49
Agua	lt	5	m ³	0.005	kg	5.00	

No hay que confundir el agua de absorción en los agregados con el agua de humedad; esta última es la que se encuentra en la superficie de los granos o entre grano y grano del material; en cambio, la de absorción está dentro de los poros y es retenida más fuertemente por los áridos que la humedad. Más aún, si para hacer concreto se hace uso de un material húmedo, este cede su agua de humedad para que reaccione el cemento con ella; pero si se usa un material que no tiene sino el agua de absorción, no cederá nada de agua; por el contrario si se emplea un material seco, al cual se le ha extraído su agua de absorción, él tenderá a absorber agua de la que se use para la fabricación del hormigón; esta es la razón por la cual hay que tener muy en cuenta tal tendencia de los áridos, para poder dosificar correctamente el agua en el concreto (Ánonimo, 2001).

La cantidad de agua en la mezcla únicamente con agregado fino difiere de la mezcla con agregado fino y grueso debido al porcentaje de absorción del agregado grueso y el contenido de humedad de los agregados. El porcentaje de absorción del agregado fino es de 4.4% y del agregado grueso es de 23.6%.

3.4.3 Mezcla con el reemplazo del residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) con agregado fino y grueso

Se tiene la dosificación de la mezcla patrón con agregado fino y grueso por el método del módulo de finura y a partir de estos cálculos se reemplaza en los diferentes porcentajes el residuo

plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) por el agregado fino. La cantidad de cemento y agregado grueso son constantes. Una vez obtenido el cálculo de la dosificación por volumen se transforma a una dosificación por peso con la masa unitaria suelta de cada material. La ligera variación de agua se debe al aumento porcentual del residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) hasta obtener la suficiente cohesión.

El cálculo se realiza con referencia a la dosificación final con agregado fino y grueso donde se coloca 3 parihuelas de agregado fino. Al momento que se desea reemplazar el 10% del agregado fino por el residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno, se calcula de la siguiente manera:

$$\# \text{ de parihuelas de agregado fino} = 3 \text{ parihuelas}$$

$$\# \text{ de parihuelas de agregado fino} = 3 * 0.9 = 2.7 \text{ parihuelas}$$

$$\# \text{ de parihuelas de ABS} = 3 * 0.10 = 0.3 \text{ parihuelas}$$

Tabla 31

Dosificación con 10% de acrilonitrilo butadieno estireno, agregado fino y grueso

BLOQUE CON 10% DE ABS							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Casajo	parihuela	3	m ³	0.081	kg	59.94	3.74
Arena	parihuela	2.7	m ³	0.073	kg	110.81	3.37
ABS	parihuela	0.3	m ³	0.008	kg	5.18	0.37
Agua	lt	11.5	m ³	0.012	kg	11.50	

Tabla 32

Dosificación con 20% de acrilonitrilo butadieno estireno, agregado fino y grueso

BLOQUE CON 20% DE ABS							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Casajo	parihuela	3	m ³	0.081	kg	59.94	3.74

CONTINÚA

Arena	parihuela	2.4	m ³	0.065	kg	98.50	3.00
ABS	parihuela	0.6	m ³	0.016	kg	10.37	0.75
Agua	lt	10.7	m ³	0.011	kg	10.70	

Tabla 33

Dosificación con 30% de acrilonitrilo butadieno estireno, agregado fino y grueso

BLOQUE CON 30% DE ABS							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Casajo	parihuela	3	m ³	0.081	kg	59.94	3.74
Arena	parihuela	2.1	m ³	0.057	kg	86.18	2.62
ABS	parihuela	0.9	m ³	0.024	kg	15.55	1.12
Agua	lt	10.5	m ³	0.011	kg	10.50	

Tabla 34

Dosificación con 40% de acrilonitrilo butadieno estireno, agregado fino y grueso

BLOQUE CON 40% DE ABS							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Casajo	parihuela	3	m ³	0.081	kg	59.94	3.74
Arena	parihuela	1.8	m ³	0.049	kg	73.87	2.25
ABS	parihuela	1.2	m ³	0.032	kg	20.74	1.50
Agua	lt	10.5	m ³	0.011	kg	10.50	

3.4.4 Mezcla con el reemplazo del residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno

(ABS) únicamente con agregado fino

Se tiene la dosificación de la mezcla patrón con agregado fino por el método del módulo de finura y a partir de estos cálculos se reemplaza en los diferentes porcentajes el residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) por el agregado fino. La cantidad de cemento es constante. Una vez obtenido el cálculo de la dosificación por volumen se transforma a una dosificación por peso con la masa unitaria suelta de cada material. La ligera variación de agua se debe al aumento

porcentual del residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) hasta obtener la suficiente cohesión.

El cálculo se realiza con referencia a la dosificación final con agregado fino donde se coloca 6 parihuelas de agregado fino. Al momento que se desea reemplazar el 10% del agregado fino por el residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno, se calcula de la siguiente manera:

$$\# \text{ de parihuelas de agregado fino} = 6 \text{ parihuelas}$$

$$\# \text{ de parihuelas de agregado fino} = 6 * 0.9 = 5.4 \text{ parihuelas}$$

$$\# \text{ de parihuelas de ABS} = 6 * 0.10 = 0.6 \text{ parihuelas}$$

Tabla 35

Dosificación con 10% de acrilonitrilo butadieno estireno y agregado fino

BLOQUE CON 10% DE ABS							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Arena	parihuela	5.4	m ³	0.146	kg	221.62	6.74
ABS	parihuela	0.6	m ³	0.016	kg	10.37	0.75
Agua	lt	4.6	m ³	0.005	kg	4.60	

Tabla 36

Dosificación con 20% de acrilonitrilo butadieno estireno y agregado fino

BLOQUE CON 20% DE ABS							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Arena	parihuela	4.8	m ³	0.130	kg	196.99	5.99
ABS	parihuela	1.2	m ³	0.032	kg	20.74	1.50
Agua	lt	4.6	m ³	0.005	kg	4.60	

Tabla 37*Dosificación con 30% de acrilonitrilo butadieno estireno y agregado fino*

BLOQUE CON 30% DE ABS							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Arena	parihuela	4.2	m ³	0.113	kg	172.37	5.24
ABS	parihuela	1.8	m ³	0.049	kg	31.10	2.25
Agua	lt	4.3	m ³	0.004	kg	4.30	

Tabla 38*Dosificación con 40% de acrilonitrilo butadieno estireno y agregado fino*

BLOQUE CON 40% DE ABS							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Arena	parihuela	3.6	m ³	0.097	kg	147.74	4.49
ABS	parihuela	2.4	m ³	0.065	kg	41.47	3.00
Agua	lt	4.2	m ³	0.004	kg	4.20	

3.4.5 Mezcla con el reemplazo del residuo plástico polipropileno (PP) con agregado fino y agregado grueso

Se tiene la dosificación de la mezcla patrón con agregado fino y grueso por el método del módulo de finura y a partir de estos cálculos se reemplaza en los diferentes porcentajes el residuo plástico polipropileno (PP) por el agregado fino. La cantidad de cemento y agregado grueso son constantes. Una vez obtenido el cálculo de la dosificación por volumen se transforma a una dosificación por peso con la masa unitaria suelta de cada material. La ligera variación de agua se debe al aumento porcentual del residuo plástico polipropileno (PP) hasta obtener la suficiente cohesión.

El cálculo se realiza con referencia a la dosificación final con agregado fino y grueso donde se coloca 3 parihuelas de agregado fino. Al momento que se desea reemplazar el 10% del agregado fino por el residuo plástico polipropileno, se calcula de la siguiente manera:

$$\# \text{ de parihuelas de agregado fino} = 3 \text{ parihuelas}$$

$$\# \text{ de parihuelas de agregado fino} = 3 * 0.9 = 2.7 \text{ parihuelas}$$

$$\# \text{ de parihuelas de PP} = 3 * 0.10 = 0.3 \text{ parihuelas}$$

Tabla 39

Dosificación con 10% de polipropileno, agregado fino y grueso

BLOQUE CON 10% DE PP							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Cascajo	parihuela	3	m ³	0.081	kg	59.94	3.74
Arena	parihuela	2.7	m ³	0.073	kg	110.81	3.37
PP	parihuela	0.3	m ³	0.008	kg	0.97	0.37
Agua	lt	10.9	m ³	0.011	kg	10.90	

Tabla 40

Dosificación con 20% de polipropileno, agregado fino y grueso

BLOQUE CON 20% DE PP							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Cascajo	parihuela	3	m ³	0.081	kg	59.94	3.74
Arena	parihuela	2.4	m ³	0.065	kg	98.50	3.00
PP	parihuela	0.6	m ³	0.016	kg	1.94	0.75
Agua	lt	10.4	m ³	0.010	kg	10.40	

Tabla 41*Dosificación con 30% de polipropileno, agregado fino y grueso*

BLOQUE CON 30% DE PP							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Casajo	parihuela	3	m ³	0.081	kg	59.94	3.74
Arena	parihuela	2.1	m ³	0.057	kg	86.18	2.62
PP	parihuela	0.9	m ³	0.024	kg	2.92	1.12
Agua	lt	10.4	m ³	0.010	kg	10.40	

Tabla 42*Dosificación con 40% de polipropileno, agregado fino y grueso*

BLOQUE CON 40% DE PP							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Casajo	parihuela	3	m ³	0.081	kg	59.94	3.74
Arena	parihuela	1.8	m ³	0.049	kg	73.87	2.25
PP	parihuela	1.2	m ³	0.032	kg	3.89	1.50
Agua	lt	10	m ³	0.010	kg	10.00	

3.4.6 Mezcla con el reemplazo del residuo plástico polipropileno (PP) únicamente con el agregado fino

Se tiene la dosificación de la mezcla patrón con agregado fino por el método del módulo de finura y a partir de estos cálculos se reemplaza en los diferentes porcentajes el residuo plástico polipropileno (PP) por el agregado fino. La cantidad de cemento es constante. Una vez obtenido el cálculo de la dosificación por volumen se transforma a una dosificación por peso con la masa unitaria suelta de cada material. La ligera variación de agua se debe al aumento porcentual del residuo plástico polipropileno (PP) hasta obtener la suficiente cohesión.

El cálculo se realiza con referencia a la dosificación final con agregado fino donde se coloca 6 parihuelas de agregado fino. Al momento que se desea reemplazar el 10% del agregado fino por el residuo plástico polipropileno, se calcula de la siguiente manera:

$$\# \text{ de parihuelas de agregado fino} = 6 \text{ parihuelas}$$

$$\# \text{ de parihuelas de agregado fino} = 6 * 0.9 = 5.4 \text{ parihuelas}$$

$$\# \text{ de parihuelas de PP} = 6 * 0.10 = 0.6 \text{ parihuelas}$$

Tabla 43

Dosificación con 10% de polipropileno y agregado fino

BLOQUE CON 10% DE PP							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Arena	parihuela	5.4	m ³	0.146	kg	221.62	6.74
PP	parihuela	0.6	m ³	0.016	kg	1.94	0.75
Agua	lt	3.3	m ³	0.003	kg	3.30	

Tabla 44

Dosificación con 20% de polipropileno y agregado fino

BLOQUE CON 20% DE PP							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Arena	parihuela	4.8	m ³	0.130	kg	196.99	5.99
PP	parihuela	1.2	m ³	0.032	kg	3.89	1.50
Agua	lt	3.0	m ³	0.003	kg	3.00	

Tabla 45

Dosificación con 30% de polipropileno y agregado fino

BLOQUE CON 30% DE PP							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Arena	parihuela	4.2	m ³	0.113	kg	172.37	5.24

CONTINÚA

PP	parihuela	1.8	m ³	0.049	kg	5.83	2.25
Agua	lt	2.9	m ³	0.003	kg	2.90	

Tabla 46

Dosificación con 40% de polipropileno y agregado fino

BLOQUE CON 40% DE PP							
MATERIAL	POR VOLUMEN				POR PESO		DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	
Cemento	saco	0.5	m ³	0.022	kg	22.50	1
Arena	parihuela	3.6	m ³	0.097	kg	147.74	4.49
PP	parihuela	2.4	m ³	0.065	kg	7.78	3.00
Agua	lt	2.9	m ³	0.003	kg	2.90	

3.5 Proceso de elaboración de los bloques

Las características de los bloques actuales distan mucho de los que se fabricaban hace años, hoy en día se emplea maquinaria de alta calidad que permite en función del árido empleado y su compactación junto con la incorporación de aditivos y distintos tratamientos de acabado, ofrecer después de un riguroso control de curado un producto de la máxima calidad funcional, resistente y estética (Asociación Nacional de Fabricación de Bloques y Mampostería de Hormigón, 2007).

Los bloques se fabricaron en la Empresa GALARAMI Cia. Ltda. pionera en la fabricación de adoquines y bloques con más de 39 años de experiencia. La empresa GALARAMI fabrica bloques con un alto estándar de calidad que cumple con todas las normas INEN; su producto ofrece un mejor rendimiento en la mano de obra, reducción de material para enlucido de cada lado y menor cantidad de masilla entre bloques (Galarza Robinson, 2009).



Figura 51. Empresa GALARAMI Cia Ltda.

Fuente: (Galarza Robinson, 2009)

Los bloques se fabrican vertiendo una mezcla de cemento y agregados pétreos en moldes metálicos, donde sufren un proceso de vibrado para compactar el material, luego se extrae y se deja fraguar el tiempo necesario antes de iniciar con el proceso de curado. Es habitual el uso de otros aditivos para modificar sus propiedades de resistencia, textura, entre otras (Segura, 2011).

Para cualquier modalidad de fabricación, las etapas son básicamente las siguientes: selección y almacenamiento de materiales, dosificación de la mezcla, elaboración de la mezcla, elaboración de bloques, fraguado, curado, transporte y almacenaje (Régil, 2005).

3.5.1 Selección y almacenamiento de los materiales

Se debe buscar proveedores cercanos que aseguren un abastecimiento de calidad y constante de esta manera garantizar la uniformidad de la mezcla y como consecuencia la de los bloques (Régil, 2005). El almacenamiento de los materiales es fundamental, en especial del cemento ya que es un material sensible a la humedad; si se mantiene seco va a retener su calidad, es extremadamente durable y puede ser usado después de muchos años si es debidamente almacenado sobre tarimas sin que entre en contacto con la humedad (Holcim, 2016).



Figura 52. Cemento Holcim Utka tipo MS



Figura 53. Residuo plástico ABS para las diferentes dosificaciones



Figura 54. Residuo plástico polipropileno (PP) para las diferentes dosificaciones

3.5.2 Dosificación de la mezcla

La dosificación debe ser tal que se pueda obtener un bloque con la suficiente cohesión en estado fresco para ser desmoldado y transportado sin que se deforme, una compactación máxima

para que su absorción sea mínima y un acabado superficial deseado (Régil, 2005). La dosificación o proporcionamiento de los materiales se hará por volumen, por facilidad se construye una parihuela de madera de 30 cm de profundidad, 30 cm de largo y 30 cm de ancho (Javier Arrieta, Enrique Peñaherrea, 2001). La proporción en la que intervienen cada uno de los componentes de la mezcla se detalla en la sección 3.4 Dosificación.



Figura 55. Materiales clasificados según su dosificación (cemento y residuos plásticos ABS – PP)

3.5.3 Elaboración de la mezcla

La mezcla se amasa en una mezcladora fabricada por el Ing. Rene Almeida. El procedimiento de mezclado inicia con la humectación de la mezcladora para que no afecte en la dosificación, se introduce el agregado grueso, luego se coloca el agregado fino, posteriormente el residuo plástico todos en condición natural, se mezcla por unos minutos hasta lograr que se unifiquen. Finalmente, se agrega el cemento para homogeneizar la mezcla durante un minuto. A continuación, se añade el agua de mezclado en dos etapas. La primera, aproximadamente 50% del agua de la dosificación y el otro 50% restante 1 minuto después. Se amasa toda la mezcla durante 4 minutos aproximadamente, se verifica la homogeneidad de la mezcla y finalmente se procede a realizar la medida del asentamiento mediante en ensayo del cono de Abrams (Díaz, 2018).



Figura 56. Estudiantes colocan los agregados en la mezcladora industrial



Figura 57. Comprobación del asentamiento mediante el ensayo del cono de Abrams

3.5.4 Elaboración de bloques

Previo a la elaboración de los bloques es importante revisar que la máquina a motor eléctrico para fabricar bloques funcione correctamente y esté debidamente engrasada, así como los tableros recibidores de los bloques. Luego de verificar el asentamiento de la mezcla se procede a realizar los siguientes pasos:

1. Descargar la mezcla de la mezcladora industrial.



Figura 58. El compartimiento de la máquina mezcladora abierta para descargar la mezcla

2. Colocar el tablero receptor en la mesa de la máquina bloquera.



Figura 59. Trabajador coloca el tablero receptor sobre la mesa

3. Ubicar los moldes sobre el tablero.



Figura 60. Trabajador ubica los moldes sobre el tablero

4. Encender la máquina bloquera y de esa manera inicie con la vibración.



Figura 61. Trabajador acciona la máquina bloquera para empezar con la vibración

5. Verter la mezcla dentro de los moldes.



Figura 62. Trabajador alimenta la máquina bloquera con la mezcla

6. Retirar el exceso de material.



Figura 63. Trabajador retira el excedente de material del molde

7. Comprimir la mezcla dentro de los moldes con el compactador aproximadamente unos 10 segundos.



Figura 64. Trabajador comprime los bloques con el compactador

8. Apagar la máquina.



Figura 65. Apagar la máquina bloquera

9. Desmoldar los bloques.



Figura 66. Retirar los moldes de los bloques

10. Trasladar los bloques con cuidado al patio de almacenamiento

Aunque los bloques fabricados sigan todas las recomendaciones en su elaboración y presenten una buena resistencia, se debe tener cuidado en su manejo y transporte. Los bloques no se deben tirar, sino que deben ser manipulados y colocados de una manera organizada sin afectar su forma final (Javier Arrieta, Enrique Peñaherrea, 2001).



Figura 67. Traslado de bloques al lugar de almacenamiento

3.5.5 Fraguado de bloques

Una vez fabricados los bloques, éstos deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol y de los vientos, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse. El periodo de fraguado debe ser de 4 a 8 horas, pero se recomienda dejar los bloques de un día para otro. Si los bloques se dejarán expuestos al sol o a vientos fuertes les ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, es decir un secado prematuro que reducirá la resistencia final de los bloques y provocará fisuramiento del concreto. Luego de ese tiempo, los bloques pueden ser retirados y ser colocados en rumas para su curado (Javier Arrieta, Enrique Peñaherrea, 2001).

3.5.6 Curado de los bloques

El curado de los bloques consiste en mantener los bloques húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia

especificada. Por esto es necesario curar los bloques como cualquier otro producto de concreto. Para curar los bloques se riega periódicamente con agua por lo menos durante siete días. Se humedecen los bloques al menos tres veces al día o lo necesario para que no se comiencen a secar en los bordes. Se les puede cubrir con plásticos, papeles o costales húmedos para evitar que se evapore fácilmente el agua (Javier Arrieta, Enrique Peñaherrea, 2001).

El método de curado aplicado consiste en aplicar agua al conjunto de bloques y cubrirlos posteriormente con polietileno o plástico logrando una humedad interior permanente (Quinceno, 1990).



Figura 68. Estudiantes curan los bloques



Figura 69. Los bloques después de curarlos se cubren con un plástico

3.5.7 Rotulado de los bloques

El rotulado de los bloques en este proyecto es fundamental ya que es necesario diferenciar los bloques con diferentes porcentajes de residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) así como los que contienen residuo plástico polipropileno (PP). Se realizan diferentes símbolos presentados en la Tabla 47 para cada grupo de bloques con pintura en spray de dos colores y para los bloques tradicionales no se coloca ningún rotulado.

Tabla 47

Simbología del rotulado de los bloques

Rotulado de los bloques			
Porcentaje de ABS	Símbolo	Posición	Color
10%	Línea	Arriba	Verde
20%	Línea	Centro	Verde
30%	Línea	Abajo	Verde
40%	Punto	Centro	Verde
Porcentaje de PP	Símbolo	Posición	Color
10%	Línea	Arriba	Rojo
20%	Línea	Centro	Rojo
30%	Línea	Abajo	Rojo
40%	Punto	Centro	Rojo



Figura 70. Pintura en spray utilizada en el rotulado de bloques



Figura 71. Rotulado de bloques con 10% de residuo plástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)



Figura 72. Rotulado de bloques con 10% de residuo plástico polipropileno (PP)

3.5.8 Almacenaje

Lo recomendable para el almacenamiento, en caso de no hacerlo bajo techo, es utilizar un film de polietileno o lona, cubriendo los bloques para protegerlos del agua de lluvia, de manera que al utilizarlos no contengan humedad en exceso (Comodoro Rivadavia, 2004).

La zona destinada para el almacenamiento de los bloques debe ser suficiente para mantener la producción de aproximadamente dos semanas y permitir que después del curado los bloques se sequen lentamente; debe ser totalmente cubierta para que los bloques no se humedezcan

con lluvia antes de los 28 días, que es su período de endurecimiento. Si no se dispone de una cubierta o techo, se debe proteger con plástico (Javier Arrieta, Enrique Peñaherrea, 2001).

Al almacenar los bloques, éstos deben ser colocados sobre tarimas o sobre un piso firme, de tal manera que se impida la contaminación con tierra, que pueda dañar posteriormente su adherencia. Además, la colocación sobre tarimas, permite evitar roturas que deterioran la capacidad estructural del bloque o su aspecto estético, en el caso de quedar expuestos (Poveda & Ubico , 2007).

3.6 Equipo y herramientas

El equipo y las herramientas empleadas en la fabricación de bloques son las siguientes:



Figura 73. Máquina a motor eléctrico para fabricar bloques (equipo)



Figura 74. Mezcladora industrial (equipo)



Figura 75. Carretilla (herramienta menor)



Figura 76. Pala punta cuadrada y parihuela de madera (herramienta menor)

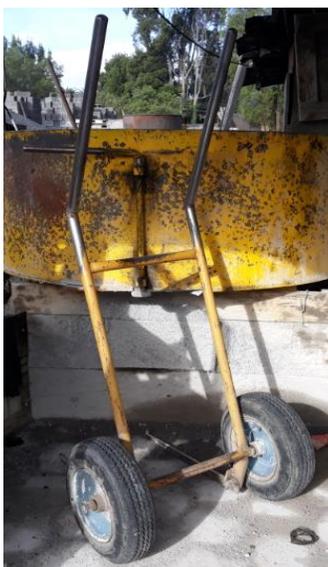


Figura 77. Carro de transporte (herramienta menor)



Figura 78. Tableros engrasados



Figura 79. Balde (herramienta menor)



Figura 80. Cono de Abrams (herramienta menor)



Figura 81. Protección de oídos (equipo de protección personal)



Figura 82. Zapatos de seguridad (equipo de protección personal)



Figura 83. Casco de seguridad (equipo de protección personal)



Figura 84. Guantes de seguridad (equipo de protección personal)



Figura 85. Protección de ojos (equipo de protección personal)

3.7 Mano de Obra

La cuadrilla mínima para la fabricación de bloques consta de la participación de 3 trabajadores no necesariamente calificados y la supervisión de 1 persona. Cada trabajador tiene su función específica, el primer trabajador alimenta la mezcladora con los agregados, cemento y agua; el segundo trabajador verifica que la mezcla tenga suficiente cohesión, descarga la mezcla, y se encarga de la elaboración del bloque en la máquina bloquera, el tercer trabajador traslada los bloques al patio de almacenamiento y finalmente la función del supervisor es encargarse que todo funcione correctamente, es decir planificar las actividades, tener suficiente abastecimiento de material, controlar al personal, verificar la calidad del producto, comprobar el funcionamiento del equipo y las herramientas, organizar el patio de abastecimiento y coordinar el transporte de los bloques.



Figura 86. Trabajador 1, encargado de alimentar la mezcladora con material



Figura 87. Trabajador 2, encargado de la elaboración de bloques



Figura 88. Trabajador 3, traslada los bloques al patio de abastecimiento

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Introducción

En el presente capítulo se detalla el procedimiento de los ensayos de absorción, densidad y resistencia a la compresión simple según la norma NTE INEN 3066:2016, así como el análisis de los resultados obtenidos en los bloques fabricados con arena y en los bloques fabricados con arena y cascajo con el 10%, 20%, 30% y 40% de desecho plástico ABS y PP en remplazo volumétrico por el agregado fino. Finalmente, se realiza el análisis de precio unitario de las 18 dosificaciones elaboradas.

4.2 Resultados del peso de los bloques

4.2.1 Procedimiento

A los bloques que conforman la muestra se les debe eliminar las rebabas y todo tipo de material adherido a las superficies de los bloques con un cepillo de acero. Las masas serán tomadas para cada unidad por separado y el promedio de las tres unidades ensayadas como se muestra en la Tabla 48 y en la Tabla 49 (NTE INEN 3066, 2016).

Para registrar la masa promedio, las unidades ensayadas deben ser completamente enteras, secas y sin defectos, conformada por 3 bloques a los 14 días de su fabricación y por 3 bloques a los 28 días de su fabricación.

Los especímenes ensayados son los bloques fabricados con arena fina, los bloques fabricados con cascajo y arena fina, los bloques fabricados con el 10%, 20%, 30% y 40% del

volumen de arena fina reemplazado por ABS y finalmente los bloques fabricados con el 10%, 20%, 30% y 40% del volumen de arena fina reemplazado por PP.

Tabla 48

Peso de los bloques tradicionales fabricados con arena, además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.

PESO DEL BLOQUE FABRICADO CON ARENA (kg)							
TIPO DE BLOQUE		a los 14 días			a los 28 días		
		BLOQUE	Promedio	BLOQUE	Promedio		
con ABS	10%	Bloque 1	13.74	13.45	Bloque 1	12.89	12.85
		Bloque 2	13.30		Bloque 2	13.09	
		Bloque 3	13.31		Bloque 3	12.55	
	20%	Bloque 1	11.97	12.02	Bloque 1	11.99	12.09
		Bloque 2	12.10		Bloque 2	12.37	
		Bloque 3	12.00		Bloque 3	11.89	
	30%	Bloque 1	11.06	11.11	Bloque 1	11.31	11.31
		Bloque 2	10.91		Bloque 2	11.26	
		Bloque 3	11.35		Bloque 3	11.36	
	40%	Bloque 1	10.14	10.11	Bloque 1	10.37	10.24
		Bloque 2	10.04		Bloque 2	10.28	
		Bloque 3	10.14		Bloque 3	10.08	
con PP	10%	Bloque 1	12.45	12.51	Bloque 1	12.34	12.50
		Bloque 2	12.70		Bloque 2	12.39	
		Bloque 3	12.38		Bloque 3	12.76	
	20%	Bloque 1	11.70	11.60	Bloque 1	11.92	11.71
		Bloque 2	11.65		Bloque 2	11.37	
		Bloque 3	11.45		Bloque 3	11.82	
	30%	Bloque 1	11.00	10.98	Bloque 1	11.00	11.06
		Bloque 2	11.02		Bloque 2	11.08	
		Bloque 3	10.92		Bloque 3	11.11	
	40%	Bloque 1	10.07	10.27	Bloque 1	10.36	10.39
		Bloque 2	10.20		Bloque 2	10.41	
		Bloque 3	10.54		Bloque 3	10.40	
TRADICIONAL	Bloque 1	13.98	14.18	Bloque 1	13.98	14.12	
	Bloque 2	14.39		Bloque 2	13.98		
	Bloque 3	14.18		Bloque 3	14.39		

Tabla 49

Peso de los bloques tradicionales fabricados con arena y cascajo además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.

PESO DEL BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO (kg)							
TIPO DE BLOQUE		a los 14 días			a los 28 días		
		BLOQUE		Promedio	BLOQUE		Promedio
con ABS	10%	Bloque 1	10.73	10.51	Bloque 1	10.54	10.53
		Bloque 2	10.43		Bloque 2	10.81	
		Bloque 3	10.36		Bloque 3	10.24	
	20%	Bloque 1	10.27	10.24	Bloque 1	10.21	10.26
		Bloque 2	10.17		Bloque 2	10.32	
		Bloque 3	10.26		Bloque 3	10.24	
	30%	Bloque 1	10.01	10.02	Bloque 1	9.85	9.94
		Bloque 2	10.09		Bloque 2	9.99	
		Bloque 3	9.95		Bloque 3	9.99	
	40%	Bloque 1	9.67	9.62	Bloque 1	9.60	9.54
		Bloque 2	9.61		Bloque 2	9.55	
		Bloque 3	9.58		Bloque 3	9.47	
con PP	10%	Bloque 1	10.52	10.39	Bloque 1	10.47	10.37
		Bloque 2	10.65		Bloque 2	10.15	
		Bloque 3	10.01		Bloque 3	10.48	
	20%	Bloque 1	9.87	10.05	Bloque 1	9.91	9.90
		Bloque 2	10.14		Bloque 2	9.91	
		Bloque 3	10.14		Bloque 3	9.89	
	30%	Bloque 1	9.49	9.48	Bloque 1	9.41	9.44
		Bloque 2	9.47		Bloque 2	9.46	
		Bloque 3	9.47		Bloque 3	9.44	
	40%	Bloque 1	8.89	8.87	Bloque 1	8.65	8.76
		Bloque 2	8.84		Bloque 2	8.69	
		Bloque 3	8.88		Bloque 3	8.94	
TRADICIONAL	Bloque 1	10.94	10.71	Bloque 1	10.72	10.75	
	Bloque 2	10.70		Bloque 2	10.67		
	Bloque 3	10.48		Bloque 3	10.85		

4.2.2 Bloques fabricados con arena y ABS

Como se muestra en la Tabla 50 y en la Figura 89 el peso promedio de los bloques tradicionales fabricados con arena fina es de 14.15 kg, mientras el peso promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de arena fina por ABS es de 13.15 kg, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de arena fina por ABS es de 12.05 kg, de

igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de arena fina por ABS es de 11.21 kg y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de arena fina por ABS es de 10.17kg.

Tabla 50

Peso promedio del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico por la arena.

PESO PROMEDIO DEL BLOQUE (kg)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
14.15	13.15	12.05	11.21	10.17

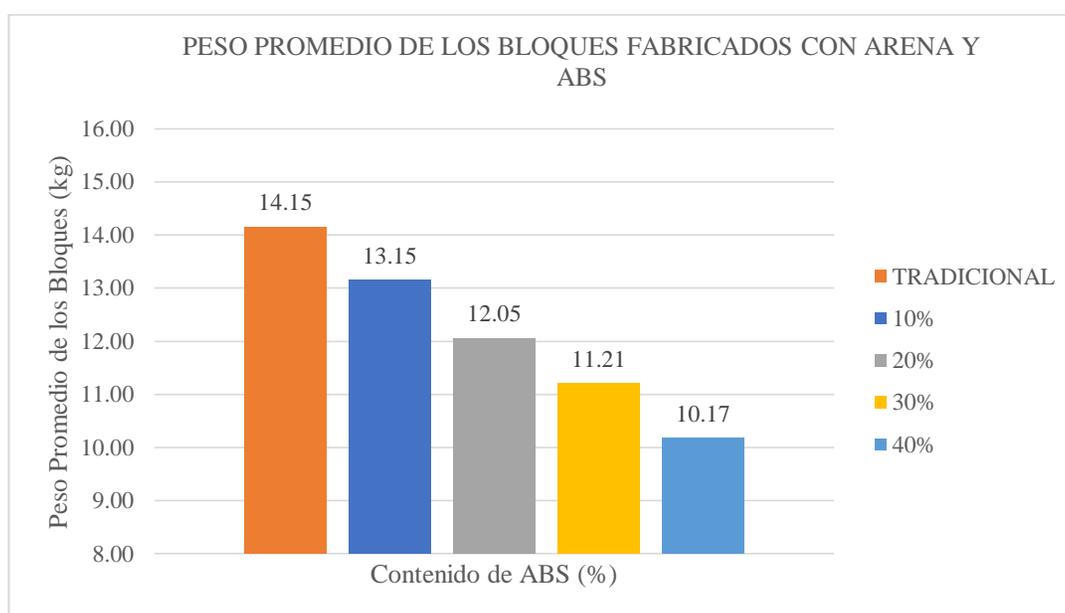


Figura 89. Peso promedio de los bloques fabricados con arena y ABS.

En la Tabla 51 se muestra la reducción del peso de los bloques fabricados con arena fina y ABS donde se toma como referencia al bloque tradicional fabricado con arena fina y que no contiene ABS. El bloque que contiene 10% de ABS en reemplazo al volumen de la arena fina se reduce 1.0 kg que representa el 7% del peso del bloque tradicional, mientras que el peso del bloque que contiene 20% de ABS disminuye 2.09 kg que representa el 15% del peso del bloque tradicional, así mismo el peso del bloque que contiene 30% de ABS disminuye 2.94 kg que representa el 21%

del peso del bloque tradicional y el peso del bloque que contiene el 40% de ABS disminuye 3.98kg que representa el 28% del peso del bloque tradicional.

Tabla 51

Reducción del peso promedio del bloque fabricado con arena y ABS.

REDUCCIÓN DEL PESO PROMEDIO DEL BLOQUE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
0%	-7%	-15%	-21%	-28%

En la Figura 90 se muestra la reducción del 7.08% del peso del bloque al reemplazar 10% de ABS por la arena fina, después al agregar 10% más de ABS se reduce 7.72% más de su peso, posteriormente al agregar 10% más de ABS se reduce 5.99% más de su peso y finalmente al agregar 10% más de ABS se reduce 7.30% más de su peso.

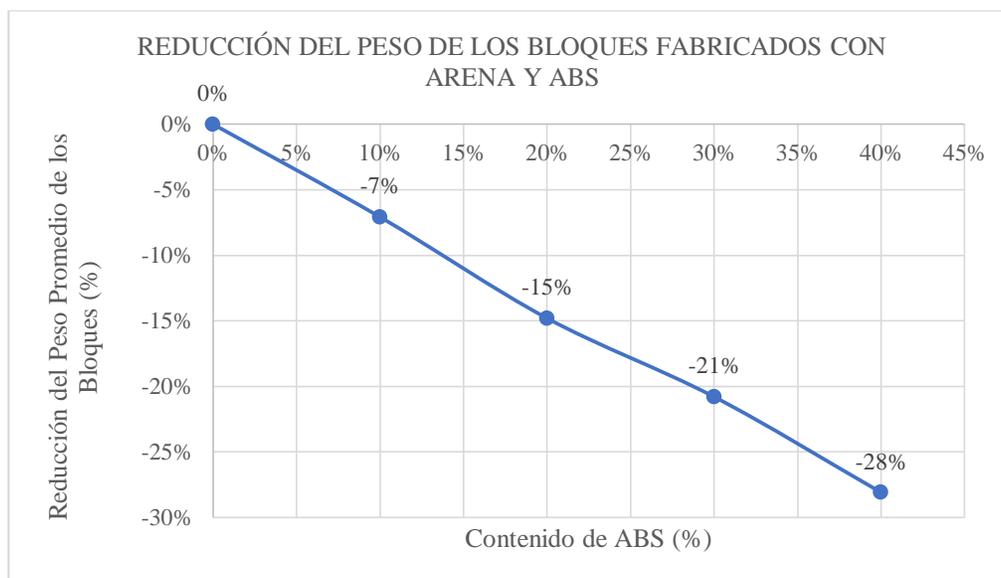


Figura 90. Reducción del peso de los bloques fabricados con arena y ABS.

4.2.3 Bloques fabricados con arena, cascajo y ABS

Como se muestra en la Tabla 52 y en la Figura 91 el peso promedio de los bloques tradicionales fabricados con arena fina y cascajo es de 10.73 kg, mientras el peso promedio de los bloques que se reemplazó el 10% del volumen de arena fina por ABS es de 10.52 kg, de la misma manera con los bloques que se reemplazó el 20% del volumen de arena fina por ABS es de 10.25kg, de igual forma con los bloques que se reemplazó el 30% del volumen de arena fina por ABS es de 9.98 kg y los bloques que se reemplazó el 40% del volumen de arena fina por ABS es de 9.58 kg.

Tabla 52

Peso promedio del bloque tradicional fabricado con arena y cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico por la arena.

PESO PROMEDIO DEL BLOQUE (kg)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
10.73	10.52	10.25	9.98	9.58

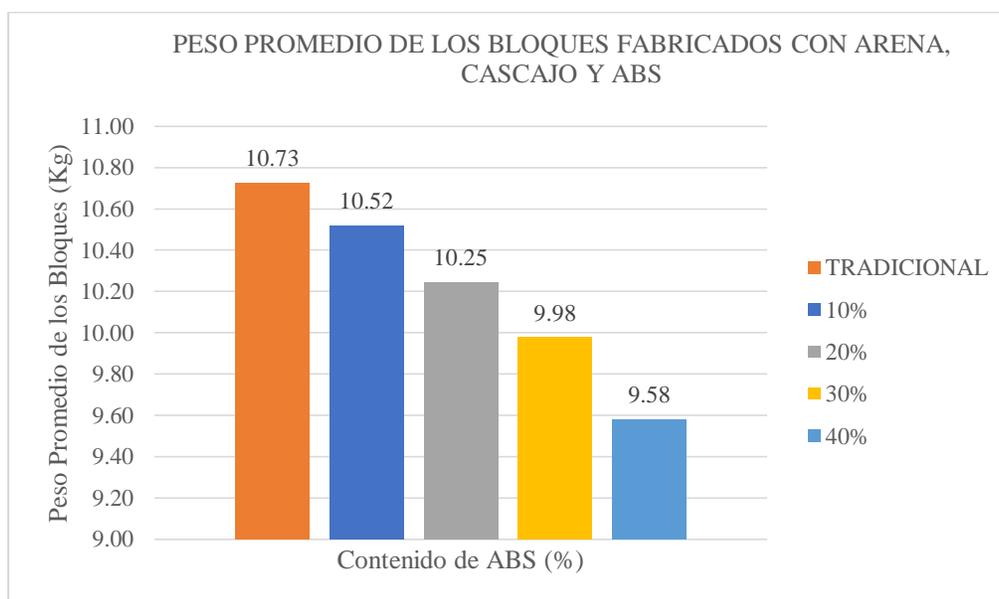


Figura 91. Peso promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.

En la Tabla 53 se muestra la reducción del peso de los bloques fabricados con arena fina, cascajo y ABS, en donde se toma como referencia al bloque tradicional fabricado con arena fina, cascajo y que no contiene ABS. El bloque que contiene 10% de ABS en reemplazo al volumen de la arena fina se reduce 0.21 kg que representa el 2% del peso del bloque tradicional fabricado con arena fina y cascajo, mientras que el peso del bloque que contiene 20% de ABS disminuye 0.48 kg que representa el 4% del peso del bloque tradicional, así mismo el peso del bloque que contiene 30% de ABS disminuye 0.75 kg que representa el 7% del peso del bloque tradicional y el peso del bloque que contiene el 40% de ABS disminuye 1.15 kg que representa el 11% del peso del bloque tradicional.

Tabla 53

Reducción del peso promedio del bloque fabricado con arena, cascajo y ABS.

REDUCCIÓN DEL PESO PROMEDIO DEL BLOQUE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
0%	-2%	-4%	-7%	-11%

En la Figura 92 se muestra la reducción del 1.94% del peso del bloque al reemplazar 10% de ABS por la arena fina, después al agregar 10% más de ABS se reduce 2.54% más de su peso, posteriormente al agregar 10% más de ABS se reduce 2.50% más de su peso y finalmente al agregar 10% más de ABS se reduce 3.72% más de su peso.

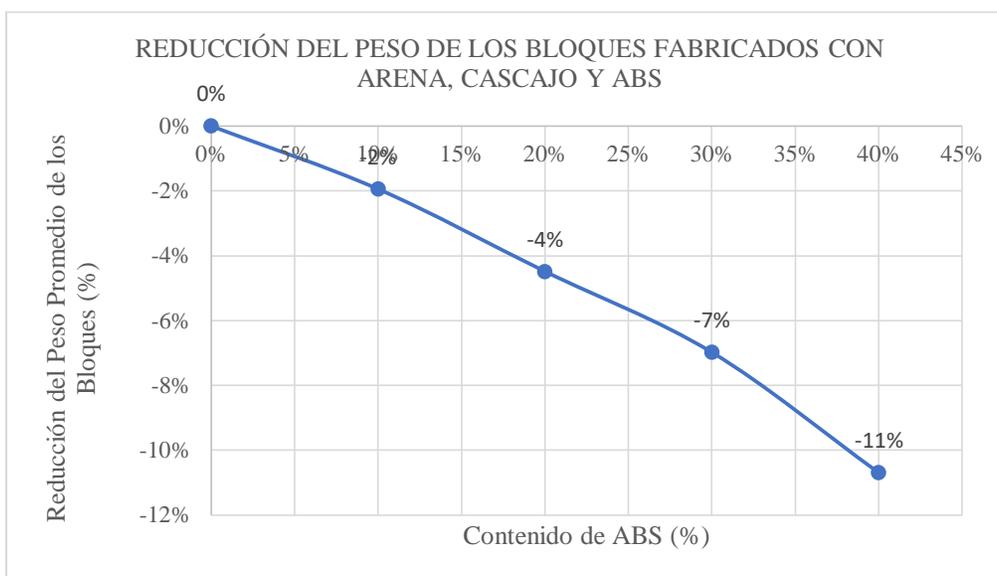


Figura 92. Reducción del peso de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.

4.2.4 Bloques fabricados con arena y PP

Como se muestra en la Tabla 54 y en la Figura 93 el peso promedio de los bloques tradicionales fabricados con arena fina es de 14.15 kg, mientras el peso promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de arena fina por PP es de 12.50 kg, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de arena fina por PP es de 11.65 kg, de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de arena fina por PP es de 11.02 kg y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de arena fina por PP es de 10.33 kg.

Tabla 54

Peso promedio del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico por la arena.

PESO PROMEDIO DEL BLOQUE (kg)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
14.15	12.50	11.65	11.02	10.33

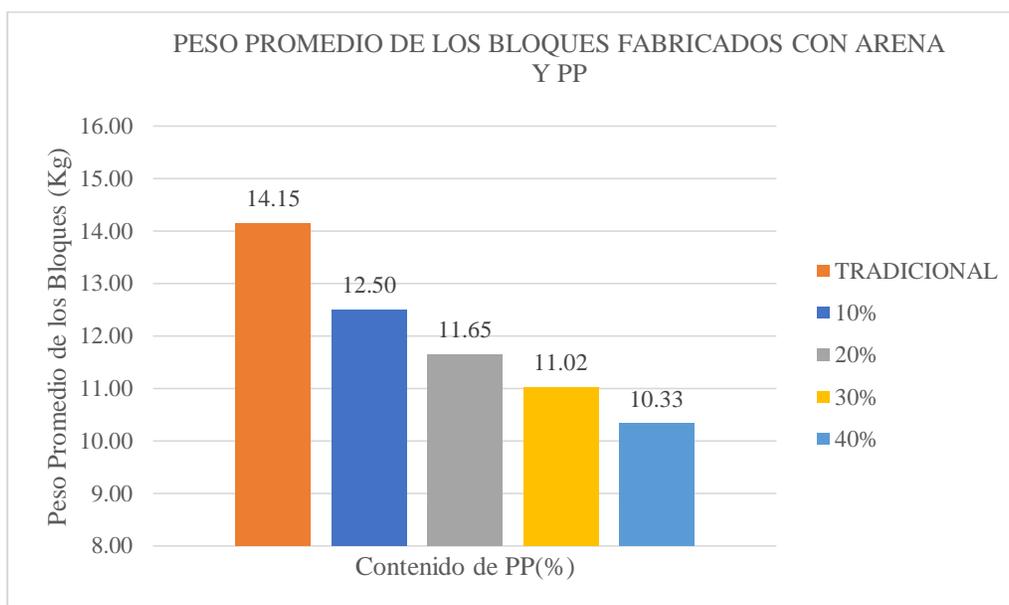


Figura 93. Peso promedio de los bloques fabricados con arena y PP.

En la Tabla 55 se muestra la reducción del peso de los bloques fabricados con arena fina y PP donde se toma como referencia al bloque tradicional fabricado con arena fina y que no contiene PP. El bloque que contiene 10% de PP en reemplazo al volumen de la arena fina se reduce 1.65 kg que representa el 12% del peso del bloque tradicional con arena fina, mientras que el peso del bloque que contiene 20% de PP disminuye 2.50 kg que representa el 18% del peso del bloque tradicional, así mismo el peso del bloque que contiene 30% de PP disminuye 3.13 kg que representa el 22% del peso del bloque tradicional con arena fina y el peso del bloque que contiene el 40% de PP disminuye 3.82 kg que representa el 27% del peso del bloque tradicional con arena fina.

Tabla 55

Reducción del peso promedio del bloque fabricado con arena y PP.

REDUCCIÓN DEL PESO PROMEDIO DEL BLOQUE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
0%	-12%	-18%	-22%	-27%

En la Figura 94 se muestra la reducción del 11.64% del peso del bloque al reemplazar 10% de PP por la arena fina, después al agregar 10% más de PP se reduce 6.01% más de su peso, posteriormente al agregar 10% más de PP se reduce 4.47% más de su peso y finalmente al agregar 10% más de PP se reduce 4.86% más de su peso.

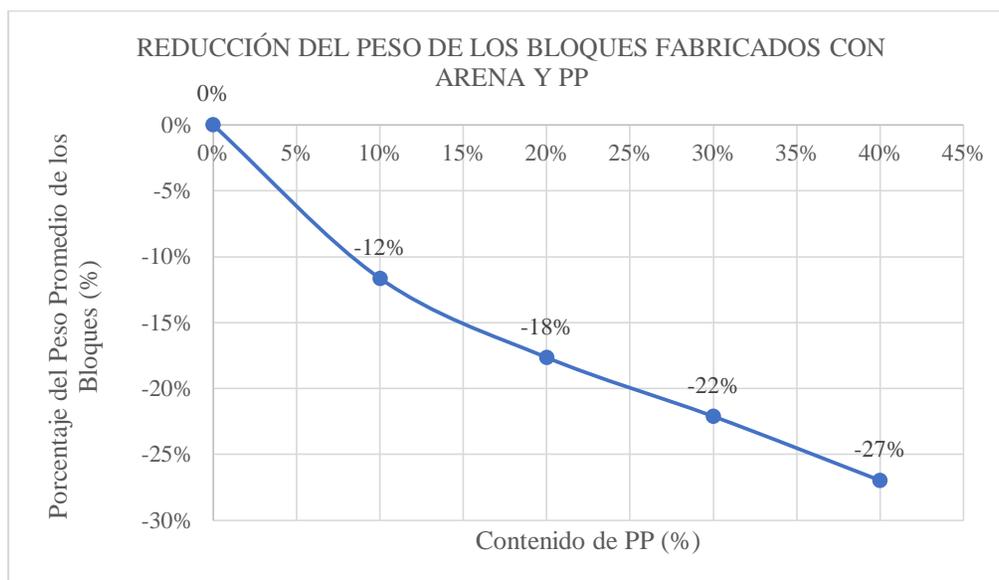


Figura 94. Reducción del peso de los bloques fabricados con arena y PP.

4.2.5 Bloques fabricados con arena, cascajo y PP

Como se muestra en la Tabla 56 y en la Figura 95 el peso promedio de los bloques tradicionales fabricados con arena fina y cascajo es de 10.73 kg, mientras el peso promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de arena fina por PP es de 10.38 kg, de la misma manera el peso los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de arena fina por PP es de 9.98kg, de igual forma el peso de los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de arena fina por PP es de 9.46 kg y el peso de los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de arena fina por PP es de 8.81 kg.

Tabla 56

Peso promedio del bloque tradicional fabricado con arena y cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico por la arena.

PESO PROMEDIO DEL BLOQUE (kg)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
10.73	10.38	9.98	9.46	8.81

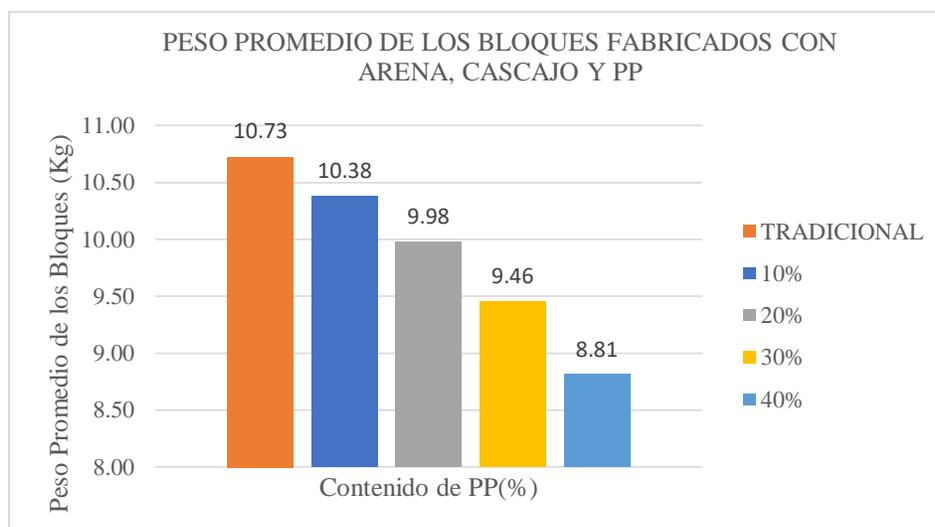


Figura 95. Peso promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.

En la Tabla 57 se muestra la reducción del peso de los bloques fabricados con arena fina, cascajo y PP, en donde se toma como referencia al bloque tradicional fabricado con arena fina y cascajo que no contiene PP. El bloque que contiene 10% de PP en reemplazo al volumen de la arena fina se reduce 0.35 kg que representa el 3% del peso del bloque tradicional fabricado con arena fina y cascajo, mientras que el peso del bloque que contiene 20% de PP disminuye 0.75 kg que representa el 7% del peso del bloque tradicional fabricado con arena fina y cascajo, así mismo el peso del bloque que contiene 30% de PP disminuye 1.27 kg que representa el 12% del peso del bloque tradicional fabricado con arena fina y cascajo, finalmente el peso del bloque que contiene

el 40% de PP disminuye 1.91 kg que representa el 18% del peso del bloque tradicional fabricado con arena fina y cascajo.

Tabla 57

Reducción del peso promedio del bloque fabricado con arena, cascajo y PP.

REDUCCIÓN DEL PESO PROMEDIO DEL BLOQUE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
0%	-3%	-7%	-12%	-18%

En la Figura 96 se muestra la reducción del 3.24% del peso del bloque al reemplazar 10% de PP por la arena fina y cascajo, después al agregar 10% más de PP se reduce 3.75% más de su peso, posteriormente al agregar 10% más de PP se reduce 4.87% más de su peso y finalmente al agregar 10% más de PP se reduce 5.99% más de su peso.

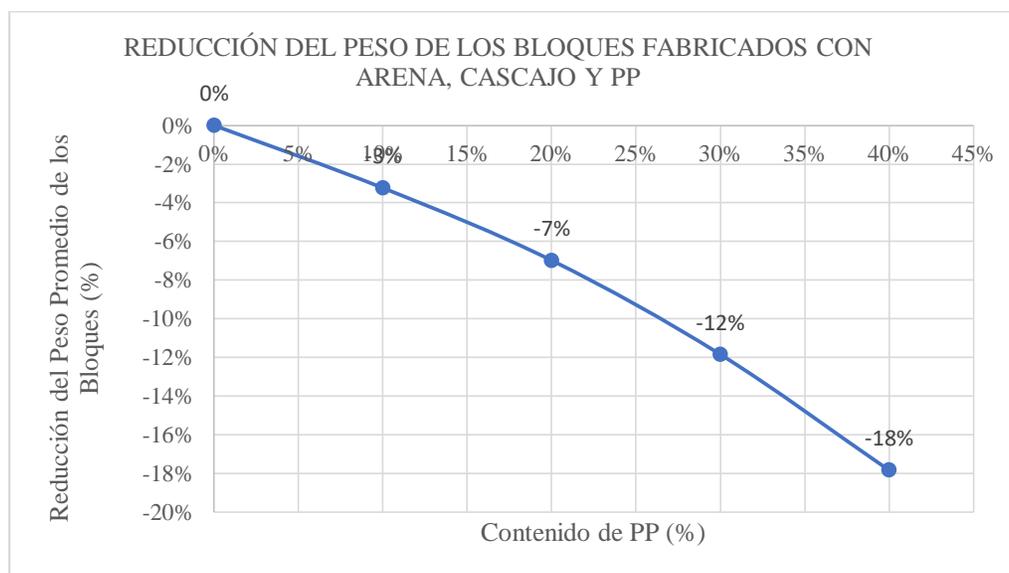


Figura 96. Reducción del peso de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.

4.3 Resultados de la absorción de agua en los bloques

4.3.1 Procedimiento

La absorción es el proceso por el cual un líquido tiende a llenar los poros permeables de un cuerpo sólido poroso, en otras palabras, es el incremento de la masa de un cuerpo sólido poroso como resultado de la penetración de un líquido en sus poros permeables (NTE INEN 694, 2010).

También a la absorción se la puede definir como el incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante determinado período de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca (NTE INEN 856, 2010).

Para el ensayo de absorción se requiere una muestra compuesta por tres bloques enteros sin defectos (NTE INEN 3066, 2016). Para este ensayo se toma una muestra de tres bloques a los 14 días de la fabricación de los bloques y se toma una segunda muestra de tres bloques a los 28 días de la fabricación de los bloques.

Los bloques ensayados son los bloques tradicionales elaborados con agregados pétreos, los bloques elaborados con 10% de ABS, con 20% de ABS, con 30% de ABS, con 40% de ABS, los elaborados con 10% de PP, con 20% de PP, con 30% de PP y con 40% de PP en reemplazo volumétrico por la arena fina.

Se sumerge en agua a las muestras a una temperatura de 19.9°C durante 24 horas, como se muestra en la Figura 97; después de este tiempo que están sumergidas las muestras en el agua se procede a suspender de una balanza con un alambre a cada bloque sumergido en agua para registrar la masa de la muestra sumergida (M_i) como se indica en la Figura 98 (NTE INEN 3066, 2016).



Figura 97. Toma de la temperatura del agua y los bloques sumergidos en agua por 24 horas



Figura 98. Toma de la masa de la muestra sumergida

Seguido a eso se saca los bloques del agua y se deja que escurran durante 1 minuto sobre una malla metálica, inmediatamente se retira el agua visible del bloque con un paño húmedo como se muestra en la Figura 99 y se registra la masa de la muestra saturada (M_s) en una balanza con una exactitud de ± 1 g; este procedimiento se hace bloque por bloque (NTE INEN 3066, 2016).



Figura 99. Retiro del agua visible del bloque con un paño húmedo

Luego de determinar la masa saturada de cada bloque se procede a secar las muestras en un horno ventilado a 110°C como se muestra en la Figura 100. Se pesan los bloques cada 24 horas hasta que la diferencia de la masa entre las dos pesadas consecutivas sea inferior al 0.2% y se registra este resultado como la masa de la muestra seca al horno (M_d) (NTE INEN 3066, 2016).



Figura 100. Secado de los bloques en un horno ventilado a 110°C

Para calcular la absorción se la realiza de la siguiente manera (NTE INEN 3066, 2016)

$$\text{Absorción (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_s - M_d}{M_s - M_i} * 1000$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{M_s - M_d}{M_d} * 100$$

Donde

- M_s es la masa del bloque saturado (kg)
- M_i es la masa del bloque sumergido (kg)
- M_d es la masa del bloque seco al horno (kg)

Se toma como resultado final el promedio entre los 3 especímenes a los 14 días de la fabricación de los bloques y los 3 especímenes a los 28 días de la fabricación de los bloques. Los resultados de los bloques elaborados con arena fina y de los bloques elaborados con el 10%, 20%, 30% y 40% de ABS y PP en reemplazo del volumen de la arena fina a los 14 días y 28 días son muy semejantes como se muestra en la Tabla 58, así mismo ocurre con los resultados de la absorción de los bloques fabricados con arena fina y cascajo y de los bloques elaborados con el 10%, 20%, 30% y 40% de ABS y PP en reemplazo del volumen de la arena fina como se muestra en la Tabla 59.

Tabla 58

Absorción de los bloques tradicionales fabricados con arena, además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.

ABSORCIÓN DEL BLOQUE FABRICADO CON ARENA (%)							
TIPO DE BLOQUE		a los 14 días			a los 28 días		
		BLOQUE		Promedio	BLOQUE		Promedio
con ABS	10%	Bloque 1	7.64	7.72	Bloque 1	7.80	7.69
		Bloque 2	7.76		Bloque 2	6.83	
		Bloque 3	7.78		Bloque 3	8.44	
	20%	Bloque 1	8.50	8.53	Bloque 1	8.75	8.82
		Bloque 2	8.55		Bloque 2	8.68	
		Bloque 3	8.55		Bloque 3	9.02	
	30%	Bloque 1	9.60	9.64	Bloque 1	9.40	9.74
		Bloque 2	9.83		Bloque 2	9.03	
		Bloque 3	9.51		Bloque 3	10.80	
	40%	Bloque 1	10.65	10.70	Bloque 1	11.22	11.22
		Bloque 2	10.75		Bloque 2	11.34	
		Bloque 3	10.70		Bloque 3	11.11	

CONTINÚA

con PP	10%	Bloque 1	9.06	9.42	Bloque 1	9.62	9.39
		Bloque 2	9.02		Bloque 2	9.42	
		Bloque 3	10.18		Bloque 3	9.14	
	20%	Bloque 1	11.11	11.04	Bloque 1	11.35	11.04
		Bloque 2	11.08		Bloque 2	10.39	
		Bloque 3	10.93		Bloque 3	11.38	
	30%	Bloque 1	12.38	12.55	Bloque 1	12.78	12.41
		Bloque 2	12.46		Bloque 2	12.30	
		Bloque 3	12.80		Bloque 3	12.14	
	40%	Bloque 1	13.76	13.75	Bloque 1	13.99	14.08
		Bloque 2	13.76		Bloque 2	13.95	
		Bloque 3	13.73		Bloque 3	14.30	
TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	Bloque 1	7.44	7.41	Bloque 1	7.91	7.58	
	Bloque 2	7.38		Bloque 2	7.44		
	Bloque 3	7.41		Bloque 3	7.38		

Tabla 59

Absorción de los bloques tradicionales fabricados arena y cascajo, además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.

ABSORCIÓN DEL BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO (%)							
TIPO DE BLOQUE		a los 14 días			a los 28 días		
		BLOQUE	Promedio		BLOQUE	Promedio	
con ABS	10%	Bloque 1	13.13	13.03	Bloque 1	12.68	12.99
		Bloque 2	12.86		Bloque 2	13.23	
		Bloque 3	13.10		Bloque 3	13.08	
	20%	Bloque 1	13.40	13.21	Bloque 1	13.31	13.22
		Bloque 2	12.97		Bloque 2	13.06	
		Bloque 3	13.26		Bloque 3	13.31	
	30%	Bloque 1	13.04	13.48	Bloque 1	13.28	13.39
		Bloque 2	13.93		Bloque 2	13.42	
		Bloque 3	13.46		Bloque 3	13.48	
	40%	Bloque 1	13.56	13.62	Bloque 1	13.68	13.70
		Bloque 2	13.54		Bloque 2	13.62	
		Bloque 3	13.74		Bloque 3	13.79	
con PP	10%	Bloque 1	11.15	13.10	Bloque 1	12.89	13.32
		Bloque 2	14.74		Bloque 2	13.89	
		Bloque 3	13.41		Bloque 3	13.17	
	20%	Bloque 1	18.39	15.02	Bloque 1	13.56	15.14
		Bloque 2	12.74		Bloque 2	15.35	
		Bloque 3	13.94		Bloque 3	16.50	
	30%	Bloque 1	16.90	17.05	Bloque 1	17.59	17.45
		Bloque 2	16.72		Bloque 2	17.30	
		Bloque 3	17.53		Bloque 3	17.45	
	40%	Bloque 1	22.87	19.38	Bloque 1	20.25	19.77
		Bloque 2	16.95		Bloque 2	20.20	

CONTINÚA

	Bloque 3	18.32		Bloque 3	18.85	
TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	Bloque 1	12.65	13.01	Bloque 1	12.06	12.11
	Bloque 2	13.03		Bloque 2	12.14	
	Bloque 3	13.36		Bloque 3	12.13	

4.3.2 Bloques fabricados con arena y ABS

En la Tabla 60 y en la Figura 101 la absorción promedio de los bloques tradicionales fabricados con arena fina es de 7%, mientras que la absorción promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de la arena fina por ABS es de 8%, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de la arena fina por ABS la absorción promedio es de 9%, de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de la arena fina por ABS la absorción promedio es del 10% y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de la arena fina por ABS la absorción promedio es del 11%.

Tabla 60

Absorción promedio del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico de la arena.

ABSORCIÓN PROMEDIO DEL BLOQUE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
7%	8%	9%	10%	11%

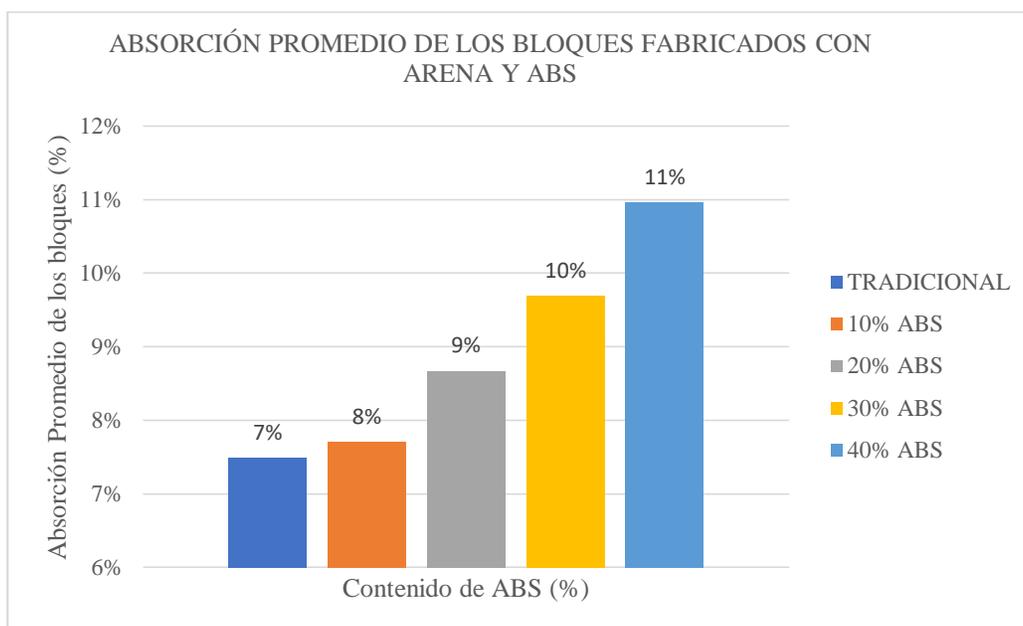


Figura 101. Absorción promedio de los bloques fabricados con arena y ABS.

En la Tabla 61 se muestra el aumento de la absorción promedio de los bloques que contienen ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina, en la cual se toma como base al bloque tradicional fabricado con arena fina y que no contiene ABS. El bloque que contiene 10% de ABS en reemplazo al volumen de la arena fina aumenta 1% en su absorción, mientras que el bloque que contiene 20% de ABS aumenta 2% en su absorción, así mismo el bloque que contiene 30% de ABS aumenta 3% en su absorción y la absorción del bloque que contiene el 40% de ABS aumenta 4%.

Tabla 61

Aumento de la absorción promedio de los bloques fabricados con arena y ABS.

AUMENTO DE LA ABSORCIÓN PROMEDIO DEL BLOQUE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
0%	1%	2%	3%	4%

4.3.3 Bloques fabricados con arena, cascajo y ABS

En la Tabla 62 y en la Figura 102 la absorción promedio de los bloques tradicionales fabricados con arena fina y cascajo es de 12.56% que viene a ser el 13%, mientras que la absorción promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de la arena fina por ABS es de 13.01% que viene a ser el 13%, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de la arena fina por ABS la absorción promedio es de 13.22% que viene a ser el 13%, de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de la arena fina por ABS la absorción promedio es del 13.44% que viene a ser del 13% y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de la arena fina por ABS la absorción promedio es del 13.66% que viene a ser el 14%.

Tabla 62

Absorción promedio del bloque tradicional fabricado con arena y cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico de la arena.

ABSORCIÓN PROMEDIO DEL BLOQUE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
13%	13%	13%	13%	14%

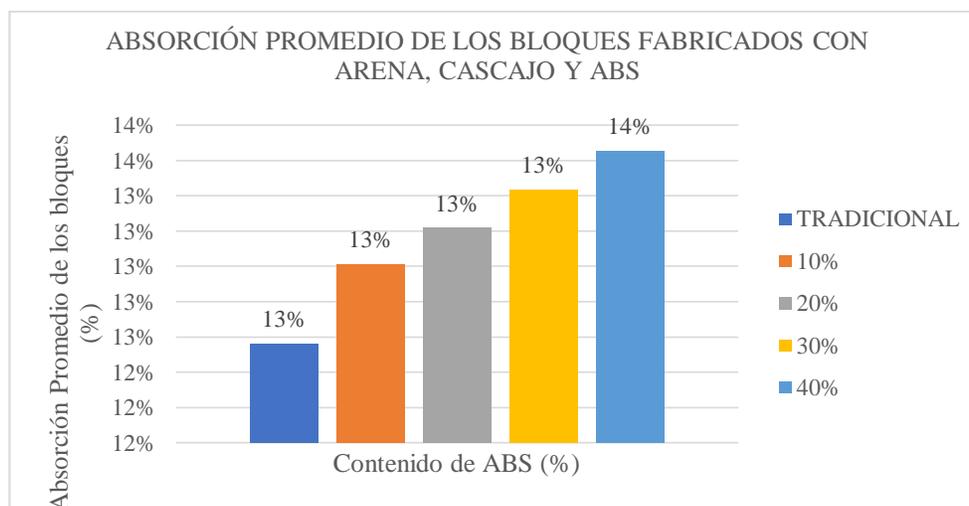


Figura 102. Absorción promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.

En la Tabla 63 se muestra el aumento de la absorción promedio de los bloques que contienen ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina, en la cual se toma como base al bloque tradicional fabricado con arena fina, cascajo y que no contiene ABS. El bloque que contiene 10% de ABS en reemplazo al volumen de la arena fina aumenta 0.45% en su absorción, mientras que el bloque que contiene 20% de ABS aumenta 0.66% en su absorción, así mismo el bloque que contiene 30% de ABS aumenta 0.88% en su absorción y la absorción del bloque que contiene el 40% de ABS aumenta 1.10%.

Tabla 63

Aumento de la absorción promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.

AUMENTO DE LA ABSORCIÓN PROMEDIO DEL BLOQUE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
0%	0.45%	0.66%	0.88%	1.10%

4.3.4 Bloques fabricados con arena y PP

En la Tabla 64 y en la Figura 103 la absorción promedio de los bloques tradicionales fabricados con arena fina es de 7%, mientras que la absorción promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de la arena fina por PP es de 9%, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de la arena fina por PP la absorción promedio es de 11%, de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de la arena fina por PP la absorción promedio es del 12% y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de la arena fina por PP la absorción promedio es del 14%.

Tabla 64

Absorción promedio del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico de la arena.

ABSORCIÓN PROMEDIO DEL BLOQUE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
7%	9%	11%	12%	14%

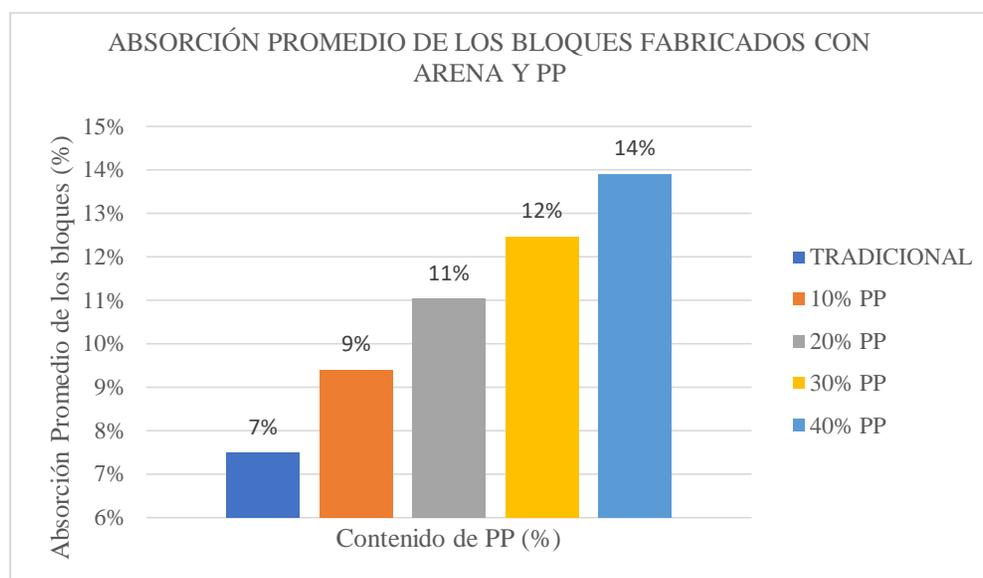


Figura 103. Absorción promedio de los bloques fabricados con arena y PP.

En la Tabla 65 se muestra el aumento de la absorción promedio de los bloques que contienen PP en reemplazo volumétrico de la arena fina, en la cual se toma como base al bloque tradicional fabricado con arena fina y que no contiene PP. El bloque que contiene 10% de PP en reemplazo al volumen de la arena fina aumenta 1.92% en su absorción, mientras que el bloque que contiene 20% de PP aumenta 3.55% en su absorción, así mismo el bloque que contiene 30% de PP aumenta 4.98% en su absorción y la absorción del bloque que contiene el 40% de PP aumenta 6.42%.

Tabla 65

Aumento de la absorción promedio de los bloques fabricados con arena y PP.

AUMENTO DE LA ABSORCIÓN PROMEDIO DEL BLOQUE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
0%	1.92%	3.55%	4.98%	6.42%

4.3.5 Bloques fabricados con arena, cascajo y PP

En la Tabla 66 y en la Figura 104 la absorción promedio de los bloques tradicionales fabricados con arena fina y cascajo es del 13%, mientras que la absorción promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de la arena fina por PP es del 13%, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de la arena fina por PP la absorción promedio es del 15%, de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de la arena fina por PP la absorción promedio es del 17% y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de la arena fina por PP la absorción promedio es del 20%.

Tabla 66

Absorción promedio del bloque tradicional fabricado con arena y cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico de la arena.

ABSORCIÓN PROMEDIO DEL BLOQUE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
13%	13%	15%	17%	20%

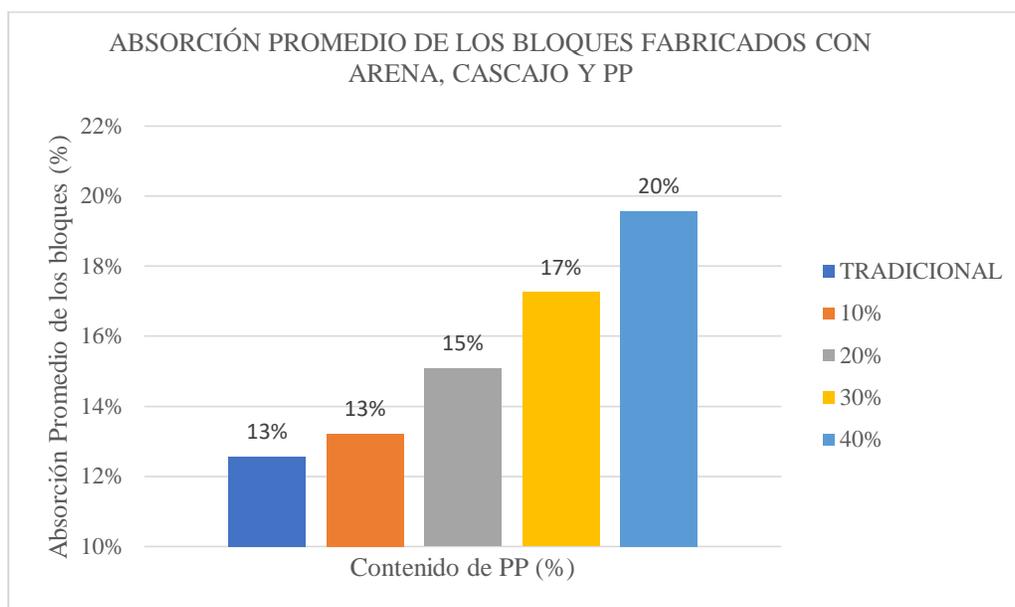


Figura 104. Absorción promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.

En la Tabla 67 se muestra el aumento de la absorción promedio de los bloques que contienen PP en reemplazo volumétrico de la arena fina, en la cual se toma como base al bloque tradicional fabricado con arena fina y cascajo sin contener PP. El bloque que contiene 10% de PP en reemplazo al volumen de la arena fina aumenta 0.65% en su absorción, mientras que el bloque que contiene 20% de PP aumenta 2.52% en su absorción, así mismo el bloque que contiene 30% de PP aumenta 4.69% en su absorción y la absorción del bloque que contiene el 40% de PP aumenta 7.01%.

Tabla 67

Aumento de la absorción promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.

AUMENTO DE LA ABSORCIÓN PROMEDIO DEL BLOQUE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
0%	0.65%	2.52%	4.69%	7.01%

4.4 Resultados de la densidad de los bloques

4.4.1 Procedimiento

La densidad de un bloque de hormigón es la masa por unidad de volumen del bloque (NTE INEN 694, 2010).

La densidad de los materiales de construcción es una propiedad importante, pues permite calcular cargas a las que está sometida una estructura ya que aportan cargas permanentes considerables que deben ser tomadas en cuenta para llevar a cabo un diseño estructural adecuado y una evaluación de las fuerzas de sismo, las cuales son proporcionales a la masa de la estructura (Navas & Fonseca, 2016).

Para el ensayo de absorción se requiere una muestra compuesta por tres bloques enteros sin defectos (NTE INEN 3066, 2016). Tres bloques son ensayados a los 14 días de su elaboración y tres bloques más a los 28 días de su elaboración, de todos estos especímenes ensayados se saca un promedio para el resultado final.

Los bloques ensayados son los bloques tradicionales elaborados con agregados pétreos, los bloques elaborados con 10% de ABS, con 20% de ABS, con 30% de ABS, con 40% de ABS, los elaborados con 10% de PP, con 20% de PP, con 30% de PP y con 40% de PP en reemplazo volumétrico por la arena fina.

La densidad es calculada de la unidad seca al horno de la siguiente manera: (NTE INEN 3066, 2016)

$$\text{Densidad (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_d}{M_s - M_i} * 1000$$

Donde

- M_s es la masa del bloque saturado (kg)
- M_i es la masa del bloque sumergido (kg)
- M_d es la masa del bloque seco al horno (kg)

El procedimiento para obtener los resultados de la masa del bloque saturado M_s , la masa del bloque sumergido M_i y la masa del bloque seco al horno M_d es de la misma manera que se realiza para la absorción de los bloques detallada en el numeral 4.3.1.

Los resultados de densidad de los bloques ensayados a los 14 días son muy semejantes a los ensayados a los 28 días como se muestra en la Tabla 68 con los bloques elaborados con arena, así mismo ocurre con los bloques elaborados con arena y cascajo como se muestra en la Tabla 69.

Tabla 68

Densidad de los bloques tradicionales fabricados con arena, además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.

DENSIDAD DE LOS BLOQUES FABRICADOS CON ARENA (kg/m ³)							
TIPO DE BLOQUE		a los 14 días			a los 28 días		
		BLOQUE		Promedio	BLOQUE		Promedio
con ABS	10%	Bloque 1	1996.22	1989.23	Bloque 1	1966.46	1971.12
		Bloque 2	1973.30		Bloque 2	2003.11	
		Bloque 3	1998.17		Bloque 3	1943.78	
	20%	Bloque 1	1847.02	1848.05	Bloque 1	1846.94	1846.61
		Bloque 2	1845.68		Bloque 2	1855.63	
		Bloque 3	1851.44		Bloque 3	1837.26	
	30%	Bloque 1	1706.39	1708.54	Bloque 1	1722.14	1717.20
		Bloque 2	1706.70		Bloque 2	1734.65	
		Bloque 3	1712.55		Bloque 3	1694.80	
	40%	Bloque 1	1572.29	1573.29	Bloque 1	1551.26	1548.99
		Bloque 2	1574.00		Bloque 2	1542.92	
		Bloque 3	1573.57		Bloque 3	1552.79	
con PP	10%	Bloque 1	1946.11	1939.85	Bloque 1	1950.54	1964.12
		Bloque 2	1955.55		Bloque 2	1946.99	
		Bloque 3	1917.90		Bloque 3	1994.83	
	20%	Bloque 1	1839.61	1838.42	Bloque 1	1835.67	1830.73

CONTINÚA

	Bloque 2	1839.00		Bloque 2	1818.57	
	Bloque 3	1836.65		Bloque 3	1837.96	
30%	Bloque 1	1745.01	1745.77	Bloque 1	1751.56	1758.01
	Bloque 2	1757.19		Bloque 2	1757.95	
	Bloque 3	1735.09		Bloque 3	1764.52	
40%	Bloque 1	1635.33	1650.76	Bloque 1	1668.68	1669.12
	Bloque 2	1655.85		Bloque 2	1674.20	
	Bloque 3	1661.10		Bloque 3	1664.48	
TRADICIONAL	Bloque 1	2105.85	2112.07	Bloque 1	2068.86	2097.65
	Bloque 2	2118.25		Bloque 2	2105.85	
	Bloque 3	2112.11		Bloque 3	2118.25	

Tabla 69

Densidad de los bloques tradicionales fabricados con arena y cascajo además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.

DENSIDAD DE LOS BLOQUES FABRICADOS CON ARENA Y CASCAJO (kg/m³)							
TIPO DE BLOQUE		a los 14 días			a los 28 días		
		BLOQUE		Promedio	BLOQUE		Promedio
con ABS	10%	Bloque 1	1604.51	1600.22	Bloque 1	1600.26	1590.50
		Bloque 2	1611.38		Bloque 2	1598.18	
		Bloque 3	1584.78		Bloque 3	1573.05	
	20%	Bloque 1	1524.97	1527.77	Bloque 1	1546.38	1549.79
		Bloque 2	1531.36		Bloque 2	1554.37	
		Bloque 3	1526.98		Bloque 3	1548.61	
	30%	Bloque 1	1490.84	1487.80	Bloque 1	1459.46	1464.14
		Bloque 2	1489.86		Bloque 2	1466.67	
		Bloque 3	1482.71		Bloque 3	1466.30	
	40%	Bloque 1	1402.77	1398.71	Bloque 1	1410.16	1409.82
		Bloque 2	1400.54		Bloque 2	1412.27	
		Bloque 3	1392.84		Bloque 3	1407.04	
con PP	10%	Bloque 1	1606.36	1575.43	Bloque 1	1608.53	1588.11
		Bloque 2	1570.83		Bloque 2	1560.60	
		Bloque 3	1549.11		Bloque 3	1595.19	
	20%	Bloque 1	1490.18	1546.48	Bloque 1	1564.07	1526.61
		Bloque 2	1575.55		Bloque 2	1522.85	
		Bloque 3	1573.70		Bloque 3	1492.90	
	30%	Bloque 1	1436.13	1432.97	Bloque 1	1420.69	1433.53
		Bloque 2	1447.45		Bloque 2	1446.43	
		Bloque 3	1415.32		Bloque 3	1433.47	
	40%	Bloque 1	1257.47	1326.01	Bloque 1	1320.94	1329.98
		Bloque 2	1358.64		Bloque 2	1322.19	
		Bloque 3	1361.93		Bloque 3	1346.81	
TRADICIONAL	Bloque 1	1672.81	1654.09	Bloque 1	1629.25	1629.95	
	Bloque 2	1664.50		Bloque 2	1625.69		
	Bloque 3	1624.95		Bloque 3	1634.92		

4.4.2 Bloques fabricados con arena y ABS

En la Tabla 70 y en la Figura 105 la densidad promedio de los bloques tradicionales fabricados con arena fina es de 2105 kg/m³, mientras que la densidad promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de la arena fina por ABS es de 1980 kg/m³, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de la arena fina por ABS la densidad promedio es de 1847 kg/m³, de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de la arena fina por ABS la densidad promedio es de 1713 kg/m³ y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de la arena fina por ABS la densidad promedio es de 1561 kg/m³.

Tabla 70

Densidad promedio del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico de la arena.

DENSIDAD PROMEDIO DEL BLOQUE (kg/m ³)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
2105	1980	1847	1713	1561

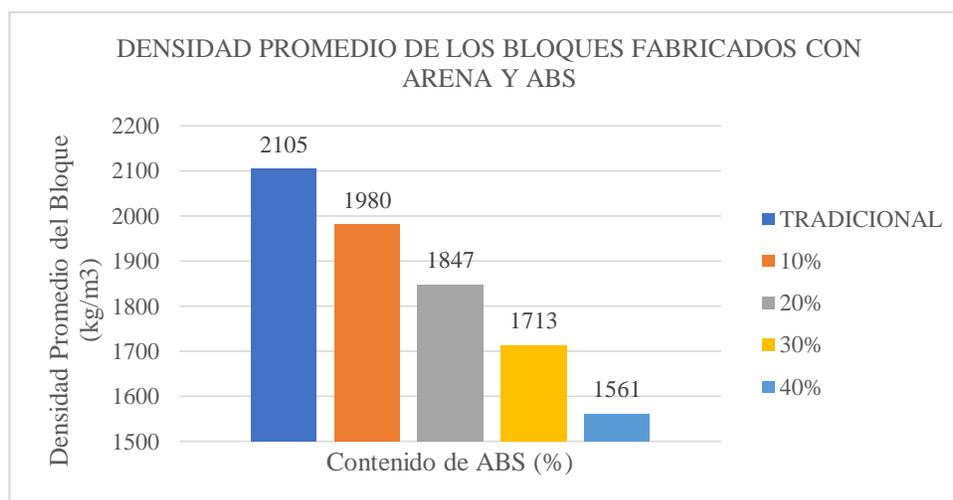


Figura 105. Densidad promedio de los bloques fabricados con arena y ABS.

Los tipos de bloques según su densidad se clasifican en livianos si la densidad del bloque es menor a 1680 kg/m^3 , en medianos si la densidad del bloque esta entre 1680 kg/m^3 y 2000 kg/m^3 ; y en normales si la densidad es mayor a 2000 kg/m^3 (NTE INEN 3066, 2016). Por lo tanto, en la Tabla 71 se indica el tipo de bloque según el resultado de la densidad promedio de cada bloque.

Tabla 71

Tipo de bloque según el resultado de su densidad de los bloques fabricados con arena y ABS.

TIPO DE BLOQUE (kg/m^3)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
NORMAL	MEDIANO	MEDIANO	MEDIANO	LIVIANO

En la Tabla 72 se muestra la reducción de la densidad promedio de los bloques que contienen ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina, en la cual se toma como base al bloque tradicional fabricado con arena fina y que no contiene ABS. El bloque que contiene 10% de ABS en reemplazo al volumen de la arena fina disminuye 124.69 kg/m^3 en su densidad que representa el 6% de la densidad del bloque tradicional, mientras que el bloque que contiene 20% de ABS disminuye 257.53 kg/m^3 en su densidad que representa el 12% de la densidad del bloque tradicional, así mismo el bloque que contiene 30% de ABS disminuye 391.99 kg/m^3 en su densidad que representa el 19% de la densidad del bloque tradicional y la densidad del bloque que contiene el 40% de ABS disminuye 543.72 kg/m^3 que representa el 26% de la densidad del bloque tradicional.

Tabla 72

Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena y ABS.

REDUCCIÓN DE LA DENSIDAD PROMEDIO DEL BLOQUE (kg/m^3)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
0%	-6%	-12%	-19%	-26%

En la Figura 106 se muestra la reducción del 6% de la densidad del bloque al reemplazar 10% de ABS por la arena fina, después al agregar 10% más de ABS disminuye 6% más de su densidad, posteriormente al agregar 10% más de ABS disminuye 7% más de su densidad y finalmente al agregar 10% más de ABS disminuye 7% más de su densidad.

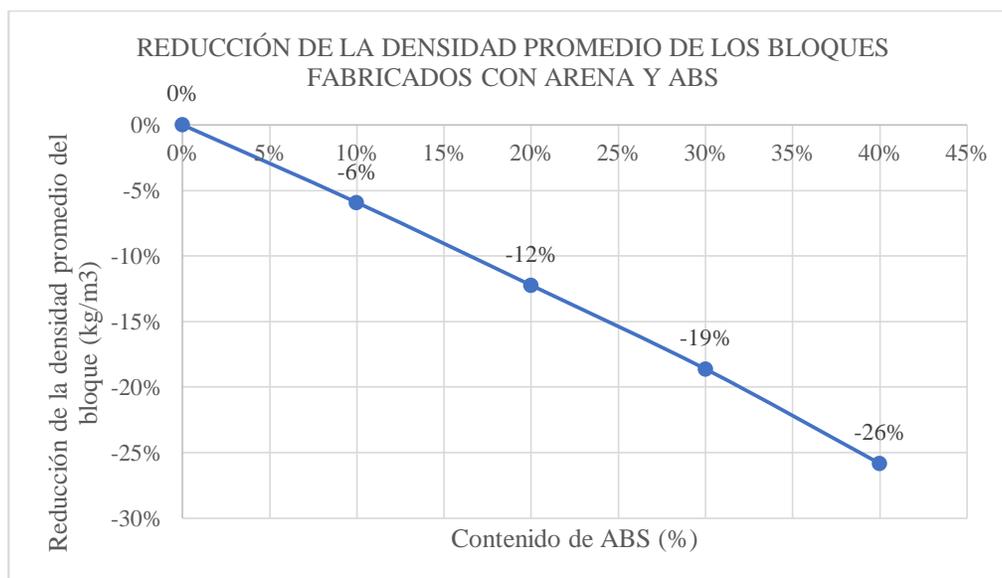


Figura 106. Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena y ABS.

4.4.3 Bloques fabricados con arena, cascajo y ABS

En la Tabla 73 y en la Figura 107 la densidad promedio de los bloques tradicionales fabricados con arena fina y cascajo es de 1642 kg/m^3 , mientras que la densidad promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de la arena fina por ABS es de 1595 kg/m^3 , de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de la arena fina por ABS la densidad promedio es de 1539 kg/m^3 , de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de la arena fina por ABS la densidad promedio es de 1476 kg/m^3 y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de la arena fina por ABS la densidad promedio es de 1404 kg/m^3 .

Tabla 73

Densidad promedio del bloque tradicional fabricado con arena, cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico de la arena.

DENSIDAD PROMEDIO DEL BLOQUE (kg/m ³)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30%ABS	40% ABS
1642	1595	1539	1476	1404

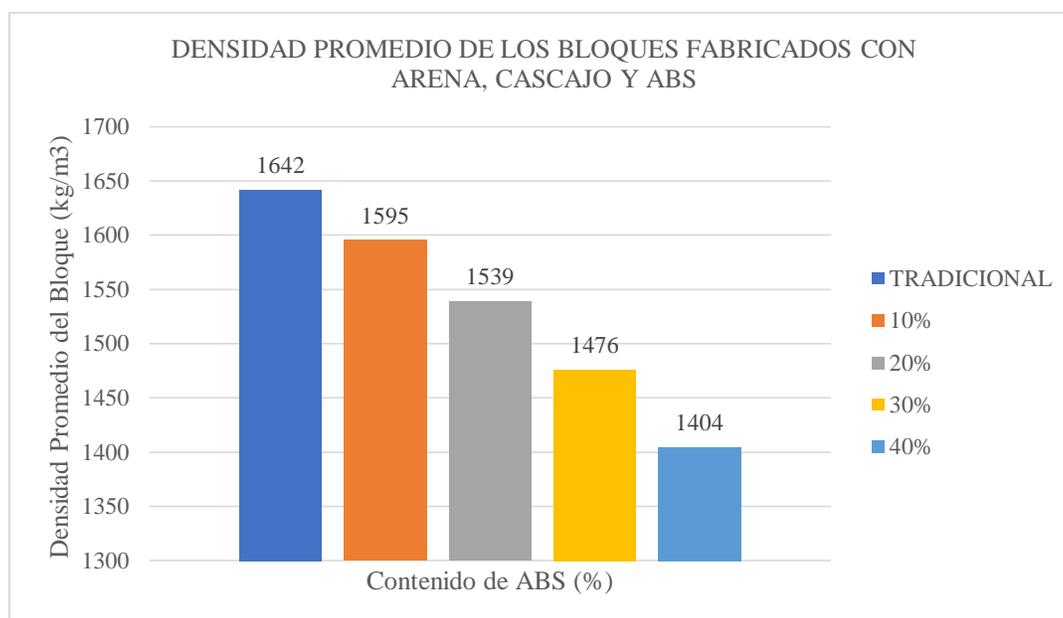


Figura 107. Densidad promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.

Los tipos de bloques según su densidad se clasifican en livianos si la densidad del bloque es menor a 1680 kg/m³, en medianos si la densidad del bloque esta entre 1680 kg/m³ y 2000 kg/m³; y en normales si la densidad es mayor a 2000 kg/m³ (NTE INEN 3066, 2016). Por lo tanto, en la Tabla 74 se indica el tipo de bloque según el resultado de la densidad promedio de cada bloque.

Tabla 74

Tipo de bloque según el resultado de su densidad de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.

TIPO DE BLOQUE (kg/m³)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y ABS			
LIVIANO	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
	LIVIANO	LIVIANO	LIVIANO	LIVIANO

En la Tabla 75 se muestra la reducción de la densidad promedio de los bloques que contienen ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina, en la cual se toma como base al bloque tradicional fabricado con arena fina, cascajo y que no contiene ABS. El bloque que contiene 10% de ABS en reemplazo al volumen de la arena fina disminuye 46.66 kg/m³ en su densidad que representa el 3% de la densidad del bloque tradicional, mientras que el bloque que contiene 20% de ABS disminuye 103.24 kg/m³ en su densidad que representa el 6% de la densidad del bloque tradicional, así mismo el bloque que contiene 30% de ABS disminuye 166.05 kg/m³ en su densidad que representa el 10% de la densidad del bloque tradicional y la densidad del bloque que contiene el 40% de ABS disminuye 237.75 kg/m³ que representa el 14% de la densidad del bloque tradicional.

Tabla 75

Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.

REDUCCIÓN DE LA DENSIDAD PROMEDIO DEL BLOQUE (kg/m³)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y ABS			
0%	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
	-3%	-6%	-10%	-14%

En la Figura 108 se muestra la reducción del 3% de la densidad del bloque al reemplazar 10% de ABS por la arena fina, después al agregar 10% más de ABS disminuye 3% más de su

densidad, posteriormente al agregar 10% más de ABS disminuye 4% más de su densidad y finalmente al agregar 10% más de ABS disminuye 4% más de su densidad.

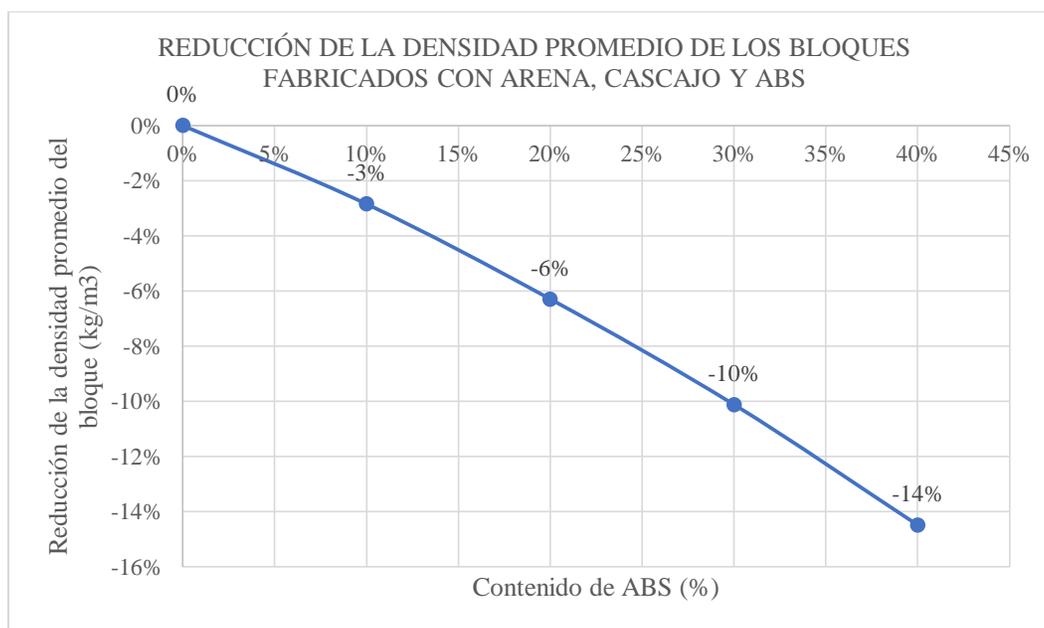


Figura 108. Reducción de la densidad de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.

4.4.4 Bloques fabricados con arena y PP

En la Tabla 76 y en la Figura 109 la densidad promedio de los bloques tradicionales fabricados con arena fina es de 2105 kg/m³, mientras que la densidad promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de la arena fina por PP es de 1952 kg/m³, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de la arena fina por PP la densidad promedio es de 1835 kg/m³, de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de la arena fina por PP la densidad promedio es de 1752 kg/m³ y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de la arena fina por PP la densidad promedio es de 1660 kg/m³.

Tabla 76

Densidad promedio del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico de la arena.

DENSIDAD PROMEDIO DEL BLOQUE (kg/m ³)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
2105	1952	1835	1752	1660

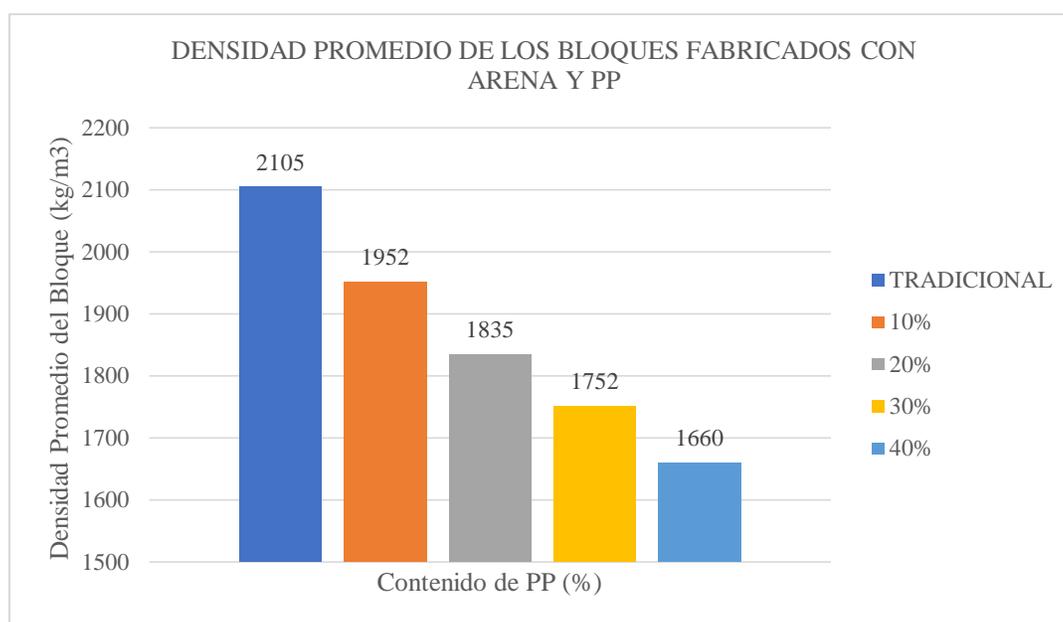


Figura 109. Densidad promedio de los bloques fabricados con arena y PP.

Los tipos de bloques según su densidad se clasifican en livianos si la densidad del bloque es menor a 1680 kg/m³, en medianos si la densidad del bloque esta entre 1680 kg/m³ y 2000 kg/m³; y en normales si la densidad es mayor a 2000 kg/m³ (NTE INEN 3066, 2016). Por lo tanto, en la Tabla 77 se indica el tipo de bloque según el resultado de la densidad promedio de cada bloque.

Tabla 77

Tipo de bloque según el resultado de su densidad de los bloques fabricados con arena y PP.

TIPO DE BLOQUE (kg/m ³)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y PP			
	10% PP	20% ABS	30% PP	40% PP
NORMAL	MEDIANO	MEDIANO	MEDIANO	LIVIANO

En la Tabla 78 se muestra la reducción de la densidad promedio de los bloques que contienen PP en reemplazo volumétrico de la arena fina, en la cual se toma como base al bloque tradicional fabricado con arena fina y que no contiene PP. El bloque que contiene 10% de PP en reemplazo al volumen de la arena fina disminuye 152.87 kg/m^3 en su densidad que representa el 7% de la densidad del bloque tradicional, mientras que el bloque que contiene 20% de PP disminuye 270.29 kg/m^3 en su densidad que representa el 13% de la densidad del bloque tradicional, así mismo el bloque que contiene 30% de PP disminuye 352.98 kg/m^3 en su densidad que representa el 17% de la densidad del bloque tradicional y la densidad del bloque que contiene el 40% de PP disminuye 444.92 kg/m^3 que representa el 21% de la densidad del bloque tradicional.

Tabla 78

Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena y PP.

REDUCCIÓN DE LA DENSIDAD PROMEDIO DEL BLOQUE (kg/m^3)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
0%	-7%	-13%	-17%	-21%

En la Figura 110 se muestra la reducción del 7% de la densidad del bloque al reemplazar 10% de PP por la arena fina, después al agregar 10% más de PP disminuye 6% más de su densidad, posteriormente al agregar 10% más de PP disminuye 4% más de su densidad y finalmente al agregar 10% más de PP disminuye 4% más de su densidad.

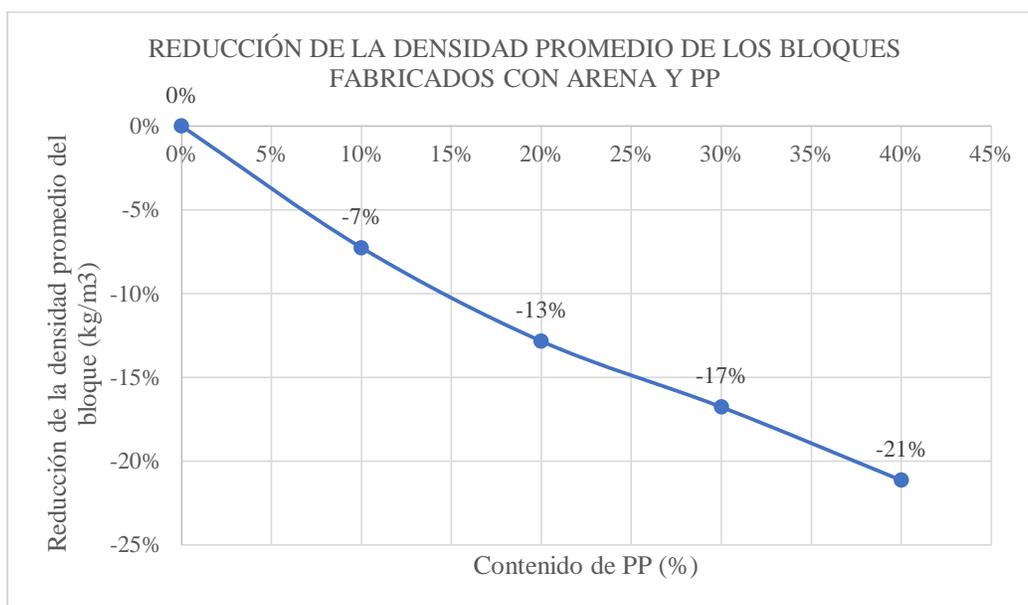


Figura 110. Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena y PP.

4.4.5 Bloques fabricados con arena, cascajo y PP

En la Tabla 79 y en la Figura 111 la densidad promedio de los bloques tradicionales fabricados con arena fina y cascajo es de 1642 kg/m³, mientras que la densidad promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de la arena fina por PP es de 1582 kg/m³, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de la arena fina por PP la densidad promedio es de 1537 kg/m³, de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de la arena fina por PP la densidad promedio es de 1433 kg/m³ y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de la arena fina por PP la densidad promedio es de 1328 kg/m³.

Tabla 79

Densidad promedio del bloque tradicional fabricado con arena, cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico de la arena.

DENSIDAD PROMEDIO DEL BLOQUE (kg/m ³)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
1642	1582	1537	1433	1328

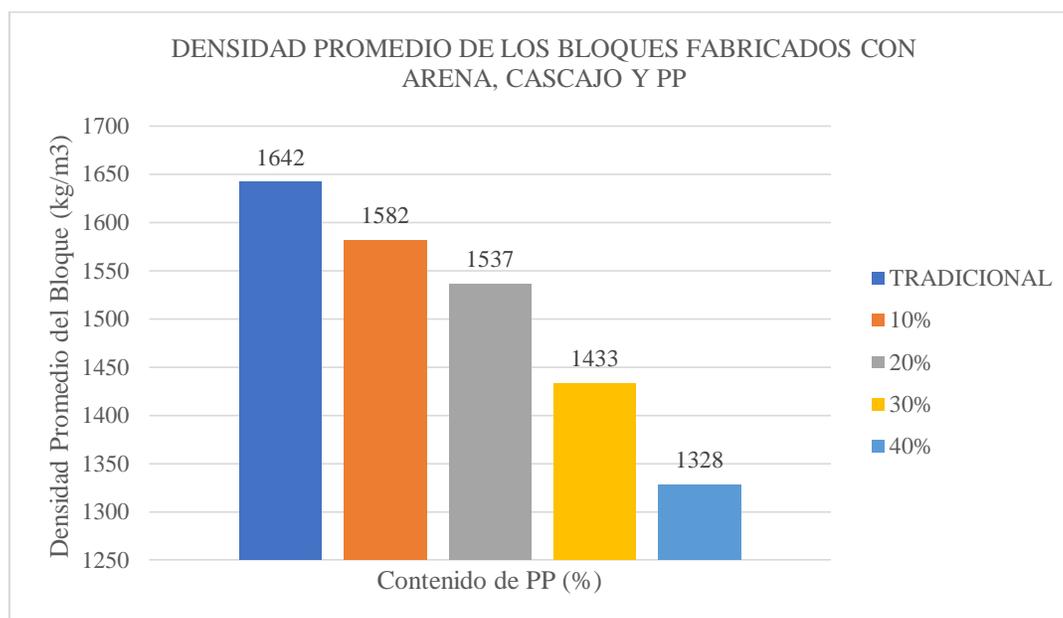


Figura 111. Densidad promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.

Los tipos de bloques según su densidad se clasifican en livianos si la densidad del bloque es menor a 1680 kg/m^3 , en medianos si la densidad del bloque esta entre 1680 kg/m^3 y 2000 kg/m^3 ; y en normales si la densidad es mayor a 2000 kg/m^3 (NTE INEN 3066, 2016). Por lo tanto, en la Tabla 80 se indica el tipo de bloque según el resultado de la densidad promedio de cada bloque.

Tabla 80

Tipo de bloque según el resultado de su densidad de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.

TIPO DE BLOQUE (kg/m^3)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y PP			
	10% PP	20% ABS	30% PP	40% PP
LIVIANO	LIVIANO	LIVIANO	LIVIANO	LIVIANO

En la Tabla 81 se muestra la reducción de la densidad promedio de los bloques que contienen PP en reemplazo volumétrico de la arena fina, en la cual se toma como base al bloque tradicional fabricado con arena fina, cascajo y que no contiene PP. El bloque que contiene 10% de

PP en reemplazo al volumen de la arena fina disminuye 60.25 kg/m^3 en su densidad que representa el 4% de la densidad del bloque tradicional, mientras que el bloque que contiene 20% de PP disminuye 105.48 kg/m^3 en su densidad que representa el 6% de la densidad del bloque tradicional, así mismo el bloque que contiene 30% de PP disminuye 208.77 kg/m^3 en su densidad que representa el 13% de la densidad del bloque tradicional y la densidad del bloque que contiene el 40% de PP disminuye 314.02 kg/m^3 que representa el 19% de la densidad del bloque tradicional.

Tabla 81

Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.

REDUCCIÓN DE LA DENSIDAD PROMEDIO DEL BLOQUE (kg/m^3)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
0%	-4%	-6%	-13%	-19%

En la Figura 112 se muestra la reducción del 4% de la densidad del bloque al reemplazar 10% de PP por la arena fina, después al agregar 10% más de PP disminuye 2% más de su densidad, posteriormente al agregar 10% más de PP disminuye 7% más de su densidad y finalmente al agregar 10% más de PP disminuye 6% más de su densidad.

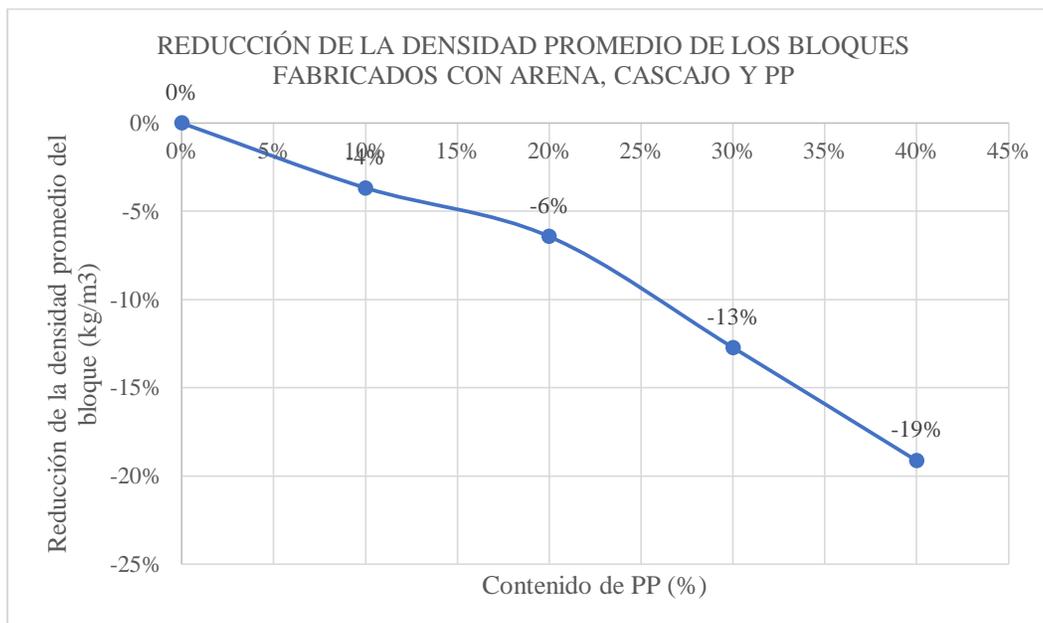


Figura 112. Reducción de la densidad promedio de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.

4.5 Resultados de la resistencia a la compresión simple de los bloques

4.5.1 Procedimiento

Los bloques que van a ser ensayados deben ser enteros, libres de humedad y sin rebabas o cualquier tipo de material adherido a las superficies de los bloques mediante el uso de una espátula como se muestra en la Figura 113 para posteriormente ser pesados. Cabe mencionar que los bloques deben ser almacenados sin estar apilados.



Figura 113. Remoción de rebabas de los bloques

Después de esto se moja a los especímenes con agua potable que van a ser refrentados con mortero de cemento hidráulico, este debe tener un espesor máximo de 6 mm, el cual debe estar nivelado ambas caras (superior e inferior) de los bloques en las dos direcciones mediante un nivel de burbuja. Las superficies de las capas de refrentado deben ser planas como se muestra en la Figura 114. Una vez que la capa de refrentado se haya solidificado se continua con el curado del bloque hasta la edad del ensayo previamente determinado (NTE INEN 3066, 2016).



Figura 114. Refrentado de los bloques

La resistencia a la compresión del refrentado debe ser de al menos 24 MPa, esta resistencia debe ser alcanzada previamente al ensayo de compresión simple que va ser sometido el bloque

(NTE INEN 2619, 2012). En la Tabla 82 se muestra el promedio de las seis muestras del mortero utilizado para el refrentado de los bloques. La dosificación del mortero para el refrentado es de 1:1 (cemento, arena) obteniendo una resistencia a la compresión de 248.11 kg/cm² o 24.32 MPa.

Tabla 82

Resistencia promedio a la compresión de las 6 muestras de mortero que se utiliza en el refrentado de los bloques.

Muestra	Base (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	5.08	5.08	25.81	237.50	6220	241.025
2	5.08	5.07	25.76	238.98	6190	240.257
3	5.12	5.05	25.84	239.04	6640	256.974
4	5.07	5.07	25.74	236.93	6270	243.602
5	5.08	5.16	26.20	257.34	6490	247.749
6	5.06	5.07	25.67	253.88	6650	259.047

Cuando las muestras alcanzan la edad en las que van a ser sometidas al ensayo de resistencia a la compresión simple estas deben estar libres de humedad visible para ser colocadas en la máquina de compresión como se muestra en la Figura 115 y se registra la carga máxima de compresión en kilogramos.



Figura 115. Muestra sometida a la carga máxima en la máquina de compresión.

El volumen neto de la unidad se calcula de la siguiente manera: (NTE INEN 3066, 2016)

$$V_n = (M_s - M_i) * 10^3$$

Donde

- V_n es el volumen neto de la unidad (cm^3)
- M_s es la masa de la unidad saturada (kg)
- M_i es la masa de la unidad sumergida (kg)

El área neta promedio de la unidad se calcula de la siguiente manera: (NTE INEN 3066, 2016)

$$A_n = \frac{V_n}{h}$$

Donde

- A_n es el área neta promedio de la unidad (cm^2)
- V_n es el volumen neto de la unidad (cm^3)
- h es la altura promedio de la unidad (cm)

La resistencia a la compresión simple del área neta de la unidad es calculada de la siguiente manera: (NTE INEN 3066, 2016)

$$\text{Resistencia a compresión del área neta (kg/cm}^2\text{)} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A_n}$$

Donde

- $P_{m\acute{a}x}$ es la carga máxima de compresión (kg)

- A_n es el área neta de la unidad (cm^2)
- $1 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kg/cm}^2$

El procedimiento para obtener los resultados de la masa del bloque saturado M_s , la masa del bloque sumergido M_i y la masa del bloque seco al horno M_d es de la misma manera que en apartado 4.3.1. El ensayo de resistencia a compresión se basa en la suposición de que las unidades utilizadas para determinar el volumen neto (unidades para determinar la absorción) tienen el mismo volumen neto que las unidades utilizadas para el ensayo de compresión. Las áreas determinadas como el promedio de las tres unidades ensayadas a absorción se asumen que son iguales a las unidades ensayadas a compresión (NTE INEN 3066, 2016).

La resistencia neta mínima a la compresión simple promedio de tres bloques es de 13.8MPa para los bloques de CLASE “A”, 4.0 MPa para los bloques de CLASE “B” y de 1.7 MPa para los bloques de CLASE “C”; se considera 1.0 MPa igual a 10.2 kg/cm² (NTE INEN 3066, 2016).

Los bloques ensayados son los bloques tradicionales elaborados con agregados pétreos, los bloques elaborados con 10% de ABS, con 20% de ABS, con 30% de ABS, con 40% de ABS, los elaborados con 10% de PP, con 20% de PP, con 30% de PP y con 40% de PP en reemplazo volumétrico por la arena fina.

Se toma como resultado final la resistencia neta a la compresión simple promedio de 3 especímenes a los 28 días de elaborado y curado, en vista que a esa edad adquiere su resistencia máxima. Los resultados de los bloques elaborados con arena fina y de los bloques elaborados con el 10%, 20%, 30% y 40% de ABS y PP en reemplazo del volumen de la arena fina a los 7, 14, 21 y 28 días se muestra en la Tabla 83, así mismo en la Tabla 84 los resultados de la resistencia neta

a la compresión simple de los bloques elaborados con arena fina y cascajo, como de los bloques elaborados con el 10%, 20%, 30% y 40% de ABS y PP en reemplazo del volumen de la arena fina a los 7, 14, 21 y 28 días.

Tabla 83

Resistencia neta a la compresión simple de los bloques tradicionales fabricados con arena, además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.

RESISTENCIA NETA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LOS BLOQUES FABRICADOS CON ARENA (MPa)													
TIPO DE BLOQUE		a los 7 días			a los 14 días			a los 21 días			a los 28 días		
		BLOQUE	Prom.		BLOQUE	Prom.		BLOQUE	Prom.		BLOQUE	Prom.	
con ABS	10%	Bloq 1	4.8	4.6	Bloq 1	5.2	5.1	Bloq 1	5.6	5.5	Bloq 1	6.1	6.5
		Bloq 2	4.5		Bloq 2	4.7		Bloq 2	5.3		Bloq 2	6.7	
		Bloq 3	4.4		Bloq 3	5.3		Bloq 3	5.8		Bloq 3	6.6	
	20%	Bloq 1	4.4	4.4	Bloq 1	4.6	4.8	Bloq 1	5.2	5.2	Bloq 1	6.0	6.1
		Bloq 2	4.5		Bloq 2	4.9		Bloq 2	5.1		Bloq 2	6.4	
		Bloq 3	4.4		Bloq 3	4.9		Bloq 3	5.2		Bloq 3	5.9	
	30%	Bloq 1	4.2	4.1	Bloq 1	4.5	4.6	Bloq 1	4.7	4.7	Bloq 1	5.4	5.3
		Bloq 2	3.9		Bloq 2	4.6		Bloq 2	4.7		Bloq 2	5.3	
		Bloq 3	4.0		Bloq 3	4.6		Bloq 3	4.6		Bloq 3	5.2	
	40%	Bloq 1	3.5	3.2	Bloq 1	3.4	3.3	Bloq 1	3.4	3.4	Bloq 1	4.0	4.0
		Bloq 2	2.9		Bloq 2	3.2		Bloq 2	3.5		Bloq 2	4.2	
		Bloq 3	3.1		Bloq 3	3.2		Bloq 3	3.3		Bloq 3	3.7	
con PP	10%	Bloq 1	4.0	3.8	Bloq 1	3.9	3.8	Bloq 1	4.1	3.9	Bloq 1	4.1	4.1
		Bloq 2	3.6		Bloq 2	3.7		Bloq 2	3.8		Bloq 2	4.2	
		Bloq 3	3.7		Bloq 3	4.0		Bloq 3	3.7		Bloq 3	4.0	
	20%	Bloq 1	2.4	2.3	Bloq 1	2.8	2.7	Bloq 1	2.9	2.9	Bloq 1	3.2	3.1
		Bloq 2	2.6		Bloq 2	2.7		Bloq 2	2.7		Bloq 2	3.1	
		Bloq 3	2.0		Bloq 3	2.5		Bloq 3	3.1		Bloq 3	3.1	
	30%	Bloq 1	2.1	1.7	Bloq 1	1.9	2.0	Bloq 1	1.9	2.1	Bloq 1	2.5	2.4
		Bloq 2	1.3		Bloq 2	2.3		Bloq 2	2.1		Bloq 2	2.4	
		Bloq 3	1.7		Bloq 3	2.0		Bloq 3	2.3		Bloq 3	2.3	
	40%	Bloq 1	1.2	1.3	Bloq 1	1.6	1.5	Bloq 1	1.6	1.6	Bloq 1	1.6	2.0
		Bloq 2	1.7		Bloq 2	1.3		Bloq 2	1.7		Bloq 2	2.1	
		Bloq 3	1.0		Bloq 3	1.6		Bloq 3	1.5		Bloq 3	2.1	
TRADICIONAL	Bloq 1	5.0	4.6	Bloq 1	4.9	4.9	Bloq 1	5.4	5.0	Bloq 1	5.7	6.0	
	Bloq 2	4.6		Bloq 2	4.4		Bloq 2	4.8		Bloq 2	6.3		
	Bloq 3	4.3		Bloq 3	5.3		Bloq 3	4.7		Bloq 3	6.0		

Tabla 84

Resistencia neta a la compresión simple de los bloques tradicionales fabricados con arena y cascajo además de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS y PP en reemplazo volumétrico por la arena.

RESISTENCIA NETA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LOS BLOQUES FABRICADOS CON ARENA Y CASCAJO (MPa)													
TIPO DE BLOQUE		a los 7 días			a los 14 días			a los 21 días			a los 28 días		
		BLOQUE	Prom.		BLOQUE	Prom.		BLOQUE	Prom.		BLOQUE	Prom.	
con ABS	10%	Bloq 1	2.8	2.7	Bloq 1	3.0	3.1	Bloq 1	3.5	3.5	Bloq 1	4.2	4.2
		Bloq 2	2.9		Bloq 2	3.3		Bloq 2	3.6		Bloq 2	4.2	
		Bloq 3	2.4		Bloq 3	3.1		Bloq 3	3.4		Bloq 3	4.1	
	20%	Bloq 1	2.6	2.7	Bloq 1	3.2	3.1	Bloq 1	3.5	3.3	Bloq 1	4.0	3.9
		Bloq 2	2.8		Bloq 2	3.0		Bloq 2	3.2		Bloq 2	3.8	
		Bloq 3	2.6		Bloq 3	3.1		Bloq 3	3.2		Bloq 3	3.8	
	30%	Bloq 1	2.5	2.5	Bloq 1	2.9	2.9	Bloq 1	3.0	3.1	Bloq 1	3.6	3.5
		Bloq 2	2.6		Bloq 2	2.9		Bloq 2	3.1		Bloq 2	3.5	
		Bloq 3	2.5		Bloq 3	2.8		Bloq 3	3.1		Bloq 3	3.5	
	40%	Bloq 1	2.3	2.4	Bloq 1	2.5	2.5	Bloq 1	2.5	2.6	Bloq 1	3.0	2.9
		Bloq 2	2.3		Bloq 2	2.4		Bloq 2	2.7		Bloq 2	2.8	
		Bloq 3	2.5		Bloq 3	2.5		Bloq 3	2.5		Bloq 3	2.8	
con PP	10%	Bloq 1	2.6	2.6	Bloq 1	2.9	2.8	Bloq 1	3.2	3.0	Bloq 1	3.6	3.6
		Bloq 2	2.5		Bloq 2	2.8		Bloq 2	2.9		Bloq 2	3.2	
		Bloq 3	2.7		Bloq 3	2.8		Bloq 3	3.0		Bloq 3	4.0	
	20%	Bloq 1	2.5	2.4	Bloq 1	2.8	2.7	Bloq 1	2.9	2.8	Bloq 1	3.0	3.0
		Bloq 2	2.0		Bloq 2	2.8		Bloq 2	2.7		Bloq 2	3.1	
		Bloq 3	2.7		Bloq 3	2.5		Bloq 3	2.8		Bloq 3	3.0	
	30%	Bloq 1	1.9	2.0	Bloq 1	2.1	2.0	Bloq 1	2.3	2.0	Bloq 1	2.3	2.2
		Bloq 2	1.9		Bloq 2	2.0		Bloq 2	2.0		Bloq 2	2.0	
		Bloq 3	2.1		Bloq 3	2.0		Bloq 3	1.8		Bloq 3	2.4	
	40%	Bloq 1	1.6	1.3	Bloq 1	1.5	1.4	Bloq 1	1.3	1.5	Bloq 1	1.7	1.7
		Bloq 2	1.3		Bloq 2	1.4		Bloq 2	1.6		Bloq 2	1.7	
		Bloq 3	1.1		Bloq 3	1.3		Bloq 3	1.4		Bloq 3	1.8	
TRADICIONAL	Bloq 1	2.7	2.8	Bloq 1	3.0	3.1	Bloq 1	3.2	3.2	Bloq 1	3.7	3.6	
	Bloq 2	2.6		Bloq 2	3.1		Bloq 2	3.2		Bloq 2	3.5		
	Bloq 3	2.9		Bloq 3	3.1		Bloq 3	3.3		Bloq 3	3.7		

4.5.2 Bloques fabricados con arena y ABS

En la Tabla 85 y en la Figura 116 se muestra la resistencia neta a la compresión simple a los 7, 14, 21 y 28 días de elaborados los bloques tradicionales fabricados con arena fina y de los bloques fabricados con arena fina y ABS. A los 28 días de haber fabricado y curado los bloques, en la cual llega a tener su máxima resistencia, los bloques tradicionales adquirieron una resistencia

neta promedio de 6.0 MPa, mientras que la resistencia neta promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de la arena fina por ABS es de 6.5 MPa, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de la arena fina por ABS la resistencia neta promedio es de 6.1 MPa, de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de la arena fina por ABS la resistencia neta promedio es de 5.3 MPa y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de la arena fina por ABS la resistencia neta promedio es de 4.0 MPa.

Tabla 85

Resistencia neta a la compresión simple del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico de la arena.

RESISTENCIA NETA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)						
DÍAS DE CURADO Y FABRICADO	BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y ABS				
		10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS	
7	4.6	4.6	4.4	4.1	3.2	
14	4.9	5.1	4.8	4.6	3.3	
21	5.0	5.5	5.2	4.7	3.5	
28	6.0	6.5	6.1	5.3	4.0	

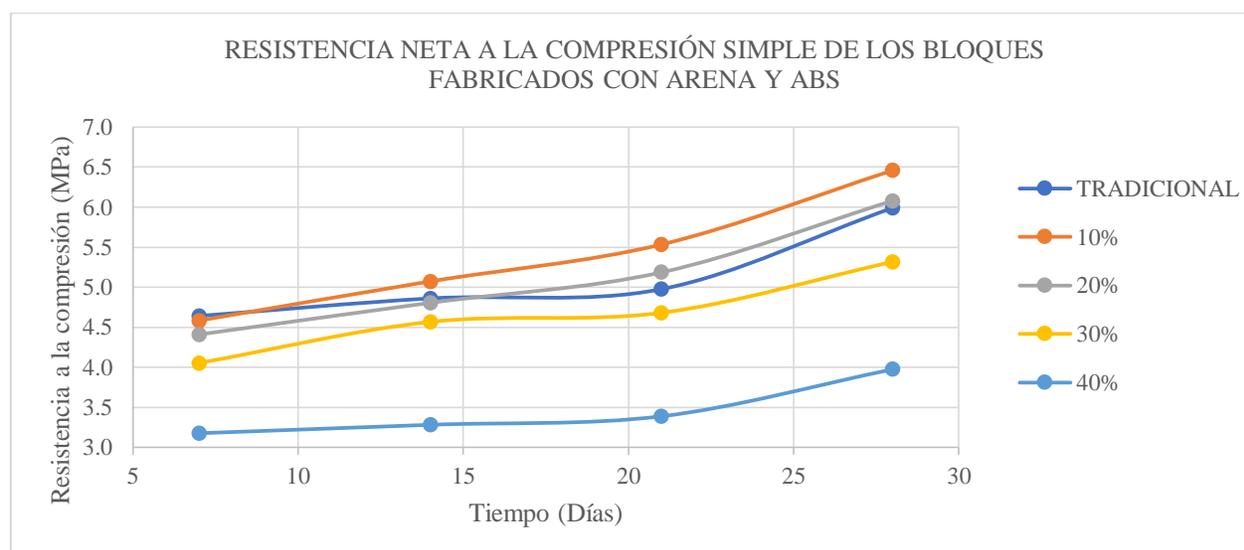


Figura 116. Resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena y ABS

Por lo tanto, en la Tabla 86 se indica la clase de bloque según el resultado de la resistencia neta a la compresión simple promedio a los 28 días de cada bloque.

Tabla 86

Clase de bloque según el resultado de su resistencia neta a la compresión simple del bloque fabricado con arena y ABS.

CLASE DEL BLOQUE SEGÚN SU RESISTENCIA				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
CLASE B	CLASE B	CLASE B	CLASE B	CLASE B

En la Tabla 87 se muestra el aumento y disminución de la resistencia neta a la compresión simple promedio de los bloques que contienen ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina a los 28 días de la elaboración y curado de los bloques, en la que se toma como referencia al bloque tradicional fabricado con arena fina. El bloque que contiene 10% de ABS en reemplazo al volumen de la arena fina aumenta 0.5 MPa en su resistencia neta que representa el 8% de la resistencia neta del bloque tradicional, mientras que el bloque que contiene 20% de ABS aumenta 0.1 MPa en su resistencia neta que representa el 1% de la resistencia neta del bloque tradicional, por otro lado el bloque que contiene 30% de ABS disminuye 0.7 MPa en su resistencia neta que representa el 11% de la resistencia neta del bloque tradicional y la resistencia neta del bloque que contiene el 40% de ABS disminuye 2.0 MPa que representa el 34% de la resistencia neta del bloque tradicional.

Tabla 87

Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena y ABS.

VARIACION DE LA RESISTENCIA NETA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
0%	8%	1%	-11%	-34%

En la Figura 117 se muestra el aumento del 8% de la resistencia neta a la compresión simple del bloque al reemplazar 10% de ABS por la arena fina, después al agregar 10% más de ABS disminuye 7% de la resistencia neta a la compresión simple con relación a la anterior dosificación, posteriormente al agregar 10% más de ABS disminuye 12% más de la resistencia neta a la compresión simple y finalmente al agregar 10% más de ABS disminuye 23% más de la resistencia neta a la compresión simple. Cabe mencionar que estos resultados son a los 28 días de haber fabricado y curado los bloques.

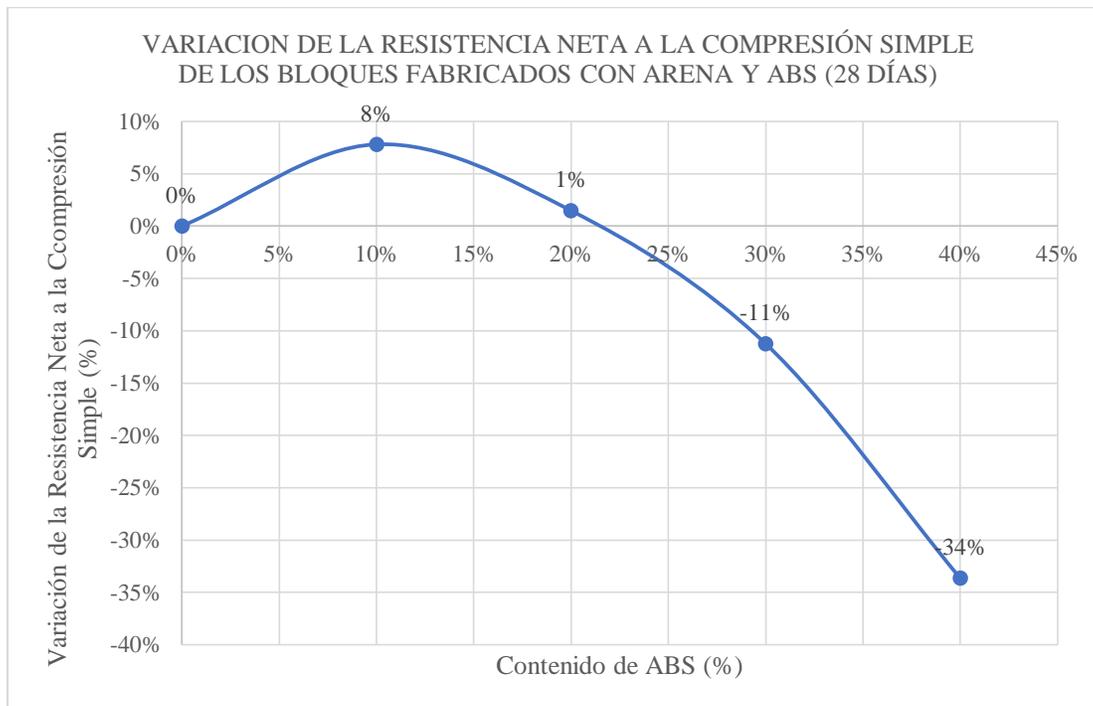


Figura 117. Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena y ABS

4.5.3 Bloques fabricados con arena, cascajo y ABS

En la Tabla 88 y en la Figura 118 se muestra la resistencia neta a la compresión simple a los 7, 14, 21 y 28 días de elaborados y curado de los bloques tradicionales fabricados con arena

fina y cascajo, así como de los bloques fabricados con arena fina, cascajo y ABS. A los 28 días de haber fabricado y curado los bloques, en la cual llega a tener su máxima resistencia, los bloques tradicionales adquirieron una resistencia neta promedio de 3.6 MPa, mientras que la resistencia neta promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de la arena fina por ABS es de 4.2 MPa, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de la arena fina por ABS la resistencia neta promedio es de 3.9 MPa, de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de la arena fina por ABS la resistencia neta promedio es de 3.5 MPa y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de la arena fina por ABS la resistencia neta promedio es de 2.9 MPa.

Tabla 88

Resistencia neta a la compresión simple del bloque tradicional fabricado con arena, cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de ABS en reemplazo volumétrico de la arena.

RESISTENCIA NETA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)						
DÍAS DE CURADO Y FABRICADO	BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y ABS				
		10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS	
7	2.8	2.7	2.7	2.5	2.4	
14	3.1	3.1	3.1	2.9	2.5	
21	3.2	3.5	3.3	3.1	2.6	
28	3.6	4.2	3.9	3.5	2.9	

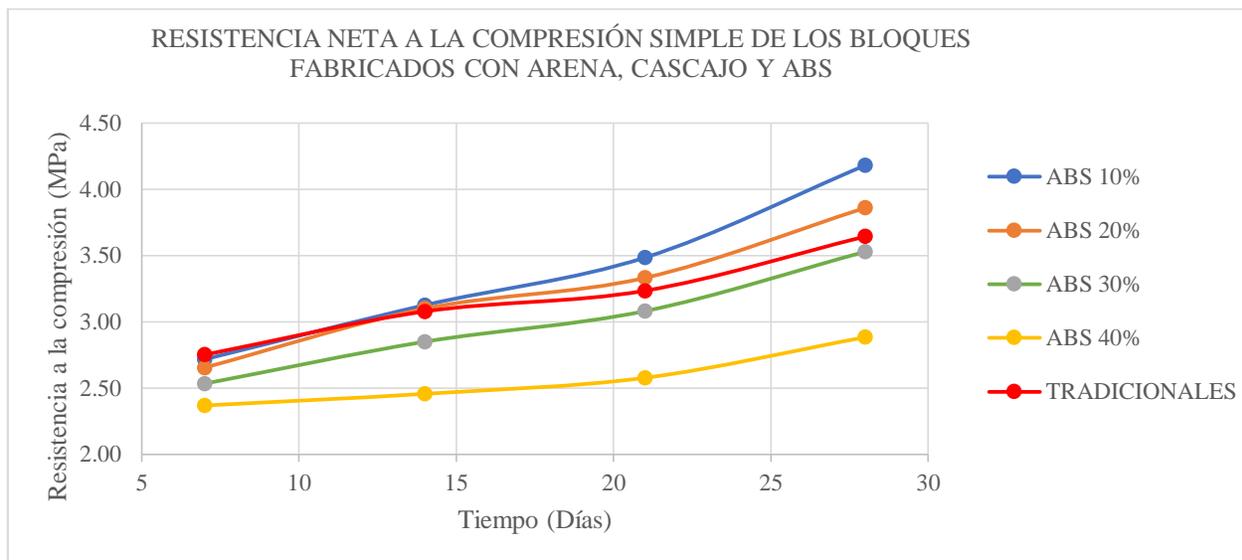


Figura 118. Resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS

Por lo tanto, en la Tabla 89 se indica la clase de bloque según el resultado de la resistencia neta a la compresión simple promedio a los 28 días de cada tipo de bloque.

Tabla 89

Clase de bloque según el resultado de su resistencia neta a la compresión simple del bloque fabricado con arena, cascajo y ABS

CLASE DEL BLOQUE SEGÚN SU RESISTENCIA				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
CLASE C	CLASE B	CLASE C	CLASE C	CLASE C

En la Tabla 90 se muestra el aumento y disminución de la resistencia neta a la compresión simple promedio de los bloques que contienen ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina a los 28 días de la elaboración y curado de los bloques, en la que se toma como referencia al bloque tradicional fabricado con arena fina y cascajo. El bloque que contiene 10% de ABS en reemplazo al volumen de la arena fina aumenta 0.6 MPa en su resistencia neta que representa el 15% de la

resistencia neta del bloque tradicional, mientras que el bloque que contiene 20% de ABS aumenta 0.2 MPa en su resistencia neta que representa el 6% de la resistencia neta del bloque tradicional, por otro lado el bloque que contiene 30% de ABS disminuye 0.1 MPa en su resistencia neta que representa el 3% de la resistencia neta del bloque tradicional y la resistencia neta del bloque que contiene el 40% de ABS disminuye 0.7 MPa que representa el 21% de la resistencia neta del bloque tradicional.

Tabla 90

Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS.

VARIACION DE LA RESISTENCIA NETA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
0%	15%	6%	-3%	-21%

En la Figura 119 se muestra el aumento del 15% de la resistencia neta a la compresión simple del bloque al reemplazar 10% de ABS por la arena, después al agregar 10% más de ABS disminuye 9% de la resistencia neta a la compresión simple con relación a la anterior dosificación, posteriormente al agregar 10% más de ABS disminuye 9% más de la resistencia neta a la compresión simple y finalmente al agregar 10% más de ABS disminuye 18% más de la resistencia neta a la compresión simple. Cabe mencionar que estos resultados son a los 28 días de haber fabricado y curado los bloques.

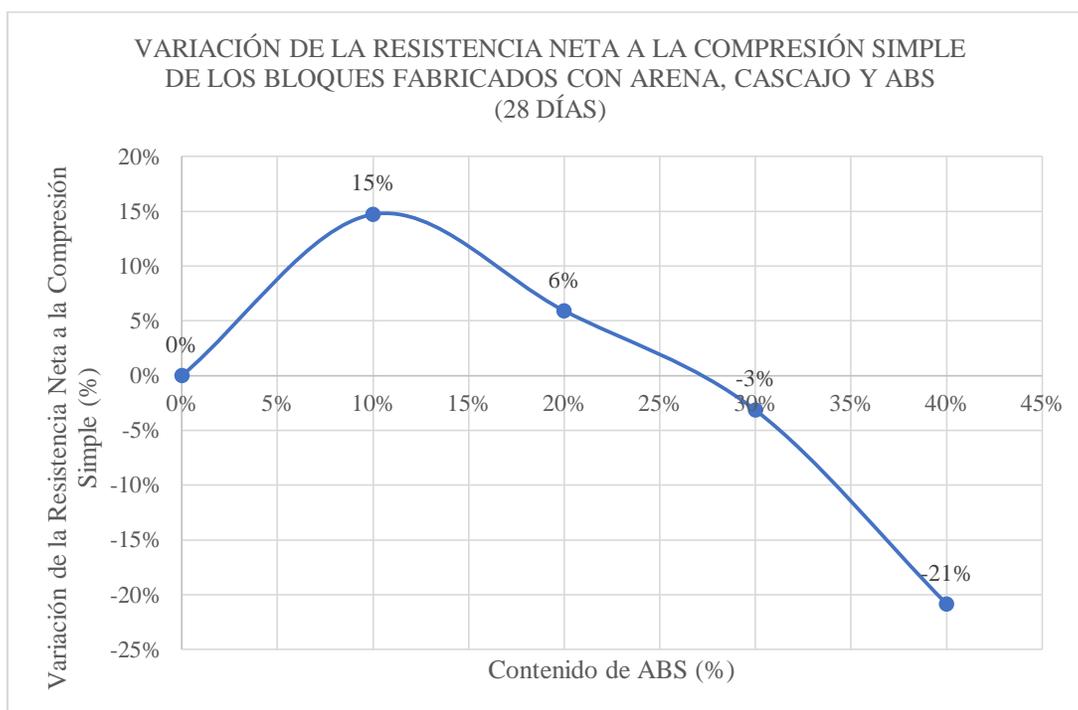


Figura 119. Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS

4.5.4 Bloques fabricados con arena y PP

En la Tabla 91 y en la Figura 120 se muestra la resistencia neta a la compresión simple a los 7, 14, 21 y 28 días de elaborados y curado de los bloques tradicionales fabricados con arena fina y así como de los bloques fabricados con arena fina y PP. A los 28 días de haber fabricado y curado los bloques, en la cual llega a tener su máxima resistencia, los bloques tradicionales adquirieron una resistencia neta promedio de 6.0 MPa, mientras que la resistencia neta promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de la arena fina por PP es de 4.1 MPa, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de la arena fina por PP la resistencia neta promedio es de 3.1 MPa, de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de la arena fina por PP la resistencia neta promedio es de 2.4 MPa y los bloques que

se reemplaza el 40% del volumen de la arena fina por PP la resistencia neta promedio es de 2.0 MPa.

Tabla 91

Resistencia neta a la compresión simple del bloque tradicional fabricado con arena y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico de la arena.

RESISTENCIA NETA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)					
DÍAS DE CURADO Y FABRICADO	BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y PP			
		10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
7	4.6	3.8	2.3	1.7	1.3
14	4.9	3.8	2.7	2.0	1.5
21	5.0	3.9	2.9	2.1	1.6
28	6.0	4.1	3.1	2.4	2.0

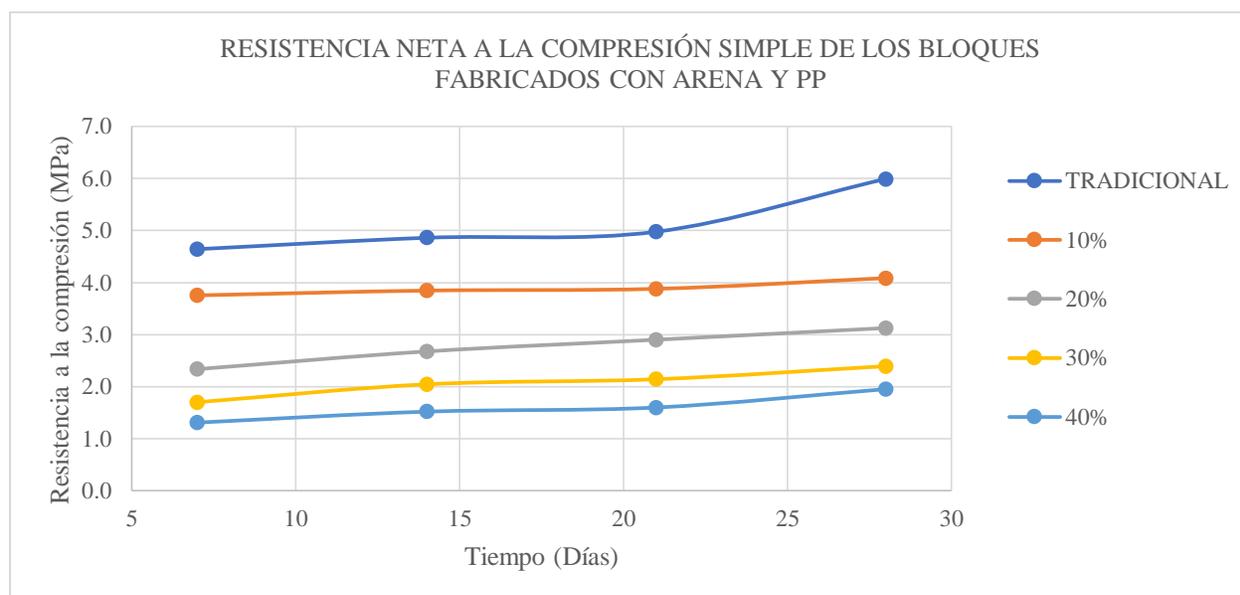


Figura 120. Resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena y PP

Por lo tanto, en la Tabla 92 se indica la clase de bloque según el resultado de la resistencia neta a la compresión simple promedio a los 28 días de cada bloque.

Tabla 92

Clase de bloque según el resultado de su resistencia neta a la compresión simple del bloque fabricado con arena y PP

CLASE DEL BLOQUE SEGÚN SU RESISTENCIA				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
CLASE B	CLASE B	CLASE C	CLASE C	CLASE C

En la Tabla 93 se muestra la disminución de la resistencia neta a la compresión simple promedio de los bloques que contienen PP en reemplazo volumétrico de la arena fina a los 28 días de la elaboración y curado de los bloques, en la que se toma como referencia al bloque tradicional fabricado con arena fina. El bloque que contiene 10% de PP en reemplazo al volumen de la arena fina disminuye 1.9 MPa en su resistencia neta que representa el 32% de la resistencia neta del bloque tradicional, mientras que el bloque que contiene 20% de PP disminuye 2.9 MPa en su resistencia neta que representa el 48% de la resistencia neta del bloque tradicional, por otro lado el bloque que contiene 30% de PP disminuye 3.6 MPa en su resistencia neta que representa el 60% de la resistencia neta del bloque tradicional y la resistencia neta del bloque que contiene el 40% de PP disminuye 4.0 MPa que representa el 67% de la resistencia neta del bloque tradicional.

Tabla 93

Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena y PP.

VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA NETA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA	BLOQUE FABRICADO CON ARENA Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
0%	-32%	-48%	-60%	-67%

En la Figura 121 se muestra la disminución del 32% de la resistencia neta a la compresión simple del bloque al reemplazar 10% de PP por la arena fina, después al agregar 10% más de PP

disminuye 16% de la resistencia neta a la compresión simple con relación a la anterior dosificación, posteriormente al agregar 10% más de PP disminuye 12% más de la resistencia neta a la compresión simple y finalmente al agregar 10% más de PP disminuye 7% más de la resistencia neta a la compresión simple. Cabe mencionar que estos resultados son a los 28 días de haber fabricado y curado los bloques.

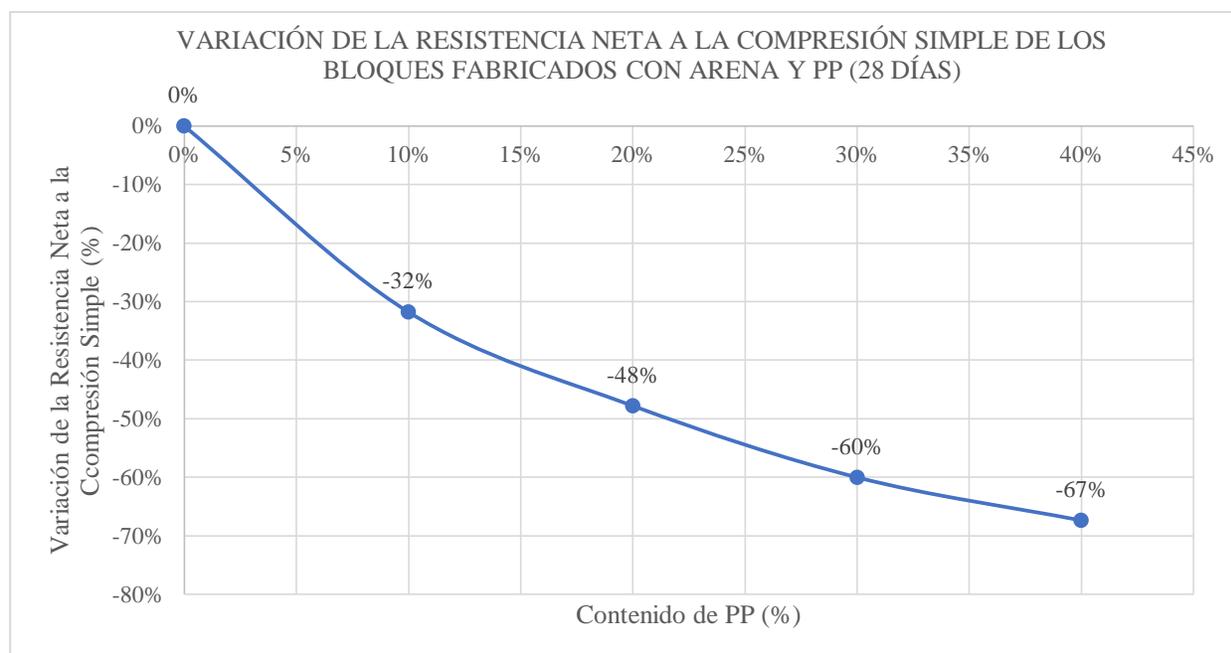


Figura 121. Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena y PP

4.5.5 Bloques fabricados con arena, cascajo y PP

En la Tabla 94 y en la Figura 122 se muestra la resistencia neta a la compresión simple a los 7, 14, 21 y 28 días de elaborados y curado de los bloques tradicionales fabricados con arena fina y cascajo, así como de los bloques fabricados con arena fina, cascajo y PP. A los 28 días de haber fabricado y curado los bloques, en la cual llega a tener su máxima resistencia, los bloques tradicionales adquirieron una resistencia neta promedio de 3.6 MPa, mientras que la resistencia

neta promedio de los bloques que se reemplaza el 10% del volumen de la arena fina por PP es de 3.6 MPa, de la misma manera con los bloques que se reemplaza el 20% del volumen de la arena fina por PP la resistencia neta promedio es de 3.0 MPa, de igual forma con los bloques que se reemplaza el 30% del volumen de la arena fina por PP la resistencia neta promedio es de 2.2 MPa y los bloques que se reemplaza el 40% del volumen de la arena fina por PP la resistencia neta promedio es de 1.7 MPa.

Tabla 94

Resistencia neta a la compresión simple del bloque tradicional fabricado con arena, cascajo y de los bloques fabricados con los diferentes porcentajes de PP en reemplazo volumétrico de la arena.

DÍAS DE CURADO Y FABRICADO	RESISTENCIA NETA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)				
	BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y PP			
		10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
7	2.8	2.6	2.2	2.0	1.3
14	3.1	2.8	2.7	2.0	1.4
21	3.2	3.0	2.8	2.0	1.5
28	3.6	3.6	3.0	2.2	1.7

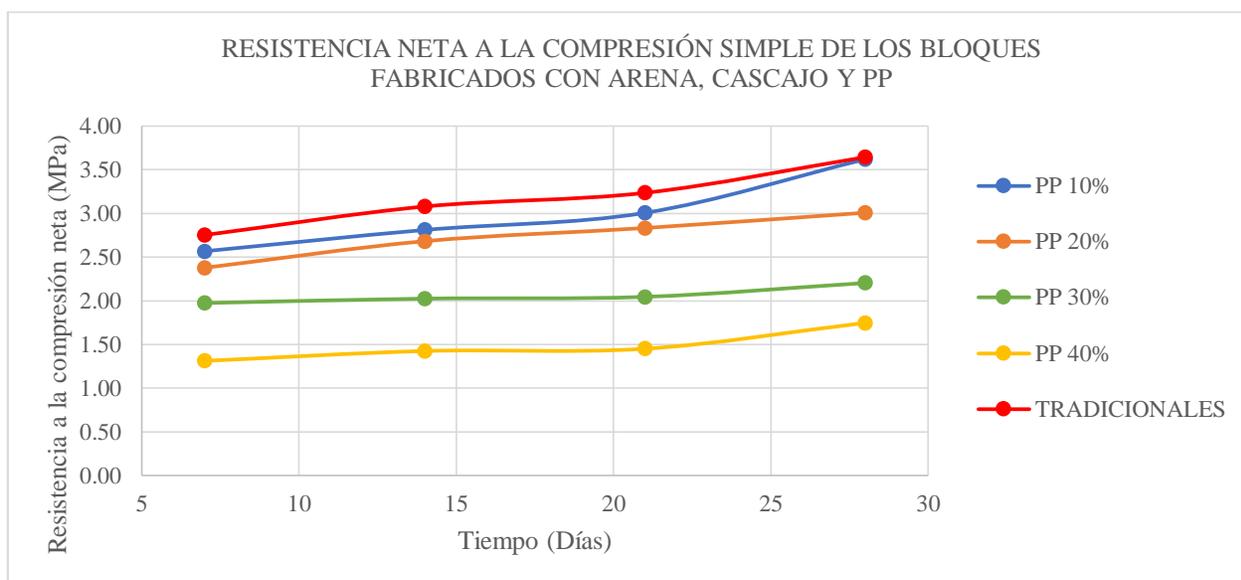


Figura 122. Resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP

Por lo tanto, en la Tabla 95 se indica la clase de bloque según el resultado de la resistencia neta a la compresión simple promedio a los 28 días de cada tipo de bloque.

Tabla 95

Clase de bloque según el resultado de su resistencia neta a la compresión simple del bloque fabricado con arena, cascajo y PP.

CLASE DEL BLOQUE SEGÚN SU RESISTENCIA				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
CLASE C	CLASE C	CLASE C	CLASE C	CLASE C

En la Tabla 96 se muestra la disminución de la resistencia neta a la compresión simple promedio de los bloques que contienen PP en reemplazo volumétrico de la arena fina a los 28 días de la elaboración y curado de los bloques, en la que se toma como referencia al bloque tradicional fabricado con arena fina y cascajo. El bloque que contiene 10% de PP en reemplazo al volumen de

la arena fina disminuye 0.02 MPa en su resistencia neta que representa el 1% de la resistencia neta del bloque tradicional, mientras que el bloque que contiene 20% de PP disminuye 0.64 MPa en su resistencia neta que representa el 17% de la resistencia neta del bloque tradicional, por otro lado el bloque que contiene 30% de PP disminuye 1.44 MPa en su resistencia neta que representa el 40% de la resistencia neta del bloque tradicional y la resistencia neta del bloque que contiene el 40% de PP disminuye 1.9 MPa que representa el 52% de la resistencia neta del bloque tradicional.

Tabla 96

Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP.

VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA NETA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (%)				
BLOQUE TRADICIONAL FABRICADO CON ARENA Y CASCAJO	BLOQUE FABRICADO CON ARENA, CASCAJO Y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
0%	-1%	-17%	-40%	-52%

En la Figura 123 se muestra la disminución del 1% de la resistencia neta a la compresión simple del bloque al reemplazar 10% de PP por la arena fina, después al agregar 10% más de PP disminuye 16% de la resistencia neta a la compresión simple con relación a la anterior dosificación, posteriormente al agregar 10% más de PP disminuye 23% más de la resistencia neta a la compresión simple y finalmente al agregar 10% más de PP disminuye 12% más de la resistencia neta a la compresión simple. Cabe mencionar que estos resultados son a los 28 días de haber fabricado y curado los bloques.

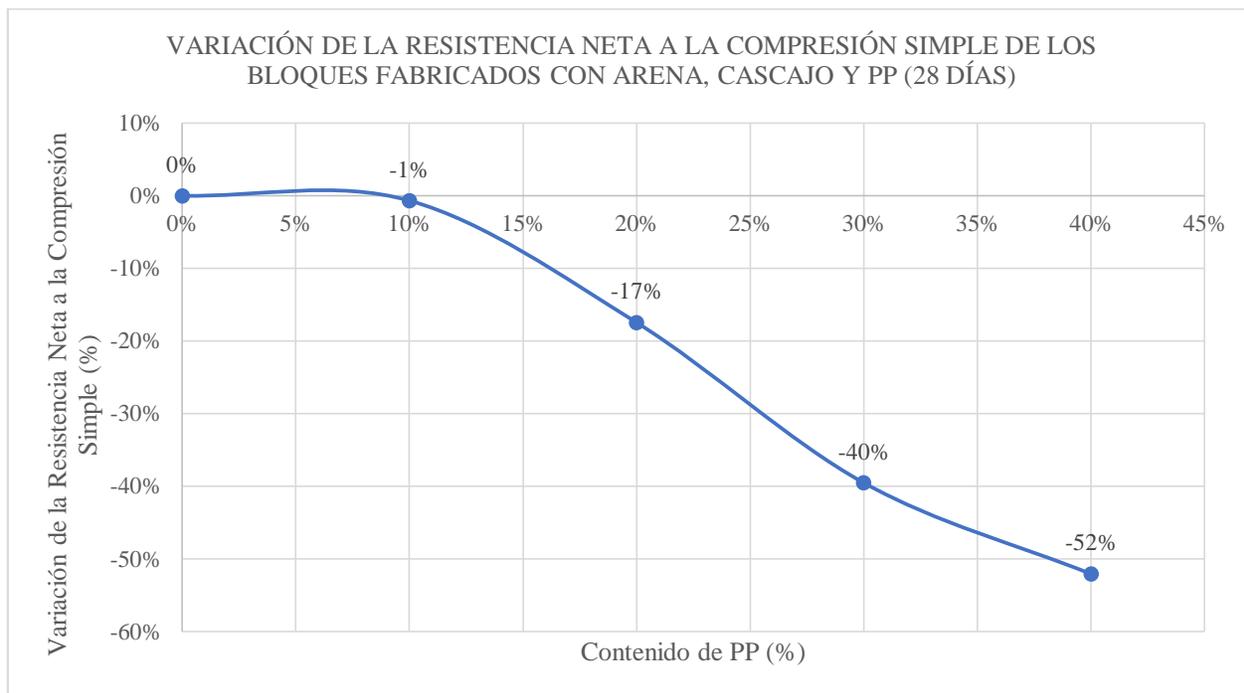


Figura 123. Variación de la resistencia neta a la compresión simple de los bloques fabricados con arena, cascajo y PP

4.6 Planos de falla de los bloques sometidos al ensayo de resistencia a la compresión

4.6.1 Bloques fabricados con arena y ABS

A continuación, en las Figuras 124, 125, 126, 127 se muestran las fallas en la pared y en el tabique externo de los bloques después de haberlos sometidos al ensayo de compresión simple, se puede observar que en todos los bloques fabricados con arena y con los diferentes porcentajes de ABS, la falla o grieta se formó en sentido (vertical) paralelo a la dirección de la carga sometida al bloque.



Figura 124. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 10% de ABS.



Figura 125. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 20% de ABS.



Figura 126. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 30% de ABS.



Figura 127. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 40% de ABS.

4.6.2 Bloques fabricados con arena, cascajo y ABS

A continuación, en las Figuras 128, 129, 130, 131 se muestran las fallas en la pared y en el tabique externo de los bloques después de haberlos sometidos al ensayo de compresión simple, se puede observar que, en todos los bloques fabricados con arena, cascajo y con los diferentes porcentajes de ABS, la falla se formó en sentido (vertical) paralelo a la dirección de la carga sometida al bloque con una ligera tendencia inclinada. Además, que ningún bloque presentó una grieta en forma explosiva.



Figura 128. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 10% de ABS.



Figura 129. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 20% de ABS.



Figura 130. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 30% de ABS.



Figura 131. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 40% de ABS.

4.6.3 Bloques fabricados con arena y PP

A continuación, en las Figuras 132, 133, 134, 135 se muestran las fallas en la pared y en el tabique externo de los bloques después de haberlos sometidos al ensayo de compresión simple, se puede observar que en todos los bloques fabricados con arena y con los diferentes porcentajes de PP, la falla se formó en sentido (vertical) paralelo a la dirección de la carga sometida al bloque y en algunos casos una grieta ligeramente inclinada.



Figura 132. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 10% de PP.



Figura 133. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 20% de PP.



Figura 134. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 30% de PP.



Figura 135. Plano de falla del bloque fabricado con arena y 40% de PP.

4.6.4 Bloques fabricados con arena, cascajo y PP

A continuación, en las Figuras 136, 137, 138, 139 se muestran las fallas en la pared y en el tabique externo de los bloques después de haberlos sometidos al ensayo de compresión simple, se puede observar que, en todos los bloques fabricados con arena, cascajo y con los diferentes porcentajes de PP, la falla se formó en sentido (vertical) paralelo a la dirección de la carga sometida al bloque.

Este tipo de agrietamiento o falla se produce por la baja relación de esbeltez del bloque y por el confinamiento lateral (Barbosa & Hanai, 2006).



Figura 136. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 10% de PP.



Figura 137. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 20% de PP.



Figura 138. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 30% de PP.



Figura 139. Plano de falla del bloque fabricado con arena, cascajo y 40% de PP.

4.7 Análisis de costos

4.7.1 Consideraciones

Para el cálculo del análisis del precio unitario en la fabricación de bloques de 15x20x40 cm se considera los siguientes aspectos:

- Se fabrican 1360 bloques tradicionales diarios.
- La cuadrilla para la fabricación de los bloques es de 3 peones y 1 inspector.
- El equipo que se utiliza es la máquina mezcladora y la máquina bloquera.
- El costo de la máquina mezcladora es de 2800 dólares americanos.
- El costo de la máquina bloquera es de 2500 dólares americanos.
- El costo horario de la mano de obra es tomada del reajuste de precios salarios mínimos por ley del 2019 emitidos por la Contraloría General del Estado del Ecuador.
- El costo de la volqueta de 8 m³ de arena fina es de 83 dólares americanos.
- El costo de la volqueta de 8 m³ de cascajo es de 60 dólares americanos.
- El costo del kilogramo del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) en forma peletizada es de 0.68 dólares americanos.

- El costo del kilogramo de polipropileno (PP) en forma de picadillo es de 0.18 dólares americanos.
- El costo del metro cúbico de agua para la industria es de 0.75 dólares americanos en el Distrito Metropolitano de Quito.
- El costo indirecto más la utilidad es del 20% del costo directo, desglosado de la siguiente manera: 6% para gastos administrativos, 2% para seguros, 1% para imprevistos, 2% para impuestos y 9% de utilidad.
- Las medidas de una parihuela son de 0.30 m de largo por 0.30 m de ancho por 0.30 m de profundidad, con un volumen de 0.027 m³.

4.7.2 Costo-horario del equipo

Para el cálculo de la tarifa horaria de la máquina mezcladora se realiza de la siguiente manera:

Gastos fijos

- Intereses sobre capital

$$I = \frac{V_a * i}{H_a}$$

Donde:

- I Interés sobre capital (USD/hora)
- V_a Valor del equipo nuevo (USD)
- i Interés anual (%)
- H_a Horas normales promedio anuales (horas/año)

$$V_a = 2800 \text{ USD}$$

$$i = 12\%$$

$$H_a = 7 \text{ horas/día} * 22 \text{ días/mes} * 12 \text{ meses/año} = 1848 \text{ horas/año}$$

$$I = \frac{V_a * i}{H_a}$$

$$I = \frac{2800 * 0.12}{1848}$$

$$I = 0.182 \text{ USD/hora}$$

- Depreciación

$$D = \frac{V_a}{V_f}$$

Donde:

- D Depreciación (USD/hora)
- V_a Valor del equipo nuevo (USD)
- V_f Vida fiscal del equipo (5 años)

$$V_f = 5 \text{ años} * 1848 \text{ horas/año} = 9240 \text{ horas}$$

$$D = \frac{V_a}{V_f}$$

$$D = \frac{2800 \text{ USD}}{9240 \text{ horas}}$$

$$D = 0.303 \text{ USD/hora}$$

- Reparaciones

$$R = Q * D$$

Donde:

- R Reparaciones (USD/hora)
- Q Coeficiente estadístico de reparación
- D Depreciación

$$Q = 0.30$$

$$R = Q * D$$

$$R = 0.30 * 0.303 \text{ USD/hora}$$

$$R = 0.091 \text{ USD/hora}$$

- Seguros

$$S = \frac{V_a * s}{H_a}$$

Donde:

- V_a Valor del equipo nuevo
- s Prima anual en porcentaje decimal (2%)
- H_a Horas normales promedio anuales (horas/año)

$$S = \frac{V_a * s}{H_a}$$

$$S = \frac{2800 \text{ USD} * 0.02}{1848 \text{ horas/año}}$$

$$S = 0.030 \text{ USD/hora}$$

- Gastos anuales de almacenamiento

$$A = \frac{G_a}{H_a}$$

Donde:

- A Gastos anuales de almacenamiento
- G_a Gastos anuales (parquero + matrícula)
- H_a Horas normales promedio anuales

NO APLICA

$$SUB \text{ TOTAL Gastos fijos} = I + D + R + S + A$$

$$SUB \text{ TOTAL Gastos fijos} = 0.182 + 0.303 + 0.091 + 0.030 + 0.00$$

$$SUB \text{ TOTAL Gastos fijos} = 0.61 \text{ USD/h}$$

- Factor de utilización

$$Fu = \frac{\text{meses del año}}{\text{meses activos del equipo}}$$

$$Fu = \frac{12}{11}$$

$$Fu = 1.09$$

$$TOTAL \text{ Gastos fijos} = SUB \text{ TOTAL Gastos fijos} * Fu$$

$$TOTAL \text{ Gastos fijos} = 0.61 \text{ USD/h} * 1.09$$

$$TOTAL \text{ Gastos fijos} = 0.66 \text{ USD/h}$$

Gastos de Operación

- Combustibles

$$E = C * Pc$$

Donde:

- E Combustible
- C Consumo horario
- Pc Precio del combustible

NO APLICA

- Lubricantes

$$L = a * P_L$$

Donde:

- L Lubricantes
- a Cantidad de lubricante por hora
- P_L Precio del lubricante puesto en la maquina

$$L = a * P_L$$

$$L = 0.038 \text{ lb/hora} * 6 \text{ USD/lb}$$

$$L = 0.228 \text{ USD/hora}$$

- Llantas

$$L_L = \frac{V_L}{H_L}$$

Donde:

- L_L Llantas
- V_L Valor de las llantas
- H_L Horas de vida de las llantas

NO APLICA

- Operación

$$O = \frac{S_o}{H}$$

Donde:

- O Operación (USD/hora)
- S_o Gasto diario de operación o gasto mensual (USD)
- H Horas de trabajo por turno o mensuales (horas)

$$O = \frac{S_o}{H}$$

$$O = \frac{34 \text{ USD}}{154 \text{ horas}}$$

$$O = 0.221 \text{ USD/hora}$$

- Fletes

NO APLICA

$$TOTAL \text{ Gastos de operación} = E + L + Ll + O + F$$

$$TOTAL \text{ Gastos de operación} = 0.00 + 0.228 + 0.00 + 0.221 + 0.00$$

$$TOTAL \text{ Gastos de operación} = 0.45 \text{ USD/h}$$

$$SUB \text{ TOTAL} = TOTAL \text{ Gastos fijos} + TOTAL \text{ Gastos de operación}$$

$$SUB \text{ TOTAL} = 0.66 \text{ USD/h} + 0.45 \text{ USD/h}$$

$$SUB \text{ TOTAL} = 1.11 \text{ USD/h}$$

PORCENTAJE DE UTILIDAD 10%

$$COSTO \text{ HORARIO MEZCLADORA} = SUBTOTAL * PORCENTAJE DE UTILIDAD$$

$$COSTO \text{ HORARIO MEZCLADORA} = 1.11 \text{ USD/h} * 1.10$$

$$COSTO \text{ HORARIO MEZCLADORA} = 1.22 \text{ USD/h}$$

Para el cálculo de la tarifa horaria de la máquina bloquera se realiza de la siguiente manera:

Gastos fijos

- Intereses sobre capital

$$I = \frac{V_a * i}{H_a}$$

Donde:

- I Interés sobre capital (USD/hora)
- V_a Valor del equipo nuevo (USD)
- i Interés anual (%)
- H_a Horas normales promedio anuales (horas/año)

$$V_a = 2500 \text{ USD}$$

$$i = 12\%$$

$$H_a = 7 \text{ horas/día} * 22 \text{ días/mes} * 12 \text{ meses/año} = 1848 \text{ horas/año}$$

$$I = \frac{V_a * i}{H_a}$$

$$I = \frac{2500 * 0.12}{1848}$$

$$I = 0.162 \text{ USD/hora}$$

- Depreciación

$$D = \frac{V_a}{V_f}$$

Donde:

- D Depreciación (USD/hora)
- V_a Valor del equipo nuevo (USD)
- V_f Vida fiscal del equipo (10 años)

$$V_f = 10 \text{ años} * 1848 \text{ horas/año} = 18480 \text{ horas}$$

$$D = \frac{V_a}{V_f}$$

$$D = \frac{2500 \text{ USD}}{18480 \text{ horas}}$$

$$D = 0.135 \text{ USD/hora}$$

- Reparaciones

$$R = Q * D$$

Donde:

- R Reparaciones (USD/hora)
- Q Coeficiente estadístico de reparación
- D Depreciación

$$Q = 0.30$$

$$R = Q * D$$

$$R = 0.30 * 0.135 \text{ USD/hora}$$

$$R = 0.041 \text{ USD/hora}$$

- Seguros

$$S = \frac{V_a * s}{H_a}$$

Donde:

- V_a Valor del equipo nuevo
- s Prima anual en porcentaje decimal (2%)
- H_a Horas normales promedio anuales (horas/año)

$$S = \frac{V_a * s}{H_a}$$

$$S = \frac{2500 \text{ USD} * 0.02}{1848 \text{ horas/año}}$$

$$S = 0.027 \text{ USD/hora}$$

- Gastos anuales de almacenamiento

$$A = \frac{Ga}{H_a}$$

Donde:

- A Gastos anuales de almacenamiento

- G_a Gastos anuales (parqueadero + matrícula)
- H_a Horas normales promedio anuales

NO APLICA

$$SUB\ TOTAL\ Gastos\ fijos = I + D + R + S + A$$

$$SUB\ TOTAL\ Gastos\ fijos = 0.162 + 0.135 + 0.041 + 0.027 + 0.00$$

$$SUB\ TOTAL\ Gastos\ fijos = 0.37\ USD/h$$

- Factor de utilización

$$Fu = \frac{\text{meses del año}}{\text{meses activos del equipo}}$$

$$Fu = \frac{12}{11}$$

$$Fu = 1.09$$

$$TOTAL\ Gastos\ fijos = SUB\ TOTAL\ Gastos\ fijos * Fu$$

$$TOTAL\ Gastos\ fijos = 0.37\ USD/h * 1.09$$

$$TOTAL\ Gastos\ fijos = 0.40\ USD/h$$

Gastos de Operación

- Combustibles

$$E = C * Pc$$

Donde:

- E Combustible
- C Consumo horario
- Pc Precio del combustible

NO APLICA

- Lubricantes

$$L = a * P_L$$

Donde:

- L Lubricantes
- a Cantidad de lubricante por hora
- P_L Precio del lubricante puesto en la maquina

NO APLICA

- Llantas

$$L_L = \frac{V_L}{H_L}$$

Donde:

- L_L Llantas
- V_L Valor de las llantas
- H_L Horas de vida de las llantas

NO APLICA

- Operación

$$O = \frac{S_o}{H}$$

Donde:

- O Operación (USD/hora)
- S_o Gasto diario de operación o gasto mensual (USD)
- H Horas de trabajo por turno o mensuales (horas)

$$O = \frac{S_o}{H}$$

$$O = \frac{109 \text{ USD}}{154 \text{ horas}}$$

$$O = 0.707 \text{ USD/hora}$$

- Fletes

NO APLICA

$$TOTAL \text{ Gastos de operación} = E + L + Ll + O + F$$

$$TOTAL \text{ Gastos de operación} = 0.00 + 0.00 + 0.00 + 0.707 + 0.00$$

$$TOTAL \text{ Gastos de operación} = 0.71 \text{ USD/h}$$

$$SUB \text{ TOTAL} = TOTAL \text{ Gastos fijos} + TOTAL \text{ Gastos de operación}$$

$$SUB \text{ TOTAL} = 0.40 \text{ USD/h} + 0.71 \text{ USD/h}$$

$$SUB \text{ TOTAL} = 1.11 \text{ USD/h}$$

$$PORCENTAJE \text{ DE UTILIDAD} = 10\%$$

$$COSTO \text{ HORARIO BLOQUERA} = SUBTOTAL * PORCENTAJE \text{ DE UTILIDAD}$$

$$COSTO \text{ HORARIO BLOQUERA} = 1.11 \text{ USD/h} * 1.10$$

$$COSTO \text{ HORARIO BLOQUERA} = 1.22 \text{ USD/h}$$

4.7.3 Costo del metro cúbico de arena fina

$$8 \text{ m}^3 \rightarrow \$ 83$$

$$1 \text{ m}^3 \rightarrow \$ X$$

$$X = \frac{\$ 83}{8 \text{ m}^3}$$

$$X = 10.375 \text{ dólares/m}^3$$

4.7.4 Costo del metro cúbico de cascajo

$$8 \text{ m}^3 \rightarrow \$ 60$$

$$1 \text{ m}^3 \rightarrow \$ X$$

$$X = \frac{\$ 60}{8 \text{ m}^3}$$

$$X = 7.50 \text{ dólares/m}^3$$

4.7.5 Rendimiento

Se considera como ejemplo para el rendimiento de la elaboración de los bloques tradicionales fabricados con agua, cemento y arena. Se trabaja 7 horas diarias específicamente para la elaboración de bloques.

$$\text{Rendimiento} = 1360 \text{ bloques/día}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1360}{7} = 194 \text{ bloques/hora}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{7}{1360} = 0.0051 \text{ horas/bloque}$$

4.7.6 Cálculo de la cantidad de material por bloque y del rendimiento

4.7.6.1 Bloque tradicional fabricado con arena fina

Se fabrican 20 bloques tradicionales con arena fina por parada con la dosificación dada en la Tabla 97, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 97 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 98.

Tabla 97

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque tradicional con arena fina.

BLOQUE TRADICIONAL				
MATERIAL	Para 20 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.0250
Arena	parihuela	6	m ³	0.0081
Agua	lt	5	m ³	0.00025

Tabla 98

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques tradicionales con arena fina considerando que se elaboran 20 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	20
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1360
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.005147

4.7.6.2 Bloque fabricado con 10% de ABS en reemplazo por la arena fina

Se fabrican 21.5 bloques con 10% de ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 99 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 100.

Tabla 99

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 10% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 10% DE ABS				
MATERIAL	Para 21.5 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02326
Arena	parihuela	5.4	m ³	0.00678
ABS	parihuela	0.6	kg	0.48223
Agua	lt	4.6	m ³	0.00021

Tabla 100

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 10% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 21.5 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	21.5
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1462
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004788

4.7.6.3 Bloque fabricado con 20% de ABS en reemplazo por la arena fina

Se fabrican 23 bloques con 20% de ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 101 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 102.

Tabla 101

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 20% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 20% DE ABS				
MATERIAL	Para 23 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02174
Arena	parihuela	4.8	m ³	0.00563
ABS	parihuela	1.2	kg	0.90157
Agua	lt	4.6	m ³	0.00020

Tabla 102

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 20% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 23 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	23
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1564
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004476

4.7.6.4 Bloque fabricado con 30% de ABS en reemplazo por la arena fina

Se fabrican 24.5 bloques con 30% de ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 103 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 104.

Tabla 103

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 30% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 30% DE ABS				
MATERIAL	Para 24.5 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02041
Arena	parihuela	4.2	m ³	0.00463
ABS	parihuela	1.8	kg	1.26955
Agua	lt	4.3	m ³	0.00018

Tabla 104

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 30% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 24.5 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	24.5
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1666
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004202

4.7.6.5 Bloque fabricado con 40% de ABS en reemplazo por la arena fina

Se fabrican 26 bloques con 40% de ABS en reemplazo volumétrico por la arena fina por parada, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 105 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 106.

Tabla 105

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 40% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 40% DE ABS				
MATERIAL	Para 26 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.01923
Arena	parihuela	3.6	m ³	0.00374
ABS	parihuela	2.4	kg	1.59508
Agua	lt	4.2	m ³	0.00016

Tabla 106

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 40% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 26 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	26
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1768
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.003959

4.7.6.6 Bloque fabricado con 10% de PP en reemplazo por la arena fina

Se fabrican 21 bloques con 10% de PP en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 107 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 108.

Tabla 107

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 10% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 10% DE PP				
MATERIAL	Para 21 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02381
Arena	parihuela	5.4	m ³	0.00694
PP	parihuela	0.6	kg	0.09257
Agua	lt	3.3	m ³	0.00016

Tabla 108

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 10% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 21 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	21
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1428
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004902

4.7.6.7 Bloque fabricado con 20% de PP en reemplazo por la arena fina

Se fabrican 22 bloques con 20% de PP en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 109 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 110.

Tabla 109

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 20% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.

MATERIAL	BLOQUE CON 20% DE PP			
	Para 22 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02273
Arena	parihuela	4.8	m ³	0.00589
PP	parihuela	1.2	kg	0.17673
Agua	lt	3	m ³	0.00014

Tabla 110

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 20% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 22 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	22
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1496
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004679

4.7.6.8 Bloque fabricado con 30% de PP en reemplazo por la arena fina

Se fabrican 23 bloques con 30% de PP en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 111 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 112.

Tabla 111

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 30% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 30% DE PP				
MATERIAL	Para 23 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02174
Arena	parihuela	4.2	m ³	0.00493
PP	parihuela	1.8	kg	0.25357
Agua	lt	2.9	m ³	0.00013

Tabla 112

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 30% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 23 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	23
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1564
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004476

4.7.6.9 Bloque fabricado con 40% de PP en reemplazo por la arena fina

Se fabrican 24 bloques con 40% de PP en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 113 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 114.

Tabla 113

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con 40% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 40% DE PP				
MATERIAL	Para 24 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02083
Arena	parihuela	3.6	m ³	0.00405
PP	parihuela	2.4	kg	0.32400
Agua	lt	2.9	m ³	0.00012

Tabla 114

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con 40% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 24 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	24
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1632
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004289

4.7.6.10 Bloque tradicional fabricado con cascajo y arena fina

Se fabrican 21 bloques tradicionales con cascajo y arena fina por parada, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 115 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 116.

Tabla 115

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque tradicional con cascajo y arena fina.

BLOQUE TRADICIONAL				
MATERIAL	Para 21 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02381
Cascajo	parihuela	3	m ³	0.00386
Arena	parihuela	3	m ³	0.00386
Agua	lt	11.6	m ³	0.00055

Tabla 116

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques tradicionales con cascajo y arena fina considerando que se elaboran 21 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	21
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1428
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004902

4.7.6.11 Bloque fabricado con cascajo y 10% de ABS en reemplazo por la arena

Se fabrican 22.5 bloques con cascajo y 10% de ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 117 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 118.

Tabla 117

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 10% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 10% DE ABS				
MATERIAL	Para 22.5 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02222
Cascajo	parihuela	3	m ³	0.00360
Arena	parihuela	2.7	m ³	0.00324
ABS	parihuela	0.3	kg	0.23040
Agua	lt	11.5	m ³	0.00051

Tabla 118

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 10% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 22.5 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	22.5
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1530
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004575

4.7.6.12 Bloque fabricado con cascajo y 20% de ABS en reemplazo por la arena

Se fabrican 24 bloques con cascajo y 20% de ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 119 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 120.

Tabla 119

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 20% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 20% DE ABS				
MATERIAL	Para 24 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02083
Cascajo	parihuela	3	m ³	0.00338
Arena	parihuela	2.4	m ³	0.00270
ABS	parihuela	0.6	kg	0.43200
Agua	lt	10.7	m ³	0.00045

Tabla 120

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 20% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 24 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	24
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1632
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004289

4.7.6.13 Bloque fabricado con cascajo y 30% de ABS en reemplazo por la arena

Se fabrican 25.5 bloques con cascajo y 30% de ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada con la dosificación dada en la Tabla 121, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 121 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 122.

Tabla 121

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 30% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 30% DE ABS				
MATERIAL	Para 25.5 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.01961
Cascajo	parihuela	3	m ³	0.00318
Arena	parihuela	2.1	m ³	0.00222
ABS	parihuela	0.9	kg	0.60988
Agua	lt	10.5	m ³	0.00041

Tabla 122

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 30% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 25.5 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	25.5
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1734
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004037

4.7.6.14 Bloque fabricado con cascajo y 40% de ABS en reemplazo por la arena

Se fabrican 27 bloques con cascajo y 40% de ABS en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada con la dosificación dada en la Tabla 123, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 123 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 124.

Tabla 123

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 40% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 40% DE ABS				
MATERIAL	Para 27 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.01852
Cascajo	parihuela	3	m ³	0.00300

CONTINÚA

Arena	parihuela	1.8	m ³	0.00180
ABS	parihuela	1.2	kg	0.76800
Agua	lt	10.5	m ³	0.00039

Tabla 124

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 40% de ABS en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 27 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	27
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1836
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.003813

4.7.6.15 Bloque fabricado con cascajo y 10% de PP en reemplazo por la arena

Se fabrican 22 bloques con cascajo y 10% de PP en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada con la dosificación dada en la Tabla 125, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 125 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 126.

Tabla 125

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 10% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.

MATERIAL	BLOQUE CON 10% DE PP			
	Para 22 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02273
Cascajo	parihuela	3	m ³	0.00368
Arena	parihuela	2.7	m ³	0.00331
PP	parihuela	0.3	kg	0.04418
Agua	lt	10.9	m ³	0.00050

Tabla 126

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 10% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 22 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	22
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1496
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004679

4.7.6.16 Bloque fabricado con cascajo y 20% de PP en reemplazo por la arena

Se fabrican 23 bloques con cascajo y 20% de PP en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada con la dosificación dada en la Tabla 127, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 127 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 128.

Tabla 127

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 20% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 20% DE PP				
MATERIAL	Para 23 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02174
Cascajo	parihuela	3	m ³	0.00352
Arena	parihuela	2.4	m ³	0.00282
PP	parihuela	0.6	kg	0.08452
Agua	lt	10.4	m ³	0.00045

Tabla 128

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 20% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 23 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	23
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1564
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004476

4.7.6.17 Bloque fabricado con cascajo y 30% de PP en reemplazo por la arena

Se fabrican 24 bloques con cascajo y 30% de PP en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada con la dosificación dada en la Tabla 129, se realiza el cálculo de la cantidad de los materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 129 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 130.

Tabla 129

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 30% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 30% DE PP				
MATERIAL	Para 24 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02083
Cascajo	parihuela	3	m ³	0.00338
Arena	parihuela	2.1	m ³	0.00236
PP	parihuela	0.9	kg	0.12150
Agua	lt	10.4	m ³	0.00043

Tabla 130

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 30% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 24 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	24
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1632
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004289

4.7.6.18 Bloque fabricado con cascajo y 40% de PP en reemplazo por la arena

Se fabrican 25 bloques con cascajo y 40% de PP en reemplazo volumétrico de la arena fina por parada con la dosificación dada en la Tabla 131, se realiza el cálculo de la cantidad de los

materiales para la elaboración de un solo bloque como se muestra en la Tabla 131 y del rendimiento como se muestra en la Tabla 132.

Tabla 131

Cantidad de los materiales que se necesita para fabricar 1 bloque con cascajo y 40% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina.

BLOQUE CON 40% DE PP				
MATERIAL	Para 25 bloques		Para 1 bloque	
	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	saco	0.5	saco	0.02000
Cascajo	parihuela	3	m ³	0.00324
Arena	parihuela	1.8	m ³	0.00194
PP	parihuela	1.2	kg	0.15552
Agua	lt	10	m ³	0.00040

Tabla 132

Cálculo del rendimiento para la fabricación de bloques con cascajo y 40% de PP en reemplazo volumétrico por arena fina considerando que se elaboran 25 bloques por cada parada.

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO		
A	Bloques por parada	25
B	Paradas por día	68
C=A*B	Bloques por día	1700
D	Horas de trabajo por día	7
R=D/C	RENDIMIENTO	0.004118

4.7.7 Análisis de Precio Unitario

4.7.7.1 Bloque tradicional fabricado con arena fina

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque tradicional fabricado con agua, cemento y arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0051	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0051	0.006
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0051	0.006
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.016

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0051	0.055
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0051	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.057

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0250	7.110	0.1778
100018	Arena fina	m ³	0.0081	10.375	0.0840
102204	Agua	m ³	0.0003	0.750	0.0002
TOTAL MATERIALES					0.2620

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.335
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.067
Costo Total del Rubro	0.402
COSTO TOTAL OFERTADO	0.40

4.7.7.2 Bloque fabricado con 10% de ABS en reemplazo por la arena fina

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con 10% de ABS en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0048	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0048	0.006
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0048	0.006
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.015

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0048	0.051
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0048	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.053

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0233	7.110	0.1653
100018	Arena fina	m ³	0.0068	10.375	0.0704
100094	ABS	kg	0.4822	0.680	0.3279
102204	Agua	m ³	0.0002	0.750	0.0002
TOTAL MATERIALES					0.5638

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.632
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.126
Costo Total del Rubro	0.758
COSTO TOTAL OFERTADO	0.76

4.7.7.3 Bloque fabricado con 20% de ABS en reemplazo por la arena fina

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con 20% de ABS en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0045	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0045	0.005
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0045	0.005
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.014

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0045	0.048
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0045	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.050

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0217	7.110	0.1546
100018	Arena fina	m ³	0.0056	10.375	0.0585
100094	ABS	kg	0.9016	0.680	0.6131
102204	Agua	m ³	0.0002	0.750	0.0002
TOTAL MATERIALES					0.8262

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.890
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.178
Costo Total del Rubro	1.068
COSTO TOTAL OFERTADO	1.07

4.7.7.4 Bloque fabricado con 30% de ABS en reemplazo por la arena fina

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con 30% de ABS en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0042	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0042	0.005
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0042	0.005
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.013

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0042	0.045
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0042	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.047

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0204	7.110	0.1451
100018	Arena fina	m ³	0.0046	10.375	0.0480
100094	ABS	kg	1.2696	0.680	0.8633
102204	Agua	m ³	0.0002	0.750	0.0001
TOTAL MATERIALES					1.0565

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	1.116
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.223
Costo Total del Rubro	1.339
COSTO TOTAL OFERTADO	1.34

4.7.7.5 Bloque fabricado con 40% de ABS en reemplazo por la arena fina

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con 40% de ABS en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0040	0.002
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0040	0.005
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0040	0.005
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.012

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0040	0.043
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0040	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.044

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0192	7.110	0.1367
100018	Arena fina	m ³	0.0037	10.375	0.0388
100094	ABS	kg	1.5951	0.680	1.0847
102204	Agua	m ³	0.0002	0.750	0.0001
TOTAL MATERIALES					1.2603

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	1.316
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.263
Costo Total del Rubro	1.580
COSTO TOTAL OFERTADO	1.58

4.7.7.6 Bloque fabricado con 10% de PP en reemplazo por la arena fina

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con 10% de PP en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0049	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0049	0.006
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0049	0.006
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.015

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0049	0.053
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0049	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.055

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0238	7.110	0.1693
100018	Arena fina	m ³	0.0069	10.375	0.0720
100095	PP	kg	0.0926	0.180	0.0167
102204	Agua	m ³	0.0002	0.750	0.0001
TOTAL MATERIALES					0.2581

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.328
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.066
Costo Total del Rubro	0.393
COSTO TOTAL OFERTADO	0.39

4.7.7.7 Bloque fabricado con 20% de PP en reemplazo por la arena fina

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con 20% de PP en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0047	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0047	0.006
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0047	0.006
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.014

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0047	0.050
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0047	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.052

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0227	7.110	0.1616
100018	Arena fina	m ³	0.0059	10.375	0.0611
100095	PP	kg	0.1767	0.180	0.0318
102204	Agua	m ³	0.0001	0.750	0.0001
TOTAL MATERIALES					0.2546

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.321
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.064
Costo Total del Rubro	0.385
COSTO TOTAL OFERTADO	0.39

4.7.7.8 Bloque fabricado con 30% de PP en reemplazo por la arena fina

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con 30% de PP en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0045	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0045	0.005
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0045	0.005
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.014

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0045	0.048
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0045	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.050

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0217	7.110	0.1546
100018	Arena fina	m ³	0.0049	10.375	0.0512
100095	PP	kg	0.2536	0.180	0.0456
102204	Agua	m ³	0.0001	0.750	0.0001
TOTAL MATERIALES					0.2515

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.315
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.063
Costo Total del Rubro	0.378
COSTO TOTAL OFERTADO	0.38

4.7.7.9 Bloque fabricado con 40% de PP en reemplazo por la arena fina

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con 40% de PP en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0043	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0043	0.005
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0043	0.005
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.013

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0043	0.046
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0043	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.048

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0208	7.110	0.1481
100018	Arena fina	m ³	0.0041	10.375	0.0420
100095	PP	kg	0.3240	0.180	0.0583
102204	Agua	m ³	0.0001	0.750	0.0001
TOTAL MATERIALES					0.2486

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.309
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.062
Costo Total del Rubro	0.371
COSTO TOTAL OFERTADO	0.37

4.7.7.10 Bloque tradicional fabricado con cascajo y arena fina

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque tradicional fabricado con agua, cemento, arena fina y cascajo

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0049	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0049	0.006
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0049	0.006
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.015

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0049	0.053
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0049	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.055

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0238	7.110	0.1693
100017	Cascajo	m ³	0.0039	7.500	0.0289
100018	Arena fina	m ³	0.0039	10.375	0.0400
102204	Agua	m ³	0.0006	0.750	0.0004
TOTAL MATERIALES					0.2386

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.308
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.062
Costo Total del Rubro	0.370
COSTO TOTAL OFERTADO	0.37

4.7.7.11 Bloque fabricado con cascajo y 10% de ABS en reemplazo por la arena

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con cascajo y 10% de ABS en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0046	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0046	0.006
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0046	0.006
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.014

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0046	0.049
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0046	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.051

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0222	7.110	0.1580
100017	Cascajo	m ³	0.0036	7.500	0.0270
100018	Arena fina	m ³	0.0032	10.375	0.0336
100094	ABS	kg	0.2304	0.680	0.1567
102204	Agua	m ³	0.0005	0.750	0.0004
TOTAL MATERIALES					0.3757

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.441
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.088
Costo Total del Rubro	0.529
COSTO TOTAL OFERTADO	0.53

4.7.7.12 Bloque fabricado con cascajo y 20% de ABS en reemplazo por la arena

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con cascajo y 20% de ABS en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0043	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0043	0.005
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0043	0.005
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.013

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0043	0.046
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0043	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.048

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0208	7.110	0.1481
100017	Cascajo	m ³	0.0034	7.500	0.0253
100018	Arena fina	m ³	0.0027	10.375	0.0280
100094	ABS	kg	0.4320	0.680	0.2938
102204	Agua	m ³	0.0004	0.750	0.0003
TOTAL MATERIALES					0.4955

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.556
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.111
Costo Total del Rubro	0.668
COSTO TOTAL OFERTADO	0.67

4.7.7.13 Bloque fabricado con cascajo y 30% de ABS en reemplazo por la arena

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con cascajo y 30% de ABS en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0040	0.002
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0040	0.005
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0040	0.005
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.012

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0040	0.043
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0040	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.045

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0196	7.110	0.1394
100017	Cascajo	m ³	0.0032	7.500	0.0238
100018	Arena fina	m ³	0.0022	10.375	0.0231
100094	ABS	kg	0.6099	0.680	0.4147
102204	Agua	m ³	0.0004	0.750	0.0003
TOTAL MATERIALES					0.6013

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.659
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.132
Costo Total del Rubro	0.790
COSTO TOTAL OFERTADO	0.79

4.7.7.14 Bloque fabricado con cascajo y 40% de ABS en reemplazo por la arena

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con cascajo y 40% de ABS en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0038	0.002
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0038	0.005
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0038	0.005
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.012

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0038	0.041
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0038	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.042

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0185	7.110	0.1317
100017	Cascajo	m ³	0.0030	7.500	0.0225
100018	Arena fina	m ³	0.0018	10.375	0.0187
100094	ABS	kg	0.7680	0.680	0.5222
102204	Agua	m ³	0.0004	0.750	0.0003
TOTAL MATERIALES					0.6954

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.749
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.150
Costo Total del Rubro	0.899
COSTO TOTAL OFERTADO	0.90

4.7.7.15 Bloque fabricado con cascajo y 10% de PP en reemplazo por la arena

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con cascajo y 10% de PP en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0047	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0047	0.006
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0047	0.006
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.014

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0047	0.050
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0047	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.052

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0227	7.110	0.1616
100017	Cascajo	m ³	0.0037	7.500	0.0276
100018	Arena fina	m ³	0.0033	10.375	0.0344
100095	PP	kg	0.0442	0.180	0.0080
102204	Agua	m ³	0.0005	0.750	0.0004
TOTAL MATERIALES					0.2319

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.298
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.060
Costo Total del Rubro	0.358
COSTO TOTAL OFERTADO	0.36

4.7.7.16 Bloque fabricado con cascajo y 20% de PP en reemplazo por la arena

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con cascajo y 20% de PP en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0045	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0045	0.005
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0045	0.005
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.014

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0045	0.048
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0045	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.050

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0217	7.110	0.1546
100017	Cascajo	m ³	0.0035	7.500	0.0264
100018	Arena fina	m ³	0.0024	10.375	0.0245
100095	PP	kg	0.0845	0.180	0.0152
102204	Agua	m ³	0.0005	0.750	0.0003
TOTAL MATERIALES					0.2210

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.285
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.057
Costo Total del Rubro	0.341
COSTO TOTAL OFERTADO	0.34

4.7.7.17 Bloque fabricado con cascajo y 30% de PP en reemplazo por la arena

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con cascajo y 30% de PP en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0043	0.003
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0043	0.005
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0043	0.005
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.013

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0043	0.046
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0043	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.048

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0208	7.110	0.1481
100017	Cascajo	m ³	0.0034	7.500	0.0253
100018	Arena fina	m ³	0.0024	10.375	0.0245
100095	PP	kg	0.1215	0.180	0.0219
102204	Agua	m ³	0.0004	0.750	0.0003
TOTAL MATERIALES					0.2201

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.281
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.056
Costo Total del Rubro	0.337
COSTO TOTAL OFERTADO	0.34

4.7.7.18 Bloque fabricado con cascajo y 40% de PP en reemplazo por la arena

RUBRO : Bloque alivianado 15x20x40 cm

UNIDAD : u

DETALLE : Bloque fabricado con cascajo y 40% de PP en reemplazo por volumen de la arena fina

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	TOTAL
200001	Herramienta menor	3	0.20	0.0041	0.002
200002	Máquina mezcladora	1	1.22	0.0041	0.005
200003	Máquina bloquera	1	1.22	0.0041	0.005
TOTAL EQUIPO Y HERRAM.					0.013

MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
400001	Peón (Estr. Oc. E2)	3	3.58	0.0041	0.044
400005	Inspector (Estr, Oc. B3)	0.1	4.02	0.0041	0.002
TOTAL MANO DE OBRA					0.046

MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
100005	Cemento tipo MS	saco	0.0200	7.110	0.1422
100017	Cascajo	m ³	0.0032	7.500	0.0243
100018	Arena fina	m ³	0.0019	10.375	0.0202
100095	PP	kg	0.1555	0.180	0.0280
102204	Agua	m ³	0.0004	0.750	0.0003
TOTAL MATERIALES					0.2150

TRANSPORTE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DISTANCIA	TARIFA	TOTAL
TOTAL TRANSPORTE						0.000

Total Costo Directo (E+O+M+T)	0.273
Total Costo Indirecto + Utilidad (20%)	0.055
Costo Total del Rubro	0.328
COSTO TOTAL OFERTADO	0.33

4.8 Discusión de Resultados

4.8.1 Análisis de costos

Se puede ver en la Tabla 133 que el bloque tradicional fabricado con arena cuesta \$0.40 pero al momento de reemplazar el 10% del volumen de arena por ABS el costo sube a \$0.76, así mismo al reemplazar el 20% del volumen de arena por ABS el costo sube a \$1.07, de la misma manera al reemplazar el 30% del volumen de arena por ABS el costo sube a \$1.34 y al reemplazar el 40% del volumen de arena por ABS el costo sube a \$1.58. Por lo tanto, se observa que con el 10% de ABS el costo sube \$0.36, con el 20% de ABS el costo sube \$0.67, con el 30% de ABS el costo sube \$0.94 y con el 40% de ABS el costo sube \$1.18.

Tabla 133

Costo unitario del bloque fabricado con arena y del bloque fabricado con arena y ABS

COSTO DEL BLOQUE (por unidad)				
Bloque Tradicional fabricado con arena	Bloque fabricado con arena y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
\$ 0.40	\$ 0.76	\$ 1.07	\$ 1.34	\$ 1.58

Se puede ver en la Tabla 134 que el bloque tradicional fabricado con arena cuesta \$0.40 pero al momento de reemplazar por el 10% y 20% del volumen de arena por PP el costo baja a \$0.39, mientras que al reemplazar por el 30% del volumen de arena por PP el costo del bloque baja a \$0.38 y al reemplazar por el 40% del volumen de arena por PP el costo del bloque baja a \$0.37.

Tabla 134

Costo unitario del bloque fabricado con arena y del bloque fabricado con arena y PP

COSTO DEL BLOQUE (por unidad)				
Bloque Tradicional fabricado con arena	Bloque fabricado con arena y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
\$ 0.40	\$ 0.39	\$ 0.39	\$ 0.38	\$ 0.37

Se puede ver en la Tabla 135 que el bloque tradicional fabricado con cascajo y arena cuesta \$0.37 pero al momento de reemplazar el 10% del volumen de arena por ABS el costo sube a \$0.53, así mismo al reemplazar el 20% del volumen de arena por ABS el costo sube a \$0.67, de la misma manera al reemplazar el 30% del volumen de arena por ABS el costo sube a \$0.79 y al reemplazar el 40% del volumen de arena por ABS el costo sube a \$0.90. Por lo tanto, se observa que con el 10% de ABS el costo sube \$0.16, con el 20% de ABS el costo sube \$0.30, con el 30% de ABS el costo sube \$0.42 y con el 40% de ABS el costo sube \$0.53.

Tabla 135

Costo unitario del bloque fabricado con cascajo, arena y costo del bloque fabricado con cascajo, arena y ABS.

COSTO DEL BLOQUE (por unidad)				
Bloque Tradicional fabricado con cascajo y arena	Bloque fabricado con cascajo, arena y ABS			
	10% ABS	20% ABS	30% ABS	40% ABS
\$ 0.37	\$ 0.53	\$ 0.67	\$ 0.79	\$ 0.90

Se puede ver en la Tabla 136 que el bloque tradicional fabricado con cascajo y arena cuesta \$0.37, al reemplazar el 10% del volumen de arena por PP el costo del bloque baja a \$0.36, pero al momento de reemplazar el 20% y 30% del volumen de arena por PP el costo del bloque baja a \$0.34 y al reemplazar el 40% del volumen de arena por PP el costo del bloque baja a \$0.33. Por lo tanto, se observa que con el 10% de PP baja \$0.01 del costo del bloque, con el 20% y 30% baja \$0.03 del costo del bloque y con el 40% de PP baja \$0.04 de su costo.

Tabla 136

Costo unitario del bloque fabricado con cascajo, arena y costo del bloque fabricado con cascajo, arena y PP.

COSTO DEL BLOQUE (por unidad)				
Bloque Tradicional fabricado con cascajo y arena	Bloque fabricado con cascajo, arena y PP			
	10% PP	20% PP	30% PP	40% PP
\$ 0.37	\$ 0.36	\$ 0.34	\$ 0.34	\$ 0.33

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Con respecto al peso, los bloques fabricados con arena son 3.5 kg más livianos que los bloques fabricados con arena y cascajo, el peso se reduce aproximadamente a la cuarta parte. En cuanto a la absorción de los bloques fabricados con arena y cascajo presentan un aumento de 5% en su absorción con respecto a los bloques fabricados con arena, esto se debe a la absorción que posee el cascajo.
- Los bloques fabricados con arena y ABS presentan una tendencia del 7% de reducción de su peso por cada 10% de contenido de ABS que se le agregue y aumentan 1% en su absorción.
- Los bloques fabricados con arena y PP presentan una tendencia del 6.5% de reducción de su peso por cada 10% de contenido de PP que se le agregue, muy similar a los bloques que contienen ABS y aumentan 1.5% en su absorción.
- Los bloques fabricados con arena, cascajo y ABS presentan una tendencia del 3% de reducción de su peso por cada 10% de contenido de ABS que se le agregue y un aumento del 0.2% en su absorción.
- Los bloques fabricados con arena, cascajo y PP presentan una tendencia del 5% de reducción de su peso por cada 10% de contenido de PP que se le agregue y su absorción aumenta aproximadamente 2%.
- El bloque más óptimo con respecto al peso es el bloque que contiene arena, cascajo y 40% de PP, este tipo de bloque tiene un peso de 8.8 kg (bloque de 40x20x15 cm), lo que permite

una mejor ejecución en la construcción, otorga menor desgaste y mayor rapidez a la mano de obra. Con respecto a la absorción de los bloques, presentan un considerable aumento.

- La densidad de los bloques tradicionales fabricados con arena es de 2105 kg/m^3 lo que los define como bloques de tipo normal, a diferencia de los bloques elaborados con arena y cascajo que tienen una densidad de 1642 kg/m^3 lo que les caracteriza como bloques de tipo liviano con una reducción en su densidad del 22%.
- Todos los bloques fabricados con arena y cascajo que fueron mezclados con ABS y PP son de tipo liviano, pero con respecto a la densidad los bloques elaborados con arena, cascajo y 40% de PP presentan una densidad de 1328 kg/m^3 , lo que los hace más óptimos.
- Todos los bloques fabricados, ya sea con arena o con arena y cascajo, y que fueron expuestos a los diferentes porcentajes de ABS y PP cumplen con la norma INEN 3066-2016.
- Los bloques fabricados con arena y 10%, 20% de ABS presentan un aumento del 8% y 1% respectivamente en la resistencia neta a la compresión simple a comparación de los bloques tradicionales.
- A partir del aumento del 30% de ABS a los bloques fabricados con arena, se evidencia una reducción en la resistencia a la compresión, sin embargo, hasta los bloques con 40% de ABS son de clase B con 5.3 MPa y 4.0 MPa respectivamente.
- Los bloques fabricados con arena y PP, mientras más cantidad de PP se le agrega, su resistencia baja, sin embargo, el bloque que contiene 40% de PP cumple con los estándares de un bloque clase C con una resistencia de 2 MPa.

- Los bloques fabricados con arena, cascajo y 10%, 20% de ABS presentan un aumento del 15% y 6% respectivamente en la resistencia neta a la compresión simple a comparación de los bloques tradicionales.
- A partir del aumento del 30% de ABS a los bloques fabricados con arena y cascajo, presentan una reducción en la resistencia a la compresión, sin embargo, hasta los bloques con 40% de ABS son de clase C con 3.5 MPa y 2.9 MPa respectivamente.
- Los bloques fabricados con arena, cascajo y PP, mientras más cantidad de PP se le agrega, su resistencia baja, sin embargo, el bloque que contiene 40% de PP cumple con los estándares de un bloque clase C con una resistencia de 1.7 MPa.
- El bloque más económico es el elaborado con arena, cascajo y 40% de PP con un costo de 0.33 dólares americanos a comparación del bloque tradicional de arena y cascajo con un costo de 0.37 dólares americanos, se obtiene un ahorro de 0.04 dólares americanos, esto representa 11% más económico.
- El bloque más óptimo para alivianamiento de losas es el bloque fabricado con arena, cascajo y 40% de PP, en relación al peso es el más liviano con 8.8 kg, 18% más liviano que el bloque tradicional, de la misma manera su densidad es la más baja con 1328 kg/m³ llegando a ser un bloque tipo liviano, 19% menos denso que el bloque tradicional y en lo que respecta a su resistencia a la compresión, aunque haya disminuido alrededor del 50% de su resistencia, con un valor de 1.7 MPa cumple con las características de un bloque tipo C para alivianamiento de losas según la norma NTE INEN 3066-2016.

- La dosificación del bloque fabricado con arena, cascajo y 40% de PP es por cada saco de cemento se coloca 6 parihuelas de cascajo, 3.6 parihuelas de arena y 2.4 parihuelas de PP; con esta mezcla se obtienen 50 bloques.
- El costo de los bloques elaborados con ABS podría abarataarse si se reemplaza este desecho de post producción con los desechos post consumo, ya que el costo del desecho post producción es más elevado que el desecho post consumo.
- A pesar de que la sugerencia de (Jablonski, 1996) para obtener un buen contenido de agua, es considerar aproximadamente un 5.5% del peso total de agregados y cemento; la cantidad de agua no es suficiente para tener una cohesión adecuada por lo tanto se decide colocar en la mezcla patrón el 10.5% del peso total de agregados y cemento, es decir 11.6 litros de agua.

5.2 Recomendaciones

- Investigar el comportamiento que tienen estos bloques con respecto al fuego.
- Establecer los parámetros referentes al aislamiento acústico que brindan estos bloques.
- Determinar el comportamiento mecánico de los bloques clase B para mampostería no estructural.
- Ensayar el envejecimiento de estos bloques para determinar su comportamiento a la intemperie.
- Realizar un estudio costo-beneficio sobre la rentabilidad de montar una planta de elaboración de bloques ecológicos en el Cuerpo de Ingenieros del Ejército para que de esta manera la propia entidad fabrique bloques para sus proyectos en lugar de adquirirlos por terceros.

- Extender la investigación con respecto a los resultados del aumento de la absorción en los bloques ecológicos que, si bien en esta investigación cumple con la norma, se podría establecer parámetros para obtener una disminución de su absorción.

Referencias

- ACI Committee 211 (211. 3R-02). (2009). *Guide for selecting proportions for no-slump concrete* . American Concrete Institute : United States .
- ACI Committee 211. (2004). *Standard practice for selecting proportions for structural lightweight concrete (ACI 211.2-98)*. United States : ACI Committe Reports .
- AME-INEC. (2017). *Registro de gestión de residuos sólidos*.
- Ánonimo. (2001). *Cementos, morteros y concreto (arenas y cascajos)*. Obtenido de Ensayo de materiales de construcción : <http://bdigital.unal.edu.co/53316/72/Cap%C3%ADtulo%20II.pdf>
- APEC. (Abril de 2009). *"Understanding the economic benefits and costs of controlling marine debris in the APEC region"* . Obtenido de Asia-Pacific Economic Cooperation: <http://publications.apec.org/Publications/2009/04/Understanding-the-Economic-Benefits-and-Costs-of-Controlling-Marine-Debris-In-the->
- Arenas, M. (11 de Junio de 2017). *El impacto de la basura marina en la naturaleza* . Obtenido de All you need is Biology : <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2017/06/11/impacto-basura-marina/>
- Asociación Nacional de Fabricación de Bloques y Mampostería de Hormigón. (2007). *Norma Bloc (Manual Técnico)*. Obtenido de http://www.andece.org/images/BLOQUES/manual_normabloc.pdf
- Barbosa, C., & Hanai, J. (2006). *Resistencia e deformabilidade de blocos vazados de concreto e suas correlacoes com as propieddes mecânicas do material constituinte. Cadernos de engenharia de estruturas*.
- Bolívar, O. G. (1987). *Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón* . Medellín : UNAL .
- Cabello, F. J. (2007). *Centro informático científico de Andalucía* . Obtenido de Los materiales de construccion y el medio ambiente : https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html
- Cerrillo, A. (01 de noviembre de 2016). *Pescadores de plástico* . Obtenido de La Vanguardia : <https://www.lavanguardia.com/natural/20161101/411455211084/pescadores-plastico.html>
- Cobos, C. (2011). *Diseño de un sistema de extrusión-peletizado para el procesamiento de los residuos plásticos para la empresa municipal de la ciudad de Cuenca EMAC*. Cuenca.
- Comodoro Rivadavia. (mayo de 2004). *Mamposteria de bloques de hormigón de alta calidad* . Obtenido de serviciostecnicos@pcr.com.ar: <http://www.pcr.com.ar/en/assets/pdf-it/mampuestos1.pdf>

- Cuerpo de Ingenieros del Ejército. (2018). *Resolución No. 18-CEE-CI-RES-001 Estatuto orgánico de gestión organizacional por procesos para el personal civil del Cuerpo de Ingenieros del Ejército*. Quito.
- Dalberg Advisors. (2019). *Solución al plástico: contaminación asumiendo responsabilidades*. Gland Suiza : WWF World Wildlife Fund .
- de Souza Machado et al. (15 de Diciembre de 2018). *Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems*. Obtenido de Global Change Biology: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.14020>
- Díaz, H. &. (09 de Septiembre de 2018). *Ensayo de dosificaciones para bloques, ladrillos y contrapisos de hormigón con desechos plásticos y finos de perlitas*. Obtenido de Instituto de Investigaciones de Energía no convencional: <https://www.researchgate.net/publication/330205627>
- Duncan, E. (2017). “A Global Review of Marine Turtle Entanglement in Anthropogenic Debris: A Baseline for Further Action”. En E. Duncan, “*A global review of marine turtle entanglement in anthropogenic debris: a baseline for further action*” (págs. 229-240).
- ECOTicias.com. (viernes 06 de Noviembre de 2015). Obtenido de Mike Reynolds, el arquitecto de la basura: <https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/108684/Mike-Reynolds-arquitecto-basura>
- Espinoza, L., & Méndez, E. (2012). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de bloques de concreto tipo C con y sin la adición de fibra sintética*. Maracaibo.
- Evans, J. (2010). *Sustentabilidad en arquitectura I*. Ciudad Autónoma Buenos Aires: CPAU.
- F. Pacheco-Torgal, P. L. (2015). *Eco-efficient masonry bricks and blocks: design, properties and durability*. Amsterdam : ELSEVIER.
- FAO Food and Agriculture of the United Nations. (2018). *The state of the world fisheries and aquaculture*. Roma: FOA Food and Agriculture of the United Nations.
- Fionn Murphy et al. (7 de Junio de 2016). *Wastewater treatment works as a source of microplastics in the aquatic environment*. Obtenido de Environmental Science & Technology: <https://doi.5b05416>.
- Gaggino Rosana. (2006). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. *revistainvi*, 137-163.
- Galarza Robinson. (2009). *Galarami Adoquines*. Obtenido de GALARAMI CIA LTDA: <https://galarami.com.ec/index.php/especificaciones/>

- Instituto Ecuatoriano de Normalización . (2010). *NTE INEN 856 Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino* . Quito-Ecuador : Norma Técnica Ecuatoriana .
- Jablonski, N. (6 de Marzo de 1996). *Mix designs for concrete block* . Obtenido de Propotioning using the fineness modulus method : https://www.concreteconstruction.net/_view-object?id=00000154-1cfb-db06-a1fe-7ffbfd900000
- Javier Arrieta, Enrique Peñaherrea. (Enero de 2001). Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora. *Programa científico PC-CISMID 1999-2000* (pág. 5). Lima-Perú: Centro Peruano Japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres. Obtenido de Programa Científico PC- CISMID.
- Kosmatka, S. K. (2002). *Design control of concrete mixtures*. Ottawa, Canada : Cement Association of Canada.
- Mary Kosuth, Sherri A. Mason, and Elizabeth V. Wattenberg. (11 de Abril de 2018). *Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt*. Obtenido de PLOS ONE : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194970>.
- Massó, M. (2010). *Disseny d'un sistema de detecció de vehicles lents*.
- MESAB. (12 de Junio de 2018). *"The circular economy-a powerful force for climate mitigation"*. Obtenido de MATERIAL ECONOMICS : <https://media.sitra.fi/2018/06/12132041/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation.pdf>
- Miguel Bernal, N. P. (2018). *Correlación entre las propiedades mecánicas de los bloques ecológicos fabricados con los componentes del tetra pak reciclado y bloques convencionales* . Quito : Universidad Central del Ecuador.
- Modenese Paolo. (2016). *Herramientas más usadas en la construcción* . <https://www.manualdeobra.com/blog/2016/6/20/herramientas>: Manual de Obra .
- Morán, S. (23 de Julio de 2018). *PLAN V* . Obtenido de Basura: los números rojos de Ecuador : <http://www.planv.com.ec/historias/sociedad/basura-numeros-rojos-ecuador>
- mundonatura. org. (29 de Julio de 2013). *Cerca de un millon de aves mueren cada año por los plásticos* . Obtenido de <https://mundonatura.org/oceanos-de-plastico>
- Murphy, E. C. (18 de Mayo de 2016). *Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment*. Obtenido de ENVIRONMENTAL Science & Tecnhnology : <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.5b05416>
- Narváez, M., & Luna, J. (2014). *Estudio de factibilidad de empresa de alquiler de maquinas para reciclaje de botellas plásticas*. Quito.

- Navas, A., & Fonseca, C. (2016). *Densidad de la mampostería de concreto en Costa Rica*. San José.
- NTC 907. (2001). *Plásticos. Determinación del peso específico (densidad relativa) y la densidad*. Bogotá: ICONTEC.
- NTE INEN 151. (2010). *Cemento hidráulico. Definiciones de términos*. Quito.
- NTE INEN 2380. (2011). *Cemento hidráulico. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos*. Quito.
- NTE INEN 2619. (2012). *Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. Refrentado para el ensayo a compresión*. Quito.
- NTE INEN 2619. (2012). *Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. Refrentados para el ensayo a compresión*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.
- NTE INEN 3066. (2016). *Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo*. Quito Ecuador: INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- NTE INEN 3066. (2016). *Bloques de Hormigón. Requisitos y métodos de ensayo*.
- NTE INEN 694. (2010). *Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología*. Quito.
- NTE INEN 694. (2010). *Hormigones y áridos para elaborar hormigón. Terminología*.
- NTE INEN 696. (2011). *Áridos. Análisis granulométrico en los áridos. Fino y grueso*. Quito-Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana.
- NTE INEN 856. (2010). *Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido fino*.
- NTE INEN 856. (2010). *NTE INEN 856 Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino*. Quito- Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana.
- NTE INEN 858. (2010). *Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos*. Quito Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana.
- NTE INEN 862. (2011). *NTE INEN 862 Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad*. 2011: Norma Técnica Ecuatoriana.
- Patrick ten Brink, Jean-Pierre Schweitzer, Emma Watkins & Maeve Howe . (Octubre de 2016). *Plastics marine litter and the*. Obtenido de Institute for European Environmental Policy : http://minisites.ieep.eu/assets/2126/IEEP_ACES_Plastics_Marine_Litter_Circular_Economy_briefing_final_April_2017.pdf

- PlasticEurope, Conversio market and strategy GmbH and myCEPPI. (2018). *"Plastics- the facts 2017: an analysis of European plastics production, demand and waste data"*. Brussels: PlasticsEurope's Market Research and Statistics Group .
- PlasticsEurope. (20 de 01 de 2014). *¿Qué es el plástico?* Obtenido de España : <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics>
- PlasticsEurope. (2017). *Conversio market & strategy GmbH and myCEPPI*. Obtenido de "Plastics-the Facts 2017: an analysis of European plastics production, demand and waste data": https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf
- PlasticsEurope. (2017). *Conversio market & strategy GmbH and myCEPPI*. Obtenido de "Plastics-the Facts 2017: an analysis of European plastics production, demand and waste data".
- Poveda & Ubico . (2007). *Manual de construcción con bloques de concreto* . Costa Rica : ICCYC Instituto Constarricense del Cemento y del Concreto .
- PPETROQUIM . (5 de Junio de 2016). *Tecnología y servicio en polipropileno* . Obtenido de <http://www.petroquim.cl/que-es-el-polipropileno/>
- Proaño, W., & Tuglema, M. (2018). *Correlación entre las propiedades físicas y mecánicas de adoquines fabricados a base de lodo papelerero y adoquines convencionales segun la norma INEN 3040*. Quito.
- Quinceno, B. (1990). *Manual para la fabricación de bloques y adoquines*. Antioquia : SENA Servicios Nacional de Aprendizaje .
- Régil, G. d. (2005). *Optimización del proceso de fabricación de bloques de concreto del estándar 15x20x40 cm con grado de resistencia 28 kg/cm2, caso específico fuerte-block máquinas #1 y #2*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala .
- Reyes, D., & Yezitd, C. (2014). *Estado del arte de la construcción con material reciclable*. Bogotá.
- Rinku Verma, V. P. (4 de Agosto de 2016). *Toxic pollutants from plastic waste- a review*. Obtenido de ELSEVIER: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187802961630158X>
- Rivera, G. (2000). *Concreto Simple. Agregados para morteros o concreto*. Universidad del Cauca. Popayán.
- Rivera, G. (2017). *Tecnología del concreto y mortero*. El Cauca, Bogotá Colombia: Universidad Nacional de San Agustín .
- Rodas Clara, Ordoñez Jonnathan . (2016). *Desarrollo tecnológico, investigativo y experimental de ecobloques de hormigón en base a vidrio y politileno de tereftalo (PET), como alternativa sustentable al bloque tradicional*. Cuenca: Universidad de Azuay.

- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2016). *Marine debris: understanding, preventing and mitigating the significant adverse impacts on marine and coastal biodiversity*. Obtenido de Montreal: <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-83-en.pdf>
- Segura, V. G. (2011). *UF0303: Ejecución de fábricas para revestir*. Málaga: ic editorial .
- Sequera, G., & Johangel, M. (2015). *Evaluación de la resistencia a la compresión de bloques de cemento utilizando mortero con polipropileno*. Naguanagua.
- Silpa Kaza, L. Y.-T. (2018). *What a waste 2.0 a global snapshot of solid waste management to 2050* . Washington : World Bank Group.
- SP GROUP. (27 de Junio de 2018). *Conoce cuales son y para que sirven los códigos de identificación de los plásticos* . Obtenido de <https://www.spg-pack.com/blog/codigos-identificacion-plasticos/>
- Susanne Kühn, Elisa L. Bravo Rebolledo, and Jan A. van Franeker. (2015). "Deleterious Effects of Litter on Marine Life". En E. L. Susanne Kühn, "*Deleterious effects of litter on marine life*" (págs. 75-82). New York : Springer one . Obtenido de Marine anthropogenic litter,.
- The Guardian. (03 de Abril de 2019). *Plástico en el paraíso: la batalla por el futuro de las Islas Galápagos*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/04/03/nota/7266608/documental-revela-imagenes-desgarradoras-contaminacion-plasticos>
- Vásconez, M. (2016). *El terremoto de Manabí: constatación preliminar de errores técnico - constructivas que incrementaron la vulnerabilidad de las edificaciones ante el fenómeno sísmico*. Manabí.
- Verde Ecológico . (28 de marzo de 2018). *Los corales se enferman por el plástico que invade los océanos* . Obtenido de noticias : <https://noticias.masverdedigital.com/los-corales-se-enferman-por-el-plastico-que-invade-los-oceanos/>
- Verónica, G. (01 de Diciembre de 2018). *Contaminación de larga data: Océanos y playas de plástico* . Obtenido de infobae: <https://www.infobae.com/def/def-medio-ambiente/2018/11/27/contaminacion-de-larga-data-oceanos-y-playas-de-plastico/>
- Viano, V. (2007). *Materiales de construcción*.
- Vicente García Segura . (2013). *Ejecución de fábricas para revestir* . Málaga : IC, Editorial .
- W.C. LI, H.F. TSE, and L. FOK. (1 de Octubre de 2016). *Plastic waste in the marine environment: a review of sources, occurrence and effects*. . Obtenido de Science of The Total Environment : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>.
- Zabala, J., & Almeida, M. (2018). *La industria del reciclaje en la ciudad de Quito, propuesta de modelo de negocio para la industria de reciclaje de plástico PET*. Quito.

