



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Desarrollo tecnológico, investigativo y experimental de
ecobloques de hormigón en base a vidrio y polietileno de
tereftalato (PET) reciclado, como alternativa sustentable al
bloque tradicional**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autores:

CLARA VALENTINA RODAS LEÓN

JONNATHAN FERNANDO ORDOÑEZ VILLAGÓMEZ

Director:

CÉSAR VINICIO ARÉVALO VÉLEZ

CUENCA, ECUADOR

2016

DEDICATORIA

Yo, Valentina Rodas agradezco a:

A mis padres:

Luis Rodas y Clara León quienes me apoyaron para iniciar y culminar la carrera;

A mi hermano:

Luis Rodas por su comprensión y ayuda.

DEDICATORIA

Yo, Jonnathan Ordoñez agradezco a:

A mis padres:

Manuel Ordoñez y Janeth Villagómez, quienes me apoyaron para iniciar y culminar la
carrera.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad del Azuay por brindar la oportunidad de realizar nuestros estudios y culminar nuestro trabajo de grado.

A los maestros de la universidad por sus orientaciones y enseñanzas para nuestra vida profesional.

Al Ingeniero Cesar Arévalo por su invaluable tutoría para el desarrollo del trabajo de investigación.

Al Ingeniero Juan Carlos Malo por su invaluable tutoría para el desarrollo del trabajo de investigación.

Al Doctor Hugo Torres por su invaluable tutoría para el desarrollo del trabajo de investigación.

Al Decano de la Facultad por facilitarnos los laboratorios e instalaciones de la universidad.

Al Director de Escuela por su apoyo incondicional con la revisión del tema propuesto.

**DESARROLLO TECNOLÓGICO, INVESTIGATIVO Y EXPERIMENTAL DE
ECO BLOQUES DE HORMIGÓN EN BASE A VIDRIO Y POLIETILENO DE
TEREFTALATO (PET) RECICLADO, COMO ALTERNATIVA
SUSTENTABLE AL BLOQUE TRADICIONAL**

RESUMEN

En el presente trabajo se plantea un nuevo concepto en lo que se refiere al diseño y fabricación de bloques usados en la construcción, mediante un ecobloque que brinde características mecánicas, físicas y geométricas similares o mejores que las de un bloque común, siendo un concepto innovador, ya que para su realización se utilizaron residuos reciclados inorgánicos triturados como son el polietileno de tereftalato (PET) y el vidrio, sustituyendo así a los agregados de un bloque tradicional; aportando en el ámbito ecológico, social, y tecnológico. Se diseñaron tres prototipos de ecobloques: PET, vidrio, PET más vidrio; que fueron sometidos a distintos tipos de ensayos de laboratorio, análisis técnicos, comparativos y de factibilidad frente al bloque tradicional; cumpliendo con los estándares y normativas NTE INEN.

Palabras Clave: Ecobloque, residuos reciclados inorgánicos triturados, polietileno de tereftalato, PET, vidrio, bloque tradicional.



César Vinicio Arévalo Vélez

Director de Tesis



Paúl Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela



Clara Valentina Rodas León



Jonnathan Fernando Ordoñez Villagómez

Autores

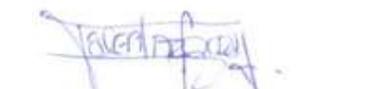
**TECHNOLOGICAL, INVESTIGATIVE AND EXPERIMENTAL
DEVELOPMENT OF ECO-CONCRETE BLOCKS COMPOSED OF
RECYCLED GLASS AND POLY-ETHYLENE-TEREPHTHALATE (PET) AS A
SUSTAINABLE ALTERNATIVE TO THE TRADITIONAL BLOCK**

ABSTRACT

This paper proposes a new concept in the design and manufacture of eco-blocks as construction blocks, which will provide mechanical, physical and geometrical characteristics similar or better than those of a common block. This arises as an innovative concept, since crushed inorganic recycled waste such as polyethylene terephthalate (PET) and glass were used, replacing the traditional aggregates for block production; consequently, contributing to the ecological, social, and technology fields. Three prototypes for Eco-blocks were designed: PET, glass, and PET plus glass. Then, they were subjected to different types of laboratory tests, technical, comparative and feasibility analysis in order to compare them to the traditional block; complying with NTE INEN standards and regulations.

Keywords: Eco-Block, Crushed Recycled Inorganic Waste, Polyethylene Terephthalate, PET, Glass, Traditional Block


César Vinicio Arévalo Vélez
Thesis Director


Clara Valentina Rodas León


Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director


Jonnathan Fernando Ordoñez Villagómez

Authors


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1. Antecedentes	3
1.2. Contexto a macro y micro escala	7
1.3. Justificación	9
1.3.1 Importancia.....	10
1.3.2 Alcances	13
1.3.3 Viabilidad	13
1.4. Objetivos	15
1.4.1 Objetivo general	15
1.4.2 Objetivos específicos.....	15
1.5. Hipótesis de trabajo	15

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1.	Hormigón	17
2.1.1	Materiales cementantes	18
2.1.1.1	Cemento Portland	18
2.1.1.2	Proceso de fabricación	19
2.1.1.3	Tipos de cemento Portland	19
2.1.1.4	Almacenamiento y cuidado del cemento	21
2.1.2	Agregados pétreos finos y gruesos	22
2.1.2.1	Funciones de los áridos en la mezcla para formar el bloque	23
2.1.2.2	Clasificación de los agregados	23
2.1.2.3	Propiedades de los agregados	24
2.1.3	El agua	24
2.1.3.1	Tolerancias en la medición	26
2.1.3.2	Clasificación del agua y sus efectos en el hormigón	27
2.1.4	Los aditivos del hormigón	28
2.1.4.1	Clasificación de los aditivos	29
2.1.5	Propiedades físicas y mecánicas del hormigón en estado fresco y endurecido	32
2.1.5.1	Consistencia o fluidez	32
2.1.5.2	Docilidad o trabajabilidad	34
2.1.5.3	Homogeneidad	35
2.1.5.4	Densidad	36
2.1.5.5	Permeabilidad	36
2.1.5.6	Resistencia a la compresión	36
2.1.5.7	Módulo de elasticidad	40

2.1.6	Dosificación del hormigón	43
2.1.7	Bloques de hormigón	46
2.1.7.1	Proceso de fabricación	48
2.1.7.2	Clasificación de los bloques según su acabado	48
2.1.7.3	Clasificación de los bloques según NTE INEN	49
2.2.	Plástico	51
2.2.1	Características generales de los plásticos	51
2.2.2	Materias primas	52
2.2.3	El problema del plástico y sus efectos en la salud y el entorno	52
2.2.4	Tipos de plásticos	54
2.2.4.1	Polietileno de Tereftalato (PET).....	56
2.2.4.1.1.	Características del Polietileno de Tereftalato (PET).....	57
2.2.4.1.2.	Polietileno de Tereftalato como reemplazo de los agregados	58
2.3.	Vidrio	59
2.3.1	Propiedades del vidrio	61
2.3.2	Usos del vidrio	62
2.3.3	Vidrio reciclado	63

CAPÍTULO 3: FABRICACIÓN Y PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO

3.1.	Diseño de dosificación de bloques tradicionales	66
3.1.1	Métodos de dosificación basados en la resistencia a compresión	67
3.1.2	Métodos clásicos de dosificación basados en el contenido de cemento por m ³	67

3.2.	Dosificación y fabricación de los ecobloques de hormigón	75
3.2.1	Materias primas	75
3.2.1.1	Obtención y tratamiento del Polietileno de Tereftalato	76
3.2.1.2	Obtención y tratamiento del vidrio	79
3.2.2	Dosificación empírica y fabricación de los ecobloques	80
3.3.	Maquinaria requerida para la fabricación de bloques	85

CAPÍTULO 4: ENSAYOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Ensayos	86
4.1.1	Ensayo de granulometría y propiedades de materiales	86
4.1.2	Ensayo de resistencia mecánica o de compresión	89
4.1.3	Ensayo para determinar el porcentaje de absorción de agua	96
4.1.4	Ensayo para determinar el peso específico	98
4.1.5	Ensayo de conductividad térmica	99
4.1.6	Ensayo de comportamiento a la intemperie	105
4.1.7	Ensayo de comportamiento al clavado y aserrado	106
4.1.8	Ensayo de adherencia de revestimientos o mortero	107
4.1.9	Ensayo de resistencia a agentes químicos	107
4.2.	Análisis comparativo de resultados	109

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

5.1.	Idea o perfil del proyecto	113
5.1.1	Necesidad del proyecto	113
5.1.2	Solución	113
5.1.3	Inversión e ingresos estimados	114
5.1.4	Costos	118
5.1.5	Definición del producto	118
5.1.6	Descripción del producto	118
5.2.	Estudio de mercado	119
5.2.1	Población – demanda	119
5.2.2	Muestra	119
5.2.3	Oferta	120
5.2.4	Fuentes de información	120
5.2.5	Conclusiones del estudio de mercado	127
5.3.	Estudio técnico	128
5.3.1	Objetivos	128
5.3.2	Tamaño y localización	128
5.3.3	Usos de los ecobloques	143
5.3.4	Conclusiones del estudio técnico	144

CAPÍTULO 6: COSTOS

6.1.	Presupuesto	145
6.1.1	Presupuesto bloque convencional	146
6.1.2	Presupuesto bloque PET	148

6.1.3	Presupuesto bloque vidrio	150
6.1.4	Presupuesto bloque PET más vidrio	152
6.2.	Análisis comparativo de costos	154
6.2.1	Comparación de costos de producción	154
6.2.2	Comparación de precios de venta al público PVP	155
6.2.3	Comparación de rendimientos	155
6.2.4	Comparación de utilidades	157
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		160
BIBLIOGRAFÍA		163
ANEXOS		166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Recolección de basura en la ciudad de Cuenca.....	8
Figura 1-2: Objetivos de desarrollo sostenible de la ONU.	12
Figura 1-3: 3 R's	12
Figura 2-1: Izquierda: áridos naturales Derecha: áridos procesados	24
Figura 2-2: Representación gráfica de la gama de aditivos disponibles para el hormigón..	29
Figura 2-3: Curva de incremento de resistencia en los hormigones con o sin aditivos vs. tiempo	32
Figura 2-4: Cono de Abrams.....	33
Figura 2-5: Curva de distribución de la resistencia de los hormigones	37
Figura 2-6: Rango elástico e inelástico de hormigones de diferentes resistencias.	40
Figura 2-7: Representación gráfica del módulo de elasticidad del hormigón.....	41
Figura 2-8: Agregado grueso y fino	43
Figura 2-9: Estructura interna del hormigón endurecido	44
Figura 2-10: Estructura molecular del cristal vs vidrio.....	60
Figura 3-1: Ubicación y localización	65
Figura 3-2: Porcentajes.	73
Figura 3-3: Club de recicladores	77
Figura 3-4: Tratamiento de materia prima.	78
Figura 3-5: Tratamiento de materia prima.	79
Figura 3-6: Elaboración de bloques	81
Figura 3-7: Elaboración de bloques	82
Figura 4-1: Ensayo de compresión.....	91
Figura 4-2: Procedimiento del ensayo de compresión	95
Figura 4-3: Ensayo peso específico y absorción de agua.....	99
Figura 4-4: Pared incinerada	101
Figura 4-5: Bloque incinerado.	102
Figura 4-6: Ensayo intemperie.....	105

Figura 4-7: Ensayo clavado y aserrado	106
Figura 4-8: Ensayo ácidos	108
Figura 4-9: Dosificación bloque tradicional versus bloque tipo 3 PET + VIDRIO.....	109
Figura 4-10: Resistencia a la compresión bloque tradicional versus bloque tipo 3 PET + VIDRIO	110
Figura 4-11: Conductividad térmica bloque tradicional versus bloque tipo 3 PET + VIDRIO.....	110
Figura 4-12: Absorción de agua bloque tradicional versus bloque tipo 3 PET + VIDRIO	111
Figura 4-13 Peso específico bloque tradicional versus bloque tipo 3 PET + VIDRIO..	111
Figura 4-14: Reacción ácidos bloque tradicional versus bloque tipo 3 PET + VIDRIO	112
Figura 5-1: Resultados pregunta 1	123
Figura 5-2: Resultados pregunta 2	123
Figura 5-3: Resultados pregunta 3	124
Figura 5-4: Resultados pregunta 4	124
Figura 5-5: Resultados pregunta 5	125
Figura 5-6: Resultados pregunta 6	126
Figura 5-7: Resultados pregunta 7	126
Figura 5-8: Fotografía Google Earth	129
Figura 5-9: Fotografía Google Earth	129
Figura 5-10: Fotografía Google Earth	130
Figura 5-11: Fotografía Google Earth	130
Figura 5-12: Plano de distribución de planta	131
Figura 5-13: Imágenes molino de esferas	135
Figura 5-14: Imágenes bloquera y mezcladora	137
Figura 5-15: Imágenes trituradora	139
Figura 5-16: Tipos de eco bloques obtenidos	143
Figura 6-1: Costos de producción	154
Figura 6-2: Comparación de rendimientos.....	156

Figura 6-3: Comparación de utilidades 158
Figura 6-4: Comparación de utilidades 159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Serie de tamices.....	23
Tabla 2-2: Clasificación de agua y sus efectos en el hormigón.	27
Tabla 2-3: Tipo de consistencia en hormigones y su asentamiento.....	33
Tabla 2-4: Desviación estándar según el tipo de control en el hormigón.....	38
Tabla 2-5: Factores de mayoración.....	39
Tabla 2-6: Módulos de elasticidad de agregados.....	42
Tabla 2-7: Tipos de bloques huecos de hormigón y sus usos.....	49
Tabla 2-8: Dimensiones de los bloques.....	50
Tabla 2-9: Requisitos de resistencia a la compresión que deben cumplir los Bloques huecos de hormigón.....	50
Tabla 2-10: Termoplásticos.....	55
Tabla 2-11: Propiedades.....	61
Tabla 3-1: Valores de coeficiente a_k	69
Tabla 3-2: Valores de coeficiente σ_C	70
Tabla 3-3: Valores de coeficiente σ	70
Tabla 3-4: Asentamiento tabla.....	71
Tabla 3-5: Peso del cemento.....	71
Tabla 3-6: Valores del coeficiente de granulometría.....	72
Tabla 3-7: Valores del coeficiente de granulometría.....	73
Tabla 3-8: Dosificaciones representativas para elaboración de ecobloques solo con PET en reemplazo del árido grueso.....	83
Tabla 3-9: Dosificaciones representativas para elaboración de ecobloques solo con vidrio triturado en reemplazo del árido fino.....	84
Tabla 3-10: Dosificaciones representativas para elaboración de ecobloques de PET más vidrio en reemplazo del árido grueso y árido fino correspondientemente.....	84
Tabla 4-1: Tamizado a. fino.....	87
Tabla 4-2: Propiedades a. fino.....	87
Tabla 4-3: Tamizado a. grueso.....	88
Tabla 4-4: Propiedades a. grueso.....	88

Tabla 4-5: Tamizado PET	89
Tabla 4-6: Tamizado vidrio	89
Tabla 4-7: Dosificación PET	92
Tabla 4-8: Dosificación vidrio..	93
Tabla 4-9: Dosificación PET+ vidrio	94
Tabla 4-10: Porcentaje de absorción.	97
Tabla 4-11: Peso específico de los prototipos	98
Tabla 4-12: Pesos específicos según Norma	99
Tabla 4-13: Resultados incineración PET	102
Tabla 4-14: Resultados incineración vidrio..	103
Tabla 4-15: Resultados incineración PET + vidrio	103
Tabla 4-16: Resultados incineración bloque tradicional.	104
Tabla 4-17: Conductividad térmica	104
Tabla 4-18: Observación ácidos	107
Tabla 5-1: Inversión aproximada opción 1	115
Tabla 5-2: Inversión aproximada opción 2..	115
Tabla 5-3 Datos generales de producción mensual de mampostería	116
Tabla 5-4: Dimensiones de los ecobloques propuestos.	116
Tabla 5-5: Demandas mensuales	117
Tabla 5-6: Porcentaje de aceptación	117
Tabla 5-7: Tabla de molino de esferas	136
Tabla 5-8: Tabla de molino de esferas	138
Tabla 5-9: tabla de trituradora	140
Tabla 5-10: tabla de inversión.....	141
Tabla 5-11: Tipos de eco bloques obtenidos	142
Tabla 6-1: Análisis de costo bloque convencional.....	146
Tabla 6-2: Análisis de costo bloque PET	148
Tabla 6-3: Análisis de costo bloque vidrio	150
Tabla 6-4: Análisis de costo bloque PET y vidrio..	152
Tabla 6-5: Tabla de resumen de costos	154
Tabla 6-6: Comparación de precios de venta al público PVP.....	155

Tabla 6-7: Comparación de rendimientos	156
Tabla 6-8: Comparación de utilidades	157

ÍNDICE DE ANEXOS

Normativa NTE INEN	166
--------------------------	-----

Rodas León Clara Valentina

Ordoñez Villagómez Jonnathan Fernando

Ing. César Vinicio Arévalo Vélez, M.Sc.

Mayo, 2016

**DESARROLLO TECNOLÓGICO, INVESTIGATIVO Y EXPERIMENTAL DE
ECOBLOQUES DE HORMIGÓN EN BASE A VIDRIO Y POLIETILENO DE
TEREFTALATO (PET) RECICLADO, COMO ALTERNATIVA
SUSTENTABLE AL BLOQUE TRADICIONAL**

INTRODUCCIÓN

“Una de las necesidades humanas es la vivienda”, por tal motivo desde el inicio de la humanidad el ser humano se ha caracterizado por estar continuamente probando distintos materiales, procesos o métodos constructivos que le sirvan para afrontar los riesgos y factores externos que puedan aparecer. (Maslow, 1943).

Con el pasar de los años y el desarrollo industrial cada vez se tiene en el mercado una mayor variedad de productos y procesos que se pueden ir implementando para afrontar las continuas necesidades humanas, pero muchas veces esto se convierte en un problema de carácter social y ambiental, ya que por lo general durante sus procesos de producción no se toma en cuenta los efectos medio ambientales negativos que se puedan estar generando. En un inicio las construcciones eran realizadas con bloques de piedra, tierra, adobe los cuales todavía se encuentran presentes en ruinas arqueológicas así como también en viviendas de los centros históricos; posteriormente aparecieron en el

mercado los ladrillos de arcilla y bloques de hormigón; siendo este último el más usado en la actualidad.

De igual manera es de conocimiento general que los precios de los materiales utilizados en la construcción cada vez son mayores debido a la sobre explotación de las fuentes de materias primas, las cuales en su mayoría provienen de recursos no renovables y necesitan de grandes gastos energéticos para su producción.

Al no haber nuevos materiales de construcción los constructores se ven obligados a usar los típicos materiales que hay en el mercado, siendo en este caso los bloques comunes que se consiguen en cualquier bloquera o ferretería de la ciudad, los mismos que tienen una mochila ecológica sumamente alta, la cual se define como todos los recursos que fueron utilizados durante el ciclo de vida de un producto desde su extracción, fabricación, transporte, uso y disposición final.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Existe una gran cantidad de materiales de muy bajo costo debido a que son considerados residuos y que podrían ser reutilizados; dentro de los cuales se encuentra el Polietileno de Tereftalato más conocido como plástico PET, el cual es un compuesto no biodegradable y que procede de envases descartables de bebidas, envoltorios de alimentos, tuberías de PVC¹

Así como también tenemos al vidrio, el cual es un material amorfo, inorgánico, duro, cuya composición básica es la arena de sílice; procedente de distintas industrias que lo fabrican. Ambos materiales generalmente terminan su vida útil dentro de un relleno sanitario bajo capas de tierra y basura, o quemados de forma clandestina en el caso del plástico, generando así un fuerte impacto ambiental, de hecho solo un pequeño porcentaje de estos es reciclado. (CEC CHILE, 1999).

El plástico al igual que el vidrio, se han convertido en uno de los causantes de distintos tipos de contaminación, dentro de estos tenemos la contaminación del suelo que se da por la acumulación de sustancias ajenas a la superficie terrestre, las cuales generan efectos negativos puesto que pueden liberar sustancias tóxicas dañando gravemente la productividad del suelo; así como también pueden generar una posible infiltración de estos compuestos químicos a los cuerpos de agua subterránea. (Inspiration ORG, 2009).

¹ PVC: Material termoplástico obtenido del cloruro de vinilo, cuyo residuo presenta problemas de contaminación.

De acuerdo a la revista SCIENCE, en uno de sus artículos publicados por la universidad de Plymouth, se indica que la contaminación causada por estos materiales no solo es a nivel terrestre sino también marítimo a nivel mundial; en dicha investigación se pudo comprobar que muchas especies marinas se encuentran ingiriendo fragmentos microscópicos de estos residuos; mientras que otras quedan atrapadas causándoles la muerte, y por ende disminuyendo la biodiversidad animal. (Williams, 2014).

Todos estos problemas de carácter ambiental, económico y social se convierten en una motivación para desarrollar el presente trabajo que vendría a ser el "Desarrollo tecnológico, investigativo y experimental de eco bloques de hormigón en base a vidrio y PET reciclado, como una alternativa sustentable al bloque tradicional"; teniendo como fundamento la consigna de las 3R's que indica que siempre se debe Reducir, Reutilizar y Reciclar cualquier tipo de material a modo de protección y conservación del medio ambiente; y al mismo tiempo servir como una guía que pueda ser aplicada tanto por la empresa privada como por las municipalidades del país como una opción ambientalista que permita generar fuentes de trabajo y como valor agregado un producto final que pueda ser comercializado o destinado al uso en viviendas de carácter social.

Un bloque común se forma de la unión de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, y agua en cantidades definidas; en el ecobloque que se pretende fabricar, se buscará reemplazar parte de los agregados por plástico PET y vidrio, los cuales deberán ser recolectados y sometidos a distintos procesos de molienda, según sea el caso, siendo este un paso previo a la elaboración de la mezcla del ecobloque. Se buscará conseguir la dosificación adecuada mediante la elaboración de distintas muestras de ecobloques, las cuales serán sometidas a distintos ensayos de laboratorio, conforme estos van ganando resistencia con el pasar de los días; a fin de poder conseguir un elemento de iguales o mejores características que el tradicional y que a su vez cumpla con las normativas y estándares de calidad NTE INEN². (NORMA BLOC, 2013).

² NTE INEN: Normativa Técnica Ecuatoriana del Instituto Nacional de Normalización

El escenario sobre el cual se define la aplicación del proyecto es tanto a nivel local en la ciudad de Cuenca, como nacional; ya que en la actualidad tanto el plástico PET como el vidrio son productos que se los utiliza diariamente en diversos sectores de la producción, teniendo como actor principal a la industria de los alimentos, la cual los usa como recipientes contenedores de una infinidad de productos que se encuentran a nuestra disposición tanto en las pequeñas tiendas de barrio como en la grandes cadenas de supermercados; haciendo que cada día la generación de residuos de plástico y vidrio sea mayor, produciéndose así un impacto medio ambiental directo.

En la ciudad de Cuenca se utiliza mayoritariamente ladrillos de arcilla cocida fabricados de manera artesanal; los cuales implican no solo un daño a la capa de suelo que es utilizada como materia prima; sino también contaminación atmosférica por la liberación de hollín y monóxido de carbono, que son generados en los hornos artesanales por la combustión de madera, aserrín, llantas, cartones, entre otros. Al mismo tiempo este procedimiento artesanal implica una serie de defectos en el producto final, tales como: diferentes medidas, fisuramientos, baja resistencia a la compresión, etc, generándose así problemas al momento de su puesta en obra y funcionamiento tanto mecánico como estético. (Piedra Patricio, 2014).

De acuerdo a investigaciones llevadas a cabo por la Comisión de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Cuenca CGA, el daño ambiental generado en nuestra ciudad por estos hornos tradicionales se encuentra en segundo lugar luego de la contaminación vehicular.

La Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca EMAC EP, indica que mensualmente se recolectan entre 150 a 160 toneladas de material plástico PET; y unas 25 a 35 toneladas de vidrio; aunque hay que tomar en cuenta que estas cantidades son solo un pequeño porcentaje de lo que en realidad se genera en la ciudad, y que la mayoría de estos materiales terminan sin tratamiento alguno. De hecho durante esta

investigación se pudo observar, en carne propia, como estos materiales son arrojados directamente a los recolectores de basura sin ningún tipo de separación o tratamiento especial, evidenciando claramente el problema y la necesidad de hacer algo al respecto, e incluso cabe recalcar que este fenómeno se está dando en la ciudad de Cuenca, esto a pesar de que la misma es una de las pioneras en lo que se refiere a reciclaje en el país, por lo que se supone que en otras localidades del país la situación debe ser mucho peor; motivo por el cual es emergente aplicar proyectos de esta naturaleza por el bien de este planeta llamado Tierra, el cual no solamente es nuestro hogar, sino que también es nuestra fuente de todo tipo de recursos y lo más importante, es nuestra fuente de vida.

Investigaciones realizadas por la Universidad de Michigan en los Estados Unidos, en las que se buscó el uso del vidrio molido reciclado en una mezcla de hormigón, permitieron obtener excelentes resultados; en dichas investigaciones se reemplazó un porcentaje del cemento que conforma el hormigón, para lo cual se pulverizó el vidrio a un tamaño promedio de 13 μm (micrómetros) siguiendo todos los procedimientos que exige la norma *ASTM*³; dicho porcentaje varió entre el 15% al 23%, obteniendo varios resultados tales como que a largo plazo se obtiene una mayor resistencia a la compresión y flexión, mejor comportamiento en el secado, menor uso de agua en la mezcla, menor porosidad en el hormigón, entre otros beneficios. (Roz Ud Din Nassar, 2011).

El Centro Experimental de la Vivienda Económica CEVE en Argentina, ha realizado varias investigaciones y pruebas sobre los posibles usos de materiales reciclados en la construcción, logrando conseguir varios procedimientos y métodos constructivos nuevos; los mismos que en su mayoría están dirigidos a viviendas de interés social, concluyendo que se debe seguir con investigaciones de este tipo. (BERRETTA , ARGUELLO, & GATANI , 2003).

³ ASTM: American Society for Testing Materials

En el transcurso del presente año, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM (INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM, 2015), logró varios reconocimientos por haber desarrollado ladrillos hechos a base de residuos de arcilla, madera, agua y goma de nopal; los cuales cumpliendo con las respectivas pruebas de resistencia mecánica y de absorción de agua, han sido destinados para el uso en parques, esculturas, centros comunitarios y viviendas.

Otro aspecto a conocer, es que una de las mayores organizaciones internacionales de conservación de la naturaleza conocida como Word Wildlife Fund WWF, ha realizado algunas consultorías en nuestro país; las mismas que han sido realizadas por varios grupos de ingenieros civiles, cuyo propósito ha sido investigar sobre la utilización de materiales reciclados en el desarrollo de técnicas constructivas y nuevos materiales de construcción. (WORLD WILDLIFE FUND, 2010).

1.2 Contexto a macro y micro escala

De una manera global, hoy en día en lo que se refiere a materiales utilizados en la construcción, siempre se buscan nuevas técnicas e innovaciones con las que se pueda desarrollar distintas tecnologías para que aporten principalmente, tanto al medio ambiente como al ámbito constructivo.

Siendo una de las materias primas principales el hormigón, se busca influenciarlo para que cada vez sea mejor, tanto en sus características técnicas mecánicas, como físicas; en las físicas buscando que se use cada vez menos agregados perjudiciales con el medio ambiente, por lo cual se los está reemplazando con distintos materiales alternativos como por ejemplo: el plástico reciclado, el vidrio triturado, cartón, cascaras de arroz, aserrín, virutas, entre otros.

Sin embargo el desarrollo de nuevas técnicas, procedimientos y uso de nuevos materiales son tendencias que aún se encuentran solo a nivel de investigación en laboratorio, más no a un nivel industrializado.

En el austro ecuatoriano, más específicamente en la ciudad de Cuenca, existe escasez de materias primas y cada vez su proceso de extracción es más difícil, lo que conlleva a gastos energéticos sumamente altos repercutiendo directamente en los costos.

Los distintos centros de acopio de basura, como son los rellenos sanitarios, están continuamente recibiendo enormes cantidades de material como el polietileno de tereftalato (PET) y vidrio; esto a pesar de que en la ciudad se han aplicado distintas campañas de reciclaje, e incluso se han emitido sanciones a los usuarios que no efectúen una correcta separación y colocación de los desechos en las distintas fundas de colores asignadas por la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC).



Cuenca a pesar de ser una de las ciudades que más se ha esforzado en el tema del reciclaje contando incluso con camiones separadores y con parrillas para plásticos, papeles, vidrios y cartón; sigue teniendo problemas, ya que como se ve en la foto, se sigue votando desechos que hay como recuperar; situaciones aún peores se viven en otras ciudades del país.

Figura 1-1: Recolección de basura en la ciudad de Cuenca.

De igual manera, muchas son las empresas constructoras o ingenieros civiles independientes que se están sumando a esta lucha en pro del medio ambiente; sin embargo su lucha se ve truncada puesto que en el mercado no existe materiales sustentables; y las pocas personas que se dedican al desarrollo e investigación de este tipo de materiales, al poco tiempo terminan desistiendo por diversos factores tales como: la falta de apoyo económico, técnico y social.

Todo esto conlleva a incursionar en el campo de la innovación en técnicas constructivas para la influencia del hormigón con estas materias primas que están siendo simplemente desechadas, no reusadas, ni tampoco recicladas.

1.3 Justificación

Si en este preciso momento mientras usted lee esta investigación, levanta su cabeza por unos cuantos segundos y mira a su alrededor, seguramente habrá podido distinguir una serie de artículos o productos hechos a base de vidrio y plástico PET; y es muy probable que estos estén desempeñando eficientemente la tarea para la cual fueron fabricados, sin embargo quizás en unos cuantos minutos, horas o días usted los habrá desechado sin siquiera pensar en que es lo que pasará con éste a continuación; pues la cruda realidad es que si tuvo suerte estos terminarán en una planta de reciclaje, aunque lo más probable es que estos terminen sin ningún tipo de manejo post consumo, mezclados con todo tipo de basura, ocupando grandes espacios y disminuyendo el ciclo de vida de los rellenos sanitarios; y esto es precisamente lo que se pretende combatir y dar solución mediante la aplicación de este proyecto, que busca reciclar tanto el plástico PET como el vidrio que diariamente hubiera llegado al relleno para poder reutilizarlo dentro de una planta de producción y poder obtener como resultado final ecobloques de hormigón hechos a base de plástico PET y vidrio reciclado, los mismos que puedan ingresar al mercado de los materiales de construcción como una alternativa sostenible al bloque tradicional y al

mismo tiempo innovadora ya que el desarrollo de nuevos y mejores materiales de construcción o procesos de fabricación es mínimo dentro de esta industria.

Este proyecto puede ser aplicado de forma inmediata en cualquier municipalidad del país; de hecho a pesar que Cuenca es una ciudad en la cual ya existen grupos de personas que reciclan materiales como el plástico, vidrio, chatarra y papel; estos lo único que hacen es acumular grandes cantidades y venderlas a precios ínfimos a las grandes empresas recicladoras, las cuales procesan la materia prima y la venden obteniendo ganancias sumamente elevadas; y es ahí donde se encuentra una de las razones de este proyecto ya que se está dando la oportunidad a aquellas personas de bajos recursos que actualmente solo son mediadoras en estos procesos de reciclaje, se conviertan también en pequeñas empresas productoras, mejorando notablemente sus ingresos económicos, aportando a la conservación del medio ambiente y mejorando su calidad de vida.

El proyecto es económicamente viable, ya que no necesita de grandes inversiones o montos de dinero para su implementación; lo único que se necesita es la fuerza de voluntad y la iniciativa de querer hacer algo por el medioambiente; de hecho las máquinas trituradoras y mezcladoras de material que aquí se pretenden usar pueden ser fabricadas de forma “casera” con conocimientos básicos de mecánica, ya que existen todo tipo de planos y guías detalladas para su elaboración.

1.3.1 Importancia

La humanidad se encuentra en un punto de inflexión. Las decisiones que tomemos en los próximos años tendrán una importancia histórica para nuestra supervivencia y la de las futuras generaciones. Según el secretario general de las Naciones Unidas, Ban Ki-moon, somos la primera generación con capacidad para eliminar la pobreza, y al mismo tiempo,

la última en poder salvar al planeta de la degradación medioambiental definitiva. (Ekos Negocios, 2015).

La técnica que se desarrolla en la presente investigación permite afrontar los continuos problemas de escasos de áridos que se presentan en la región, puesto que al estar usando materiales alternativos se apoya a que se disminuya la explotación de material pétreo; se evita el daño de la capa de suelo que se usa en la fabricación de ladrillos artesanales, así como también se evita la enorme contaminación ambiental que se da debido a el proceso tradicional de fabricación de dichos ladrillos; por otro lado se introduce al mercado un material innovador y competitivo que promueve el desarrollo sustentable, económico y social.

En pocas palabras este proyecto engloba algunos de los 17 nuevos objetivos para el desarrollo sostenible (ODS), los cuales fueron aprobados en la Cumbre para el Desarrollo Sostenible organizada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo que se llevó a cabo en septiembre de 2015; en dicha cumbre los Estados Miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la cual como ya se indicó anteriormente incluye un conjunto de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible los cuales buscan poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad, la injusticia, y hacer frente al cambio climático. (PNUD, 2015).



Figura 1-2: Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU

Fuente: ONU, 2015

Por otro lado, el desarrollo de este trabajo se fundamenta también en la importancia de la aplicación de la regla de las 3 R's de la ecología, las cuales tienen por significado Reducir, Reusar y Reciclar. Con éste se está reutilizando y reciclando tanto el plástico PET como el vidrio a fin de alargar la vida útil de dichos productos; teniendo como valor agregado la generación de nuevas fuentes de trabajo para las personas de menos recursos, por lo que este proceso no requiere de ninguna especialización, sólo es recolección y trituración.



Figura 1-3: 3 R's

1.3.2 Alcances

Se espera que con el desarrollo de los ecobloques se pueda conseguir iguales o mejores características que las de un bloque tradicional, cumpliendo con las distintas normas vigentes en el país, y que mediante éstos se alarguen la vida útil de los materiales como lo son el PET y vidrio reciclado; disminuyendo así su impacto ambiental.

Los resultados se presentarán mediante un registro escrito que constará de tablas de variabilidad con su respectivo análisis de propiedades, físicas, mecánicas, costos, factibilidad y usos; entre este nuevo tipo de material de construcción y el tradicional. Adicionalmente se incluirá un registro fotográfico haciendo constar los distintos ensayos y procesos realizados para justificar así la metodología propuesta.

1.3.3 Viabilidad

Desde el punto de vista medio ambiental se está dando la oportunidad de volver a utilizar materiales como el plástico y vidrio que diariamente son desechados en enormes cantidades dentro de los rellenos sanitarios, ocupando grandes extensiones y disminuyendo el ciclo de vida de éstos; como ya se indicó anteriormente se sabe que mensualmente en la ciudad de Cuenca se recolectan entre 150 a 160 toneladas de material plástico PET; y unas 25 a 35 toneladas de vidrio, cantidades que pueden aumentar significativamente al implementar este proyecto como una forma de negocio ecológicamente amigable haciendo totalmente viable su realización.

Además es de conocimiento general que debido a la enorme e indiscriminada explotación de áridos que se ha venido dando a lo largo de los años, cada vez existe mayor escases de los mismos, generando problemas medio ambientales severos,

contaminación cruzada, excesivos gastos de energía en la extracción, fabricación y transporte; dañando la naturaleza y el hábitat de muchos animales y plantas que se encuentran en las cercanías a las minas. De hecho para la fabricación de un bloque tradicional se necesitan grandes cantidades de áridos finos y gruesos, los cuales como se ha demostrado en otras investigaciones pueden ser reemplazados fácilmente por el plástico y vidrio reciclado triturado, permitiendo así disminuir la explotación de estos recursos naturales.

El proyecto es viable socialmente ya que permitirá la implementación de diversas fuentes de trabajo, permitiendo mejorar la calidad de vida de todos los empleados, desde los grupos de recicladores encargados de obtener la materia prima, hasta las personas responsables de la fabricación y manejo en planta de los ecobloques; de igual manera se aporta a disminuir el trabajo o la explotación infantil mediante la implementación de guarderías sociales ya que es muy común ver a los padres o madres de familia andar con sus hijos por las calles de la ciudad durante las jornadas de reciclaje. Además el sólo hecho de ver iniciativas como ésta, incentiva a las personas a aportar con su granito de arena en esta gran lucha por el cuidado de nuestro planeta.

Económicamente es viable ya que la inversión inicial para su implementación es relativamente baja; de igual manera al terminar con esta investigación se realizará un análisis de los costos de producción de los ecobloques vs los bloques tradicionales, para determinar si el proyecto es factible económicamente desde el punto de vista comercial.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar tecnológicamente y experimentalmente bloques de hormigón ecológicos en base al uso de vidrio y PET reciclado, en reemplazo parcial de los agregados.

1.4.2. Objetivos específicos

- Reciclar y reutilizar tanto el plástico PET como el vidrio.
- Elaborar distintas muestras de ecobloques para conseguir una dosificación adecuada.
- Someter a distintos ensayos de laboratorio a los especímenes fabricados.
- Analizar las propiedades mecánicas, físicas, costos y posibles usos entre el bloque tradicional y los prototipos de ecobloques.
- Cumplir con los estándares, características y especificaciones que demanda la normativa NTE INEN.

1.5 Hipótesis de trabajo

Se plantea la posibilidad de fabricar un bloque a partir de materiales reciclados de iguales o mejores características que uno tradicional, tratando de disminuir así su impacto ambiental.

Además, se busca cumplir con los estándares, características y especificaciones que demanda la normativa NTE INEN⁴.

Y como último punto, se buscará conseguir costos de fabricación similares a los bloques de uso tradicional.

⁴ NTE INEN: Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Hormigón

El hormigón también conocido como concreto, es uno de los compuestos de mayor consumo en el planeta; este es una piedra artificial que se obtiene como resultado de la mezcla de un aglomerante, agregados pétreos, agua y en algunos casos aditivos.

Sus características y propiedades están en función de la calidad y cantidad de sus compuestos; así como también de las condiciones de humedad y temperatura presentes durante su elaboración y fraguado.

El aglomerante encargado de unir los compuestos del hormigón es el cemento Portland o cualquier otro tipo de cemento hidráulico, el cual al ser mezclado con una cantidad definida de agua sufre una reacción de hidratación convirtiéndose así en una pasta maleable con excelentes propiedades de adherencia. Dicha pasta entra en un proceso de fraguado, es decir de endurecimiento y pérdida de plasticidad hasta convertirse en un material de consistencia pétreo.

Dentro de las características más importantes del hormigón tenemos:

- Es homogéneo, permitiendo facilidad en su manejo, transporte y colocación.
- Adopta formas diversas, a voluntad del proyectista.
- Excelente resistencia a la compresión.
- Resistencia a tracción, flexión y cortante relativamente bajas.

- Larga vida útil.
- Buena relación costo/beneficio
- Buen aislante acústico y de resistencia al fuego.
- Consistencia plástica en estado fresco.

2.1.1 Materiales cementantes

A los materiales cementantes se les identifica también como materiales aglomerantes; estos se caracterizan por sus excelentes propiedades de adherencia y cohesión que les permiten unir partículas de distintos minerales entre sí, a partir de una reacción química que los endurece hasta formar una masa sólida con buenas propiedades de resistencia y durabilidad.

Comúnmente se piensa que el único material cementante es el cemento, pero existen otros materiales cuyo uso es menos frecuente tales como el yeso, la cal, las puzolanas, las escorias, los asfaltos y los alquitranes.

Un aspecto muy importante es que para la fabricación del hormigón se deben utilizar sólo cementos hidráulicos, es decir aquellos que sufren reacciones químicas a partir del contacto con el agua.

2.1.1.1 Cemento Portland

El cemento hidráulico de mayor uso tanto en el pasado como en la actualidad en el sector de la construcción, es el cemento Portland; este es un polvo inorgánico muy fino de color gris, formado principalmente por silicatos de calcio y de aluminio, provenientes de la combinación de calizas, arcillas o pizarras y yeso, mediante procesos especiales. Éste tiene un color gris verdoso oscuro similar a las piedras de la región de Portland, en Inglaterra, de ahí que proviene su nombre. (Marcelo Romo Proaño, 2005).

2.1.1.2 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación del cemento empieza con la extracción de las materias primas que vendrían a ser las calizas y arcillas, ésta se da en minas a cielo abierto mediante el uso de perforadoras especiales, así como también de voladuras controladas. El material extraído es transportado hacia una planta de trituración, en la cual se reduce el tamaño del material hasta un rango comprendido entre 0 mm y 46 mm. Dicho material triturado es almacenado en planta para ser sometido a un proceso de pre homogeneización; posteriormente el material es sometido a un proceso de molienda hasta obtener un material totalmente fino que se denomina “harina”, en este proceso de molienda se seleccionan las características químicas que se desea obtener en el cemento. La harina cruda es dosificada e introducida a distintos sistemas de pre calcinación previo a su ingreso a los hornos rotativos, en los cuales a una temperatura aproximada de 1400°C se desarrollarán las respectivas reacciones físico-químicas, que permiten la formación del Clinker. (Asociación de fabricantes de cemento Portland, 2005).

2.1.1.3 Tipos de cemento Portland

De acuerdo a la *American Society for Testing Materiales (ASTM)*, se tiene los siguientes tipos de cemento Portland:

- Tipo I: Este es un cemento de uso general, es el más usado para la fabricación de hormigones, en los cuales no se requiera propiedades especiales tales como resistencia a los sulfatos.
- Tipo II: Este es un cemento modificado para propósitos generales que se emplea cuando el hormigón va a estar expuesto a un ataque moderado de sulfatos; o cuando no se requiera un moderado calor de hidratación, lo cual hace que gane resistencia con mayor lentitud que el tipo I. Pueden ser usados como cementos antibacteriales, por ejemplo en piscinas; cementos hidrófobos que se deterioran

muy poco en contacto con sustancias agresivas líquidas; cementos de albañilería que se los emplea en la colocación de mampostería; cementos impermeabilizantes que se los utiliza en elementos estructurales en que se desea evitar las filtraciones de agua u otros fluidos.

- Tipo III: Estos son cementos de fraguado rápido, que tienen una alta resistencia inicial; son utilizados en hormigones que van a estar en contacto con flujos de agua durante el proceso de construcción o en obras que pueden inestabilizarse rápidamente durante su construcción.

Los hormigones fabricados con este tipo de cemento presentan una resistencia a la compresión a los 3 días aproximadamente igual a la resistencia a la compresión a los 7 días para los tipos I y II; y una resistencia a la compresión a los 7 días casi igual a la resistencia a compresión a los 28 días para los tipos I y II. Sin embargo, la resistencia última es más o menos la misma o menor que la de los tipos I y II. (ASTM, Apuntes de Ingeniería Civil, 2005).

- Tipo IV: Estos son cementos de fraguado lento, que generan bajo calor de hidratación. Son muy usados en estructuras de hormigón masivo como las presas; su tiempo de curado es mucho mayor que el de los otros tipos.
- Tipo V: Estos son cementos resistentes a los sulfatos; se usa en estructuras que van a estar expuestas a los sulfatos alcalinos del suelo o del agua, y para exposición al agua de mar. La presencia de sulfatos junto con otros tipos de cementos provoca la desintegración progresiva del hormigón y la destrucción de la estructura interna del material compuesto. (Marcelo Romo Proaño, 2005).

2.1.1.4 Almacenamiento y cuidado del cemento

El cemento es un material que se caracteriza por sus reacciones ante el contacto con el agua y la humedad, por este motivo, es de suma importancia tener un especial cuidado a la hora de su manejo o almacenamiento, tales como:

Si el cemento que va a ser utilizado en obra es a granel, éste deberá ser almacenado en silos o depósitos secos, los cuales deben impedir el paso del agua hacia su interior, de igual manera, se debe garantizar una correcta ventilación y contar con las instalaciones adecuadas para que la humedad relativa sea la menor posible; si el cemento se mantiene seco éste mantendrá su calidad. El cemento a granel puede llegar a ser entre un 20% y un 30% más económico que el cemento en saco, pero requiere de procesos de control de la cantidad de cemento empleada en obra.

Al contrario, si el cemento a ser utilizado en obra es en sacos, éstos deberán ser almacenados sobre tarimas de madera que eviten su contacto directo con el piso por la posible transferencia de humedad que se puede presentar. Se debe evitar sobreponer más de 12 sacos si el período de almacenamiento es menor a 60 días. Si el período es mayor, no se deben sobreponer más de 7 sacos. Los sacos se deben cubrir con mantas o con alguna cubierta impermeable; se deben apilar juntos para reducir la circulación de aire, pero nunca apilar contra las paredes exteriores.

El cemento que ha sido almacenado durante períodos prolongados puede sufrir lo que se ha denominado "compactación de bodega". Para evitar que el cemento envejezca indebidamente, el contratista deberá apilar los sacos de tal manera que se lo utilice en la misma secuencia cronológica de su llegada a bodega.

El cemento más utilizado en nuestro medio es el cemento Portland tipo I, y cuando se ejecutan proyectos de uso masivo de hormigón como en el caso de las presas, se utiliza

el cemento Portland tipo IV; el uso de otros tipos de cemento es muy limitado por lo que siempre requieren de importación y sus costos son sumamente elevados. El cemento utilizado en la fabricación de hormigón debe estar totalmente seco y suelto y no debe presentar grumos de fraguado anticipado. (Holcim, 2000).

2.1.2 Agregados pétreos finos y gruesos

Los agregados conocidos también como áridos, son materiales naturales de origen pétreo que se caracterizan por estar formados de partículas de gran dureza, forma y dimensiones específicas; dichos materiales de tipo granular son extraídos de minas o depósitos naturales. Estos materiales son de vital importancia durante la fabricación del hormigón, puesto que aproximadamente el 70% de toda la masa de hormigón corresponde a los agregados.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en su capítulo 4, indica que los áridos deben tener ciertas características que los haga adecuados para la elaboración del hormigón, tales como: deben ser limpios, duros, sanos y durables, con una distribución granulométrica uniforme durante toda la producción, deben estar libres de cualquier químico, de adherencias como limos, arcillas, grasas, aceites, libres de materia orgánica, entre otros. Si el material no presenta las características mencionadas anteriormente se podría afectar al hormigón en ciertos aspectos como la adherencia, trabajabilidad, durabilidad, resistencia, entre otras.

Las partículas del árido grueso serán de formas cúbicas, evitando las formas alargadas y laminares. Los cantos rodados serán de formas esféricas, evitando las partículas planas. El árido fino más adecuado es la arena natural de granos redondos, pero se puede

emplear el polvo de piedra, producto de la trituración de las rocas, siempre que no tengan exceso de finos o partículas alargadas y laminares. (NEC, 2014)

2.1.2.1 Funciones de los áridos en la mezcla para formar el bloque

Los áridos cumplen con proveer un relleno relativamente barato, además de proporcionar resistencia ante aplicación de cargas sin dejar de lado también la protección y resistencia ante los distintos agentes atmosféricos. (SARRADE, 2007).

2.1.2.2 Clasificación de los agregados

- **Por su tamaño:** Como es de conocimiento general, estos se dividen en dos grupos: los agregados finos y los agregados gruesos; siendo gruesos los que se retienen en el tamiz normado # 4 (tamaño mayor a 4.75 mm) y siendo finos los pasantes del tamiz normado # 4 y retenidos en el tamiz # 200 (tamaño entre 4.75 mm y 0.075 mm).

Tabla 2-1: Serie de Tamices

TAMICES SERIE ASTM											
Nro.	Abertura	Nro.	Abertura	Nro.	Abertura	Nro.	Abertura	Nro.	Abertura	Nro.	Abertura
5"	127.00	1 1/2"	38.10	3/8"	9.53	12	1.70	60	0.250	325	0.041
4 2/4"	107.70	1 1/4"	31.75	5/16"	7.94	14	1.40	70	0.212	400	0.035
4"	101.60	1.06"	26.92	0.265"	6.73	16	1.18	80	0.180	450	0.031
3 1/2"	88.90	1"	25.40	1/4"	6.35	18	1.00	100	0.150	500	0.028
13/4"	82.55	7/8"	22.23	4	4.75	20	0.85	120	0.125	635	0.021
3"	76.20	3/4"	19.05	5	4.00	25	0.71	140	0.106		
2 1/2"	63.50	5/8"	15.88	6	3.35	30	0.60	170	0.090		
2.12"	53.85	0.53"	13.46	7	2.80	35	0.50	200	0.075		
2"	50.80	1/2"	12.70	8	2.36	40	0.43	230	0.065		
1 3/4"	44.45	7/16"	11.11	10	2.00	50	0.36	270	0.053		

Fuente: ASTM

- **Por su proceso de obtención**

Natural: Cuando ha sido simplemente recolectado de alguna mina o cantera, mediante procesos naturales como la erosión, más no con la intervención del ser humano.

Procesado: Cuando existe procesos de trituración con maquinaria industrializada como molinos y cuchillas.



Figura 2-1: Izquierda: Áridos Naturales Derecha: Áridos Procesados

Fuente: INTERNET

Natural y procesado (mixto): Cuando existe parte del uno y del otro en la intervención de la recolección.

2.1.2.3 Propiedades de los agregados

El árido grueso triturado presenta un mejor comportamiento de adherencia con el mortero cementicio, físicamente tiene mayor superficie de contacto, puesto que tiene mayor número de aristas; los áridos redondeados provenientes de los cantos rodados de río presentan menor adherencia, pero una mejor resistencia interna. (Marcelo Romo Proaño, 2005).

El árido fino por otra parte, sirve para dar volumen al hormigón, aporta en la reducción de fisuras que puedan presentarse durante el proceso de fraguado; de igual manera actúa como una especie de lubricante sobre el que ruedan los agregados gruesos, brindándole manejabilidad al hormigón.

Una mezcla de hormigón con una deficiente cantidad de arena se torna áspera; y un exceso de arena demanda mayor cantidad de agua para conseguir un asentamiento determinado; es decir, a mayor cantidad de arena la mezcla se vuelve más cohesiva y al agregar mayor cantidad de agua se necesita mayor cantidad de cemento a fin de mantener la relación agua cemento requerida. (SARRADE, 2007).

2.1.3 El agua

El agua es de vital importancia para el hormigón, puesto que ésta al mezclarse químicamente con el cemento permite la elaboración de una pasta de cemento en la cual se encuentran aglutinadas las partículas de los áridos, permitiéndoles a éstas permanecer unidas como una sola masa; de igual manera el agua ayuda al hormigón a desarrollar sus propiedades mecánicas características.

Se debe tener especial cuidado de que el agua usada en el hormigón esté libre de sustancias nocivas como aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias. En resumen, en lo que respecta al uso de agua para la elaboración del hormigón, la NEC define que si el agua es apta para el consumo humano, es decir que se pueda beber, que no tenga sabor ni tampoco olor marcado; es buena para hacer hormigón y en caso de tener dudas sobre la calidad del agua exige hacer pruebas de resistencia de cubos de mortero elaborados con dicha agua en base a NTE INEN 488 o ASTM C109.

No serán utilizadas en la preparación de un hormigón, aguas servidas, aguas de desechos industriales, aguas blandas o de deshielo de montañas, aguas con elevadas concentraciones de sólidos disueltos o en suspensión. No se debe utilizar agua salada o de mar. Las impurezas excesivas en el agua de mezclado, pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del hormigón y la estabilidad volumétrica. (NEC, 2014).

2.1.3.1 Tolerancias en la medición

El agua que se añade a la mezcla debe medirse y colocarse con una precisión del $\pm 1\%$ del agua total requerida para el mezclado, incluida el agua de los aditivos y el agua por humedad superficial de los áridos. El agua total de acuerdo al diseño debe medirse con una precisión de $\pm 3\%$.

El agua desempeña dos papeles importantes en una mezcla de hormigón; inicialmente sufre reacciones químicas con el cemento a fin de formar la parte sólida de la pasta de cemento que es la que le otorga resistencia al hormigón. Posteriormente, el agua permite dar manejabilidad a la mezcla, lo cual es sumamente importante para obtener un hormigón homogéneo y bien compactado.

2.1.3.2 Clasificación del agua y sus efectos en el hormigón

Tabla 2-2: Clasificación de agua y sus efectos en el hormigón

TIPO DE AGUA	EFECTOS EN EL HORMIGÓN
Aguas puras	Acción disolvente e hidrolizante de compuestos cálcicos del concreto.
Aguas naturales ácidas	Disolución rápida de los compuestos del cemento.
Aguas salinas fuertemente	<p>Interrumpe las reacciones del fraguado del cemento.</p> <p>En el fraguado, disolución de los componentes cálcicos del concreto.</p>
Aguas alcalinas	<p>Produce acciones nocivas al cemento,</p> <p>Su efecto negativo está que al reaccionar con el aluminato tricalcico produce sales expansivas.</p>
Aguas sulfatadas	Son nocivas para concretos fabricados con cemento portland.
Aguas cloruradas	<p>Produce una lata solubilidad de la cal.</p> <p>Produce disolución en los componentes del concreto.</p> <p>Tiende a fijar la cal, formando hidróxido de magnesio y yeso insoluble.</p>
Aguas mnesianas	En la mezcla inhibe el proceso de fraguado del cemento.

	Su efecto negativo está en la formación de sales expansivas.
Aguas de mar	<p>Producen eflorescencias.</p> <p>Incrementan la posibilidad de generar Corrosión en el hacer de refuerzo.</p> <p>Se permite el uso de agua de mar en Hormigones menores a 150 kg/cm²,</p> <p>Se usa siempre y cuando no exista otra fuente de agua.</p>
Aguas recicladas	El concreto puede acusar los defectos propios del exceso de finos.
Aguas industriales	Por su contenido de iones sulfato, ataca cualquier tipo de cemento.
Aguas negras	Efectos imprevisibles.

2.1.4 Los aditivos del hormigón

Los aditivos son productos que se agregan en pequeña proporción al hormigón durante el mezclado, en porcentajes entre 0.1% y 5% del peso del cemento según el producto o el efecto deseado, con el fin de producir una modificación en algunas de sus propiedades originales o en el comportamiento del concreto en su estado fresco en una forma susceptible de ser prevista y controlada. (Facultad de Ingeniería Civil de la U.N., 2007).

Son usados con fines de mejorar características de la mezcla de hormigón en todas sus etapas, es decir existen distintos tipos, ya sea que la mezcla esté en estado fresco, en proceso de fraguado, o en un hormigón endurecido; cabe recalcar que se lo debe usar en proporciones adecuadas y medidas exactas, para evitar que actúe perjudicialmente.

Su uso tiene un objetivo, que es el económico, ya que algunas características no pueden ser logradas de forma convencional, por eso con estos compuestos se busca beneficiar las características de resistencia, endurecido, fraguado, trabajabilidad, entre otras. (SARRADE, 2007).



Figura 2-2: Representación gráfica de la gama de aditivos disponibles para el hormigón.
Fuente: SIKA Ecuatoriana S.A.

2.1.4.1 Clasificación de los aditivos

Según la norma técnica ASTM⁵-C494 es: (ASTM, Aditivos, 1994)

- a) TIPO A: Reductor de agua
- b) TIPO B: Retardante

⁵ ASTM: *American Society for Testing Materials*

- c) TIPO C: Acelerante
- d) TIPO D: Reductor de agua retardante
- e) TIPO E: Reductor de agua acelerante
- f) TIPO F: Súper reductor de agua
- g) TIPO G: Súper reductor de agua retardante

Según el comité 212 del ACI⁶ es: (ACI, 1994)

- a) Aditivos acelerantes.
- b) Aditivos reductores de agua y que controlan el fraguado.
- c) Aditivos para inyecciones.
- d) Aditivos incorporadores de aire.
- e) Aditivos extractores de aire.
- f) Aditivos formadores de gas.
- g) Aditivos productores de expansión o expansivos.
- h) Aditivos minerales finamente molidos.
- i) Aditivos impermeables y reductores de permeabilidad.
- j) Aditivos pegantes (también llamados epóxicos).
- k) Aditivos químicos para reducir la expansión debido a la reacción entre los agregados y los alcalices del cemento. Aditivos inhibidores de corrosión.
- l) Aditivos fungicidas, germicidas o insecticidas.

⁶ ACI: *American Concrete Institute*

m) Aditivos floculadores.

n) Aditivos colorantes.

En el presente trabajo se plantea trabajar con un aditivo que cumpla las características de plastificante y acelerante, ya que se requiere de trabajabilidad por motivos de adecuación al molde del bloque en fábrica y acelerante por motivos de cronograma.

Aditivo plastificante

Es uno de los más usados en nuestro medio, sirven para generar una mayor trabajabilidad en la mezcla de hormigón, suele ser usado sobre todo en los hormigones que serán manejados mediante bombas o en zonas concentradas de hierro. Este tipo tiene la función de reducir la cantidad de agua de amasado mejorando así la resistencia; logrando llegar a relaciones de agua cemento hasta de 0.3, lo que conlleva así a resistencias más altas y mayor durabilidad.

Aditivo acelerante

Este permite que el hormigón tenga un tiempo de fraguado más rápido en la etapa inicial. Se lo usa cuando se requiere por ejemplo un tiempo de desencofrado menor; pueden usarse también cementos de fraguado rápido, pero en general se emplea este tipo de aditivos. El efecto de aceleración a más de lograr velocidad de manera no convencional, tiene influencia en la resistencia a largo plazo, ya que conduce a resistencias menores puesto que el agua de curado tiene menor nivel de penetración por el endurecimiento temprano del hormigón. (Proaño, 2009).

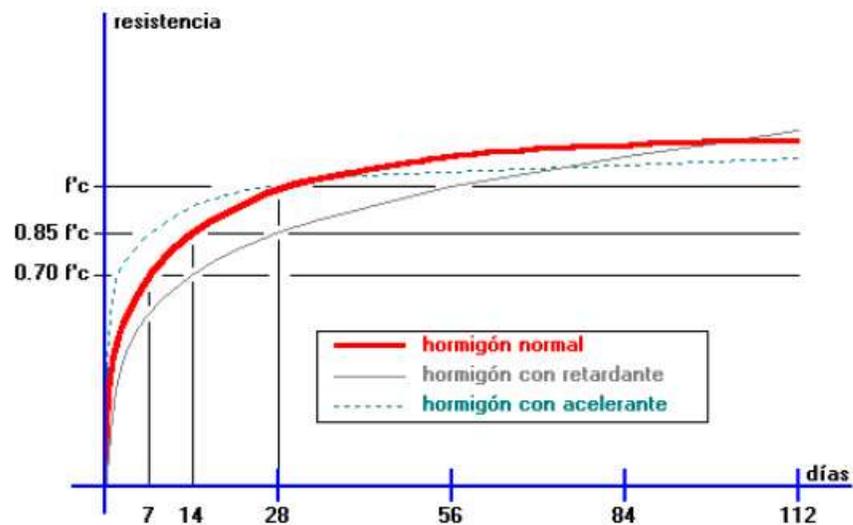


Figura 2 -3: Curva de incremento de resistencia en los hormigones con o sin aditivos vs. tiempo.

Fuente: (Marcelo Romo Proaño, 2005)

2.1.5 Propiedades físicas y mecánicas del hormigón en estado fresco y endurecido

2.1.5.1 Consistencia o fluidez

Esta propiedad indica la facilidad con la que el hormigón puede adaptarse a cualquier forma de encofrado con una aplicación de vibración mecánica mínima. Depende de varios factores como la cantidad de agua, el tamaño, granulometría y la forma de los agregados. En nuestro medio suele medirse la consistencia mediante varios procedimientos, siendo los más utilizados el Asentamiento del Cono de Abrams, y el Diámetro de Dispersión en la Mesa de Flujo o Mesa de Sacudidas. Mientras mayor es el diámetro de dispersión o mayor es el asentamiento del hormigón, este es más fluido y de menor consistencia.

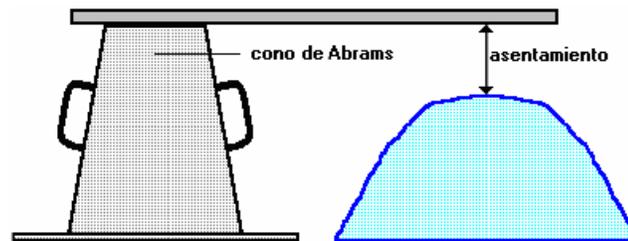


Figura 2-4: Cono de Abrams

Fuente: (Marcelo Romo Proaño, 2005)

Los hormigones pueden tener distintos tipos de consistencia, se clasifican en: seca, plástica, blanda, fluida y líquida. En la tabla que se presenta a continuación se indica el tipo de consistencia en función del asentamiento obtenido mediante el ensayo del Cono de Abrams; como dato general se sabe que hormigones de consistencia líquida no pueden ser utilizados en hormigón armado.

Tabla 2-3: Tipo de Consistencia en hormigones y su asentamiento

Tipo de consistencia	Asentamiento en cm
Seca (S)	0-2
Plástica (P)	3-5
Blanda (B)	6-9
Fluida (F)	10-15
Líquida (L)	16-20

Fuente: (Gonzales E, 2006)

En el caso de la fabricación de bloques de construcción se requiere que la mezcla de hormigón tenga un asentamiento entre 2 a 5 centímetros, es decir, que la consistencia este entre seca (S) y plástica (P), puesto que estos son desmoldados inmediatamente al salir de la máquina moldeadora y compactadora de bloques.

2.1.5.2 Docilidad o trabajabilidad

Es la capacidad que tiene un hormigón para ser amasado, manipulado y puesto en obra sin presentar ninguna segregación dañina. Algunos de los aspectos que determinan la docilidad o trabajabilidad en el hormigón son: su consistencia, su homogeneidad, la cohesión entre sus componentes y la facilidad que tenga la masa para eliminar el aire incluido.

La docilidad o trabajabilidad depende, entre otros factores, de los siguientes:

- A mayor cantidad de agua de amasado, mayor será la docilidad.
- Granulometría de los áridos, siendo hormigones más dóciles aquellos con mayor cantidad de arena, aunque el uso excesivo de arena implica mayor necesidad de agua y por ende menor resistencia y durabilidad.
- Forma de los agregados, la docilidad es mayor cuando se usan áridos redondeados.
- El contenido de cemento y su módulo de finura.
- Si se requiere aumentar la docilidad de la mezcla se puede agregar un aditivo plastificante. (Montoya, 2000).

2.1.5.3 Homogeneidad

Como es de conocimiento general, el hormigón está compuesto de materiales sólidos y líquidos, motivo por el cual es un material heterogéneo por naturaleza; por este motivo al hablar de homogeneidad en el hormigón, ésta se refiere a que los distintos componentes estén perfectamente mezclados en las cantidades y proporciones adecuadas en toda la integridad del hormigón.

Un buen proceso de amasado y mezclado permite conseguir una buena homogeneidad; sin embargo, ésta puede perderse durante el transporte, vertido, manejo y el compactado del hormigón. La pérdida de homogeneidad implica que los componentes del hormigón tiendan a separarse unos de otros y a que se genere un proceso de decantación de acuerdo al tamaño y densidad de los mismos.

La separación y decantación de los componentes dentro de una mezcla de hormigón se conoce como segregación, la cual da lugar a hormigones con superficies de baja calidad, menor durabilidad y resistencia en el hormigón.

Por otro lado, la exudación del hormigón también es una forma de segregación, en ésta el agua que conforma la mezcla tiende a subir a la superficie debido a la incapacidad de los áridos de arrastrar con ellos el agua mientras se van compactando. El agua que llega a la superficie del hormigón forma una capa delgada, de baja resistencia, porosa, y poco durable.

En resumen, si el hormigón presenta una buena cohesión, este será homogéneo y no se presentará ningún fenómeno de segregación ni exudación. (Montoya, 2000)

2.1.5.4 Densidad

La densidad es la cantidad de masa por unidad de volumen, está en el caso del hormigón está en función del tipo de agregados utilizados, su granulometría, y la forma de compactación utilizada. La densidad del hormigón será mayor mientras mayor sea la densidad de los agregados y mejor compactada esté la mezcla. La densidad de un hormigón simple se encuentra entre 2200 kg/m^3 y 2300 kg/m^3 .

2.1.5.5 Permeabilidad

Los hormigones pueden sufrir el ingreso de líquidos por presión o por capilaridad. La relación agua cemento es un factor de vital importancia al hablar de permeabilidad, ya que como se indicó anteriormente, mientras menor sea la relación agua cemento, menor será la cantidad de poros por los que puede ingresar cualquier líquido al interior del hormigón.

Para disminuir la permeabilidad del hormigón se puede aplicar capas finas de un mortero de cemento de alta resistencia. En el caso de los bloques de hormigón, si éstos van a ser vistos, es decir no van a tener recubrimiento alguno se recomienda aplicar este procedimiento, caso contrario no.

2.1.5.6 Resistencia a la compresión

Esta es una propiedad mecánica del hormigón; para determinar la resistencia a la compresión de un hormigón se realiza ensayos normalizados en probetas cilíndricas de 15 cm de radio por 30 cm de altura por lo general; dichos cilindros de hormigón son sometidos a una carga incremental hasta llevarlos a la rotura, lo cual se da luego de unos pocos minutos de haber iniciado el ensayo. La rotura de estos cilindros se la realiza a los

28 días de fraguado del hormigón bajo condiciones de humedad adecuadas, siguiendo todos los procedimientos establecidos en el ASTM C31 y C39, así como también en la normativa NTE INEN, los mismos que serán desarrollados paso a paso en el siguiente capítulo de esta investigación. Los ensayos de las diferentes probetas por lo general son valores dispersos, por lo tanto el tomar como resistencia del hormigón la media aritmética de los valores no refleja la verdadera calidad del hormigón en obra.

Para evitar inconvenientes y conseguir un valor más aproximado a la realidad se ha adoptado un concepto de resistencia característica del hormigón, la cual se mide en términos probabilísticos, que toma en cuenta tanto el valor de la media aritmética de las roturas de las diversas probetas como también la desviación estándar. Esta define que solamente un pequeño porcentaje de las muestras (normalmente el 5%) puedan tener resistencias inferiores a la especificada, lo que da lugar a que la resistencia media de las muestras (f_m) siempre sea mayor que la resistencia característica (f'_c). (Marcelo Romo Proaño, 2005) (Barros, 2012)

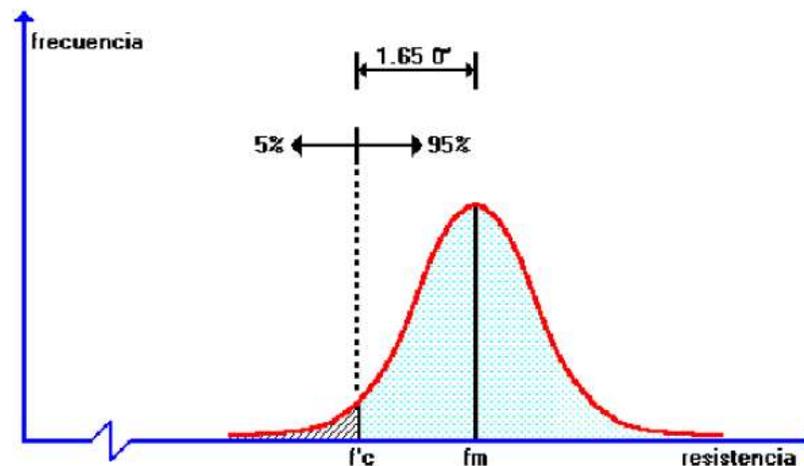


Figura 2-5: Curva de distribución de la resistencia de los hormigones.

Fuente imagen: (Marcelo Romo Proaño, 2005)

Si se asume una distribución normalizada (campana de Gauss) de los ensayos de rotura de cilindros de hormigón, la resistencia característica puede calcularse a partir de la resistencia media y la **desviación estándar** (σ), mediante la siguiente expresión:

$$f'c = fm - 1.65 \sigma$$

El código ACI del año 2008 [ACI 5.3.2.1] establece la siguiente relación, que aumenta al 9% la probabilidad de no alcanzar la resistencia característica.

$$f'c = fm - 1.34 \sigma$$

En el caso que se conozca el tipo de control que se realizó se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 2- 4: Desviación estándar según el tipo de control en el hormigón

TIPO DE CONTROL	DESVIACIÓN ESTANDAR (σ)
Muy bueno	0.07 fm
Bueno	0.14 fm
Regular	0.21 fm
Deficiente	0.28 fm

Fuente: (Garzon, 2010)

Aplicando el criterio de la norma ACI 301 se tiene la siguiente ecuación para determinar la desviación estándar que se obtiene a partir de los resultados de cada uno de los ensayos de compresión en laboratorio, para poder aplicar esta ecuación se debe tener por lo menos 15 resultados, siendo lo mejor tener un valor de 30 resultados.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \sigma_m)^2}{(n-1)}} ;$$

Dónde:

s = desviación estándar

n = número de resultados de ensayos considerados

σ_i = resultados de ensayos individuales

σ_m = promedio de los n resultados de ensayos considerados

Cuando el número de resultados es menor se debe tomar un factor de mayoración como se indica en la Tabla a continuación:

Tabla 2-5: Factores de mayoración de la desviación estándar

NÚMERO DE ENSAYOS CONCIDERADOS	FACTOR DE MAYORACIÓN
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 o más	1,00

Fuente: (Garzon, 2010)

2.1.5.7 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad es una medida de la rigidez, o sea de la resistencia o esfuerzo normal del hormigón ante la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material.

Según Marcelo Romo Proaño, en su libro Temas de Hormigón Armado, indica que “Todos los hormigones presentan un primer rango de comportamiento relativamente lineal (similar a una línea recta en la curva esfuerzo - deformación) y elástico (en la descarga recupera la geometría previa a la carga) ante la presencia incremental de solicitaciones de compresión, cuando las cargas son comparativamente bajas (menores al 70% de la carga de rotura), y un segundo rango de comportamiento no lineal e inelástico (con una geometría curva en la curva esfuerzo – deformación) cuando las cargas son altas”. (Marcelo Romo Proaño, 2005).

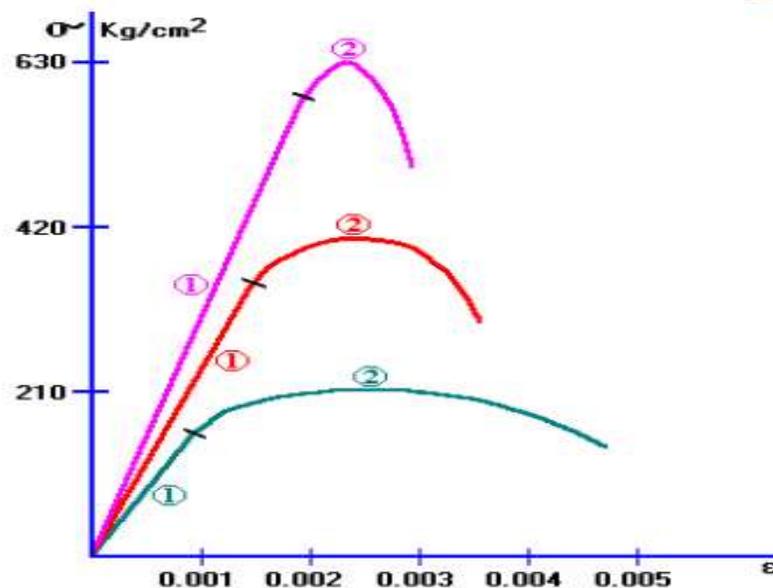


Figura 2-6: Rango elástico e inelástico de hormigones de diferentes resistencias

Fuente: (Marcelo Romo Proaño, 2005)

De acuerdo a la gráfica anterior, se puede identificar que existe una mayor capacidad de deformación en los hormigones de menor resistencia. La pendiente de la curva, es decir la tangente del esfuerzo sobre la deformación unitaria en el rango de comportamiento lineal, recibe el nombre de Módulo de Elasticidad también conocido como Módulo de Young, que se simboliza E_c .

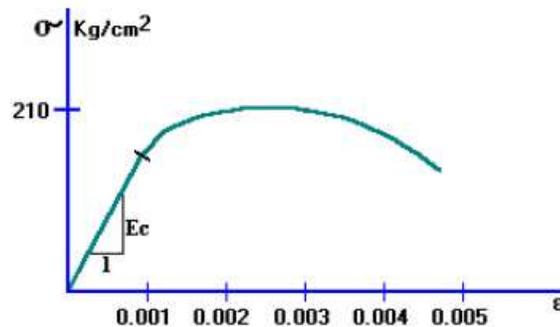


Figura 2-7: Representación gráfica del módulo de elasticidad del hormigón

Fuente: (Marcelo Romo Proaño, 2005)

La expresión matemática que define el módulo de elasticidad es:

$$E_c = \frac{\delta}{\epsilon}$$

Dónde:

E_c = Módulo de elasticidad

δ = esfuerzo

ϵ = deformación unitaria

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM en su capítulo 4, propone la siguiente expresión, la cual permite calcular el módulo de elasticidad del hormigón, en función del módulo de elasticidad del agregado y la resistencia a compresión del hormigón, así:

$$E_c = 1.15 * \sqrt[3]{E_a} * \sqrt{f'_c}$$

Dónde:

E_c Módulo de elasticidad para el hormigón (GPa)

E_a Módulo de elasticidad del agregado (GPa)

f'_c Resistencia a la compresión del hormigón (MPa)

Dicha expresión, permite obtener una mejor estimación del módulo de elasticidad del hormigón (E_c) para los materiales de nuestro país; en la tabla a continuación se presentan valores típicos del módulo de elasticidad de los agregados (E_a) que se encuentran disponibles en el Ecuador: (NEC, 2014).

Tabla 2-6: Módulos de elasticidad de agregados

Tipo	Procedencia	E_a (GPa)
Caliza (Formación. San Eduardo)	Guayaquil – Guayas	67.9
Chert (Formación. Guayaquil)	Guayaquil – Guayas	15.8
Diabasa (Formación. Piñón)	Chivería – Guayas	89.3
Tonalita	Pascuales – Guayas	74.9
Basalto (Formación. Piñón)	Picoazá – Manabí	52.5
Basalto	Pifo – Pichincha	27.2
Ígnea (Andesitas, basaltos, Granodioritas)	Río Jubones – El Oro	110.5
Volcánica	La Península – Tungurahua	17.5

Fuente: (Marcelo Romo Proaño, 2005)

2.1.6 Dosificación del hormigón

Dentro del proceso de elaboración y diseño de una mezcla de hormigón, se debe tener especial cuidado a la hora de calcular las cantidades de cada uno de los materiales o componentes constituyentes de éste, a este proceso de vital importancia se lo denomina dosificación.

La dosificación inicial de cada uno de los componentes del hormigón, el proceso de mezclado, y el proceso de curado, son factores decisivos a la hora de definir la calidad y propiedades del hormigón en estado endurecido. Dentro de la estructura interna del hormigón, los agregados finos se intercalan con los agregados gruesos a fin de disminuir cualquier espacio vacío o hueco que pueda generar una pérdida de resistencia final en el hormigón.

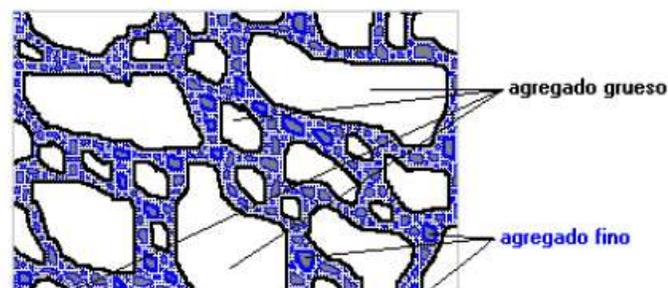


Figura 2-8: Agregado grueso y fino

Fuente: (Marcelo Romo Proaño, 2005)

Sin embargo, los áridos entre si no son capaces de cubrir todos los espacios vacíos, por lo cual es necesario que la mezcla de cemento más agua actúe en éstos llenando dichas cavidades; además durante el proceso de fraguado la pasta de cemento genera cristales hidratados que unen químicamente las partículas de agregados. Una reacción química exotérmica (reacción que genera calor) es la que permite la formación de dichos cristales, esta reacción necesita de agua para poder reaccionar y es mucho más intensa en

los primeros días de fraguado del hormigón, posteriormente ira reduciendo su intensidad.

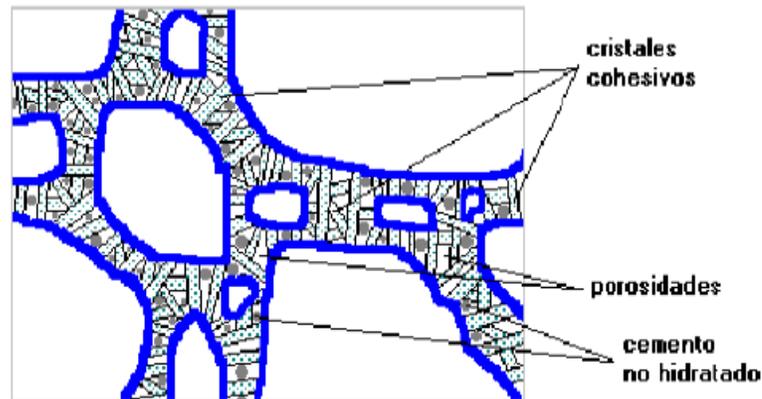


Figura 2-9: Estructura interna del hormigón endurecido

Fuente: (Marcelo Romo Proaño, 2005)

El cemento no hidratado, es aquel que no alcanzó a combinarse con agua; por otro lado, es muy importante dotar continuamente de agua de curado al hormigón, ya que sirve para reponer el agua de amasado evaporada por el calor emanado durante las reacciones químicas.

La resistencia es una de las propiedades de diseño más importantes en el hormigón; la trabajabilidad al contrario es la propiedad constructiva más importante. Conseguir un hormigón que permita un equilibrio entre ambas propiedades es sumamente difícil durante la construcción.

La relación agua cemento (a/c) en el hormigón, como su nombre lo indica, no es más que la cantidad de agua presente en una determinada cantidad de cemento; esta relación es la que permite conseguir un cierto balance o equilibrio entre la resistencia del hormigón y su trabajabilidad.

Una relación a/c de aproximadamente 0.25 permite que todo el cemento presente en la mezcla reaccione químicamente con el agua formando pequeños puentes cristalizados entre las superficies de las partículas de los áridos. Dichos puentes cristalizados son los responsables de la cohesividad entre las partículas y de la resistencia del hormigón.

Una cantidad de agua por encima de la relación a/c de 0.25, será la causante, luego del fraguado inicial de espacios vacíos o huecos con agua que no logra escapar; dichos espacios vacíos reducen la resistencia del hormigón.

Algunas de las ventajas que se obtienen al reducir la cantidad de agua en relación con el cemento son:

- Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Se tiene mayor durabilidad puesto que al poseer menor cantidad de poros que se forman durante la evaporación, se obtiene un hormigón con menor permeabilidad, más hermético y con menor absorción de agentes agresivos.
- Se incrementa la resistencia al intemperismo.
- Se logra mejor unión entre capas sucesivas de concreto.
- Se reducen las tendencias de segregamientos por contracción.

A pesar de todo esto, una relación a/c de 0.25 es imposible de alcanzar en un hormigón de características normales, puesto que a menor cantidad de agua de amasado, la trabajabilidad va a reducirse notablemente pudiendo llegar inclusive a imposibilitar el amasado de la mezcla de hormigón. Es recomendable una relación a/c del orden de 0.60 para asegurar una mezcla uniforme con una trabajabilidad adecuada. (Marcelo Romo Proaño, 2005).

En resumen, un exceso de agua en la mezcla dará como resultado la formación de muchos poros cuando el agua se evapore; puede generar segregación, es decir la separación de los componentes provocando que la mezcla de hormigón presente una distribución de partículas no uniforme, obteniendo como resultado un hormigón débil.

Al contrario, la deficiencia de agua producirá un hormigón sumamente denso y seco, difícil de compactar y que no permite tener una mezcla homogénea, lo cual también dará como resultado un hormigón débil. (Caceres, 1995).

En el capítulo que se desarrollará a continuación, se definirá un método de dosificación con todos los procedimientos, normas y reglas que son necesarias para el diseño de un hormigón.

2.1.7 Bloques de hormigón

Un bloque de hormigón, es un elemento prefabricado de mampostería, hecho a base de hormigón, el cual sirve para la construcción de muros y paredes. Desde su aparición, el empleo de los bloques de hormigón en las obras de ingeniería en los países desarrollados ha alcanzado una importante expansión, tanto en cantidad como en variedad de usos. Como un dato ilustrativo, puede señalarse que sólo en Estados Unidos y Canadá se producen más de 5,000 millones de unidades anuales, equivalente a bloques de ocho pulgadas, destinados a una gran variedad de aplicaciones, tales como edificación de viviendas, estructuras de edificios de gran altura, muros de sostenimiento, cámaras subterráneas, entre otros. (Alubry, 1999).

Específicamente en la ciudad de Cuenca, la utilización de bloques de hormigón ha ido aumentando progresivamente en los últimos años, si bien en un inicio su uso no era muy extendido, estos han ido ganando terreno en el mercado por su facilidad de fabricación, menor mano de obra requerida para su elaboración, menor impacto ambiental, y costos

menores que los tradicionales ladrillos de arcilla cocida o cerámicos, cuyo uso ha disminuido notablemente en la ciudad.

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 como 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, aislación acústica y resistencia al fuego.

Adicional a esto, el costo es un factor sumamente importante, de hecho un metro cuadrado de pared armada con bloques tiene un costo mucho menor que si la misma fuera construida con ladrillos normales, dicha diferencia varía entre un 15% y un 30%; e incluso dichos costos disminuirían muchísimo más si se utilizaran bloques texturizados. Otro beneficio es que no se requiere de técnicas complicadas para su recepción, empleo en obra y mantenimiento.

Por otro lado, los bloques de hormigón pueden adaptarse a diversos sistemas constructivos tales como: mampostería simple, mampostería armada y mampostería confinada.

- **Mampostería simple:** es la constituida mediante bloques de hormigón, adheridos entre sí mediante un mortero denominado de junta. Pueden ser resistentes o no de acuerdo al espesor y calidad de la mezcla empleada.
- **Mampostería armada:** es la formada básicamente por una mampostería simple de calidad resistente, la cual lleva distribuidas armaduras verticales y/o horizontales en algunos de los huecos de los bloques, las mismas que se encuentran embebidas en un mortero u hormigón de relleno.

- **Mampostería confinada:** es la formada por una mampostería simple, pero que se encuentra confinada por elementos de hormigón armado tales como vigas y columnas.

2.1.7.1 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación de un bloque de hormigón es sumamente sencillo, se lo puede hacer de manera tradicional o de manera automática mediante el uso de sistemas y equipos de industrialización; el proceso consta de dos partes: inicialmente se realiza la mezcla de cemento, arena, agua y agregados pétreos, bien sea de manera manual o mecánica; posteriormente se procede a colocar la mezcla de hormigón en los moldes de la máquina productora de bloques, la cual mediante un proceso de vibrado y prensado le da la forma característica a cada uno de los bloques, una vez hecho esto los bloques son trasladados a las zonas de almacenaje para que inicien su respectivo proceso de fraguado.

2.1.7.2 Clasificación de los bloques según su acabado

No se puede definir una clasificación exacta para bloques de hormigón, sin embargo una sencilla clasificación puede ser de acuerdo al acabado que se le dé al bloque, así:

- **Bloque de cara vista:** estos tienen al menos una de las caras preparadas para no necesitar ningún tipo de revestimiento, su fin es decorativo por lo que no cumplen funciones portantes.
- **Bloque de gafa:** este tipo de bloques es el más común, son conocidos también como bloques para revestir, puesto que su rugosidad les permite la adherencia de algún tipo de material para su acabado.

- **Bloque de carga:** este es un tipo de bloque que tiene características portantes, razón por la cual es sumamente macizo, e igualmente este requiere de algún tipo de revestimiento para su acabado final.
- **Bloque multi-cámara:** este es un bloque que presenta en su interior huecos o compartimentos, tiene una buena capacidad de aislamiento puesto que dichos compartimentos internos aíslan el aire.
- **Bloque armado:** estos sirven como encofrados perdidos en la construcción de muros macizos de hormigón o de mampostería armada; disponen de ciertos apoyos donde se colocan las armaduras de acero. (García, 1997).

2.1.7.3 Clasificación de los bloques según NTE INEN

La normativa NTE INEN, indica que los bloques huecos de hormigón se clasificarán, de acuerdo a su uso, en cinco tipos, como se indica en la tabla a continuación:

Tabla 2-7: Tipos de bloques huecos de hormigón y sus usos

TIPO	USO
A	Paredes exteriores de carga, sin revestimiento.
B	Paredes exteriores de carga, con revestimiento. Paredes interiores de carga, con o sin revestimiento.
C	Paredes divisorias exteriores, sin revestimiento.
D	Paredes divisorias exteriores, con revestimiento. Paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento.
E	Losas alivianadas de hormigón armado.

Fuente: NTE INEN 638

De igual manera, esta misma normativa define una tabla con las dimensiones que deben tener los bloques, así:

Tabla 2-8: Dimensiones de los bloques

TIPO	DIMENSIONES NOMINALES (cm)			DIMENSIONES REALES (cm)		
	Largo	ancho	alto	largo	ancho	Alto
A, B	40	20, 15, 10	20	39	19, 14, 09	19
C, D	40	10, 15, 20	20	39	09, 14, 19	19
E	40	10, 15, 20, 25	20	39	09, 14, 19, 24	20

Fuente: NTE INEN 638

El espesor de las paredes de los bloques no debe ser menor de 25 mm, en los bloques clase A y B; y de 20 mm en los bloques tipo C, D y E. La norma NTE INEN también indica que, por convenio entre el fabricante y comprador, se podrá fabricar bloques de dimensiones diferentes de las indicadas en la tabla anterior.

Se especifica también una tabla que indica que cada tipo de bloque deberá cumplir con los siguientes parámetros de resistencia mínima a compresión a los 28 días:

Tabla 2-9: Requisitos de resistencia a la compresión que deben cumplir los Bloques huecos de hormigón

TIPO DE BLOQUE	Resistencia mínima a la compresión en MPa a los 28 días
A	6
B	4
C	3
D	2,5
E	2

Fuente: NTE INEN 643

2.2 Plástico

Plástico proviene de la palabra griega “PLASTIKOS” que significa susceptible de ser moldeado o modelado, se llaman así porque en alguna etapa de su fabricación o de su utilización tienen propiedades plásticas; es un material polimérico que se encuentra constituido por una gran cantidad de moléculas de hidrocarburos, alcoholes y ciertos compuestos orgánicos; la gran cantidad de carbono entre sus moléculas hace que este material sea considerado una sustancia orgánica, los plásticos a cierto intervalo de temperatura, poseen propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. (OCW, 1998).

Estos polímeros se moldean a partir de la presión y el calor, son materiales muy livianos y resistentes a la degradación, su costo de fabricación es reducido, son impermeables, durables y pueden adaptarse a diferentes tonalidades por lo que tienen una amplia gama de usos. Sin embargo, este tipo de materiales presentan algunos problemas tales como: en su mayoría no tienen la capacidad de poder ser reciclados, tienen baja resistencia ante el calor excesivo, derritiéndose y liberando en ocasiones sustancias tóxicas.

Las moléculas que los componen pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural; o sintéticas, como el polietileno y el nylon. Distintos tipos de resinas en forma de esferas, polvos o disoluciones son los materiales empleados para la fabricación del plástico.

2.2.1 Características generales de los plásticos

Una alta relación resistencia/densidad, excelentes propiedades para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, son características que destacan a los plásticos, y los han convertido en materiales cuya aplicación en la industria es cada día mayor.

Dentro de su composición, los plásticos poseen unas moléculas de gran tamaño que pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticas (se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termoendurecibles (se endurecen con el calor). (Cruz, 2009).

2.2.2 Materias primas

En un principio, la mayoría de los plásticos se fabricaban con resinas de origen vegetal, como la celulosa del algodón, el furfural de la cáscara de la avena, aceites de semillas, derivados del almidón o el carbón. La caseína de la leche era uno de los materiales no vegetales utilizados. A pesar de que la producción del nylon se basaba originalmente en el carbón, el aire y el agua, y de que el nylon 11 se fabricaba todavía con semillas de ricino, la mayoría de los plásticos se elaboran hoy con derivados del petróleo. Las materias primas derivadas del petróleo son tan baratas como abundantes. No obstante, dado que las existencias mundiales de petróleo tienen un límite, se están investigando otras fuentes de materias primas, como la gasificación del carbón. (Mareca, 2007).

2.2.3 El problema del plástico y sus efectos en la salud y el entorno

Los plásticos son relativamente inertes, sin embargo, se ha demostrado que algunas moléculas simples más conocidas como monómeros que son utilizados en la fabricación de plásticos producen cáncer. El benceno es una materia prima catalogada como cancerígena, esta es utilizada en la fabricación de algunos tipos de plásticos como el nylon. En la actualidad los problemas de la industria del plástico son similares a los de la industria química en general, es decir, se encuentran en una constante búsqueda de materiales que no causen efecto negativo sobre la salud de los seres vivos y naturaleza.

Casi la totalidad de plásticos presentes en el mercado son no biodegradables, es decir son materiales que no se descomponen con el paso del tiempo, la mayoría de los plásticos sintéticos no pueden ser degradados por el entorno.

Todo lo contrario se da con la madera, el papel, las fibras naturales o incluso el metal y el vidrio, los cuales se descomponen con el pasar del tiempo bajo la acción de agentes biológicos, como plantas, animales, microorganismos y hongos, en condiciones ambientales naturales.

En la actualidad los plásticos se han convertido en un problema medio ambiental, cada vez es mayor la cantidad de desechos plásticos provenientes de distintas industrias que disminuyen la capacidad de los rellenos sanitarios, contaminan cuerpos de agua, afectan la fauna y flora, etc. La solución más práctica, efectiva y rápida ante este problema es el reciclaje.

El plástico fue diseñado para durar cientos de años, pero lamentablemente es desechado en segundos; si bien los plásticos podrían ser reutilizados o reciclados en su gran mayoría, lo cierto es que hoy estos desechos son un problema de difícil solución; sobre todo en las grandes ciudades la recolección y disposición final de los residuos se ha convertido en una tarea sumamente costosa y compleja para las entidades municipales a cargo de esta función; la gran cantidad de desechos plásticos ocupa volúmenes demasiado grandes que generan problemas en la recolección, traslado y disposición final. Por ejemplo, un camión con una capacidad para transportar 12 toneladas de desechos comunes, transportará apenas 6 o 7 toneladas de plásticos compactado, y apenas 2 de plástico sin compactar.

Dentro del total de plásticos descartables que hoy van a la basura se destaca en los últimos años el aumento sostenido de los envases de PET, proveniente fundamentalmente de botellas descartables de aguas de mesa, aceites y bebidas alcohólicas y no alcohólicas.

Las empresas, buscando reducir costos y amparadas en la falta de legislación, vienen sustituyendo los envases de vidrio por los de plástico retornables en un comienzo y no retornables posteriormente, lo cual está causando un cambio permanente en la composición de la basura.

En América Latina este proceso se ha acelerado desde mediados de 1996 hasta la actualidad cuando además, muchos envases retornables de vidrio se transformaron en vidrio descartable. La adopción del envase descartable le permite a las empresas transferir costos a la comunidad y el ambiente. Al dejar de ser retornables las botellas no vuelven al circuito de venta y a la empresa embotelladora para su lavado y rellenado. De esta manera las embotelladoras evitan la recepción de envases vacíos, el almacenamiento y lavado de los mismos. (PLASTIDOS, 2005).

Estas son algunas de las razones por las que en la presente investigación se busca aportar de una manera fácil y sencilla con el reciclaje del polietileno de tereftalato PET, el cual es uno de los tipos de plásticos más usados y que mayores problemas de contaminación está causando en la actualidad.

2.2.4 Tipos de plásticos

En la actualidad existe una larga lista de diferentes tipos de plásticos a elección de cualquier industria que desee utilizarlos; sin embargo son seis los tipos de plásticos más usados, para poder identificar cualquiera de estos, tan sólo es necesario ver el número

inscrito dentro de un triángulo en cada botella. Este número sirve como identificador del tipo de plástico que se está manipulando sobre todo a la hora del reciclaje:

Tabla 2-10: Termoplásticos

TERMOPLÁSTICOS			APLICACIONES	USOS DESPUES DEL RECICLADO
Polietileno de Tereftalato	PET		Botellas de agua y aceite, envasado de alimentos, geotextiles, cosméticos, películas radiográficas.	Textiles para bolsas, lonas, velas náuticas, cuerdas, hilos
Polietileno de alta densidad	PEAD		Bolsas de supermercado, implementos de aseo.	bolsas industriales, botellas de detergentes, contenedores, tubos
Policloruro de vinilo	PVC		Tuberías, cables eléctricos, envases de detergentes.	bolsas para residuos domiciliarios e industriales, tubos, contenedores, film, uso agrícola, vallado
Polietileno de baja densidad	PEBD		Manteles, envases de cremas y shampoo, bolsas para basura.	muebles de jardín, tuberías, vallas, contenedores
Polipropileno	PP		Biberones, tapas de botellas, vasos no desechables, contenedores de alimentos.	Cajas múltiples para transporte de envases, sillas, textiles
Poliestireno	PS		Vasos, platos y cubiertos desechables, envases de alimentos.	Aislamiento térmico, cubos de basura, accesorios de oficina

Otros	Otros		Teléfonos, artículos médicos, juguetes.	
-------	-------	---	---	--

2.2.4.1 Polietileno de Tereftalato (PET)

En esta investigación se reciclará uno de los plásticos de mayor uso en el mundo, como es el caso del Polietileno de Tereftalato, conocido como PET, el cual es un producto sintético derivado del petróleo que forma parte del grupo de las resinas termoplásticas, es decir aquellos plásticos que a altas temperaturas se vuelven flexibles, se derriten cuando se calientan y se endurecen cuando se enfrían; dichas propiedades hacen que este tipo de plásticos puedan ser reciclados. Estos son moldeados mediante distintos procedimientos como son la extrusión, laminación, el soplado y la inyección.

El proceso de reciclaje de este tipo de material es:

- **Acopio:** en esta etapa se recolecta la mayor cantidad de material plástico en los distintos centros de acopio, en los cuales se va a proceder con su segregación, descontaminación, compactación o molido, y por último el almacenamiento. Como resultado final de esta etapa se obtiene las hojuelas plásticas sucias, o plástico peletizado y compactado.
- **Reciclado:** el reciclado del polietileno de tereftalato es un proceso industrial en el cual se somete al material reciclado a una serie de procedimientos físicos, químicos y térmicos según las necesidades o características del nuevo producto que se quiere producir. En esta etapa las hojuelas sucias o plástico peletizado, son sometidos a un proceso de molienda, lavado, separación y control de materiales diferentes al PET, secado, post condensación y por ultimo almacenaje de la materia prima.

- **Manufactura:** esta es la última etapa, en esta se comercializa las hojuelas recicladas a distintas industrias; dichas hojuelas se convertirán en una serie de insumos como nuevas botellas, almohadas, textiles, poliéster, e incluso nuevos envases de grado alimenticio.

Una forma de facilitar la recolección de plásticos es mediante la clasificación y recolección diferenciada, ya que así se estarían bajando significativamente los costos. Es recomendable que dicha clasificación se la haga en la fuente que genera el desecho, es decir en cada uno de los hogares, centros de educación, centros de salud, centros comerciales, entre otros.

2.2.4.1.1 Características del Polietileno de Tereftalato (PET)

El PET es un polímero que se obtiene a partir de una reacción de poli condensación del Ácido Tereftálico ($C_6H_4(COOH)_2$) con Etilenglicol (CH_2OHCH_2OH), y sus propiedades más características son:

- Alta rigidez y dureza que lo hace resistente a los esfuerzos permanentes.
- Liviano e impermeable.
- Es cristalino aunque puede adoptar diversas tonalidades.
- Gran indeformabilidad al calor.
- Muy buenas características eléctricas y dieléctricas.
- Alta resistencia a los agentes químicos y estabilidad a la intemperie.
- Propiedades ignífugas en los tipos aditivados.
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.
- No es tóxico, por lo cual puede ser usado en productos alimenticios.
- Es inerte.
- Es totalmente reciclable.

Por otro lado, el polietileno de tereftalato tiene las siguientes propiedades al ser usado como agregado en la fabricación de hormigones, específicamente bloques, en este caso:

- El tamaño de partículas luego del proceso de molienda del plástico PET está en un rango de 5.0 – 20.0 mm, de espesor ultra delgado.
- La forma de las partículas es diferente, y su color depende del material triturado.
- Es muy liviano, fácil de manipular, motivo por el cual el rendimiento en los obreros es superior que cuando se trabaja con agregados tradicionales.
- Es un material maleable.
- Es resistente a la intemperie, ante la presencia del sol no se funde ni se deteriora.
- Al ser inerte no genera reacciones químicas diferentes a las que se dan en el proceso de fraguado de un hormigón normal.
- Densidad de 1,38 gr/cm³.
- Temperatura de ablandamiento 200°C.
- El porcentaje de absorción de agua es de 0 %, lo cual facilita el cálculo de la relación agua cemento en el diseño de la dosificación y permite un ahorro en el uso del agua en la mezcla cementicia.
- Entre 40 a 50 botellas de material plástico PET permiten conseguir una masa de un kilogramo de plástico PET molido.

2.2.4.1.2 Polietileno de Tereftalato como reemplazo de los agregados

El reemplazo de los agregados tradicionales de un hormigón por el Polietileno de Tereftalato (PET) triturado, trae consigo una serie de ventajas y beneficios medio ambientales y constructivos como:

- Menor uso de mano de obra puesto que el plástico es mucho más fácil de manipular, cargar y mezclar en comparación con los agregados pétreos tradicionales.

- Al reutilizar el plástico PET se está alargando el uso de estos materiales que de otra forma hubieran terminado desechados sin ningún tipo de tratamiento posterior, quemados o enterrados de manera indiscriminada; aportando así a la reducción y reutilización de desechos.
- Se pueden obtener bloques con mejores características tanto desde el punto de vista económico, como en pesos y funcionalidad.
- Los ecobloques de hormigón presentan un valor agregado frente a los bloques tradicionales.
- El proceso de reciclado del plástico PET es sumamente sencillo y barato, ya que no se necesita que el material tenga que ser lavado, separado o clasificado, ni tampoco que se retiren sus etiquetas ni las tapas.
- El procesamiento de estos materiales plásticos no deja residuos sin procesar, porque incluso el sobrante molido y cementado se puede agregar a una nueva mezcla.
- Se está desarrollando un material constructivo con características de sustentabilidad.

2.3 Vidrio

Según la *American Society for Testing Materials* (ASTM), el vidrio es un “Producto inorgánico de fusión, el cual se ha enfriado hasta un estado rígido pero sin sufrir cristalización”. El vidrio es un material amorfo que se caracteriza por su elevada dureza y al mismo tiempo su alta fragilidad. El vidrio es un material inorgánico y aunque se comporte como un sólido, este en verdad es un fluido de muy alta viscosidad; carece de estructura cristalina y físicamente tiene una apariencia transparente que permite el paso de la luz con facilidad. Casi siempre suele confundirse al vidrio con el cristal, la diferencia radica en que la distribución molecular del vidrio es de forma irregular sin ningún patrón determinado; mientras que en el cristal sus componentes, átomos y moléculas están totalmente ordenadas con un mismo patrón en toda su distribución.

El vidrio es un material que posee un sinnúmero de características que lo convierten en un material idóneo en la fabricación de distintos productos como por ejemplo: ventanas, botellas, vasos, frascos, entre otros.

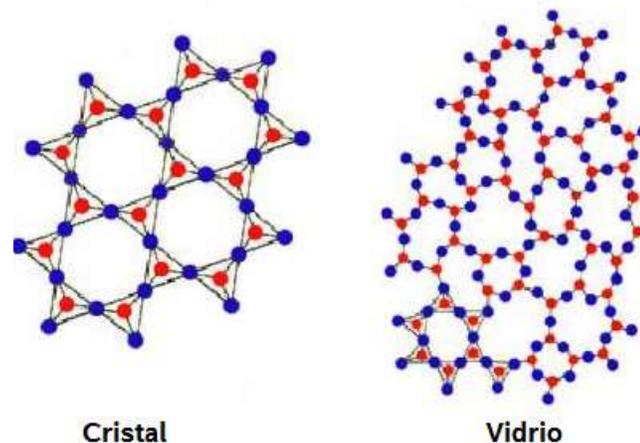


Figura 2-10: Estructura Molecular del Cristal vs Vidrio

Fuente: (GUILLERMO, 2013)

Los cristales son de origen natural, es decir son creados por la naturaleza; mientras que el vidrio es creado por el hombre. Se forma a partir de la mezcla y fundición de caliza (CaCO_3), carbonato de sodio (Na_2CO_3) y de óxidos metálicos, siendo su componente principal el óxido de sílice, más conocido como silicio (SiO_4).

El proceso de fabricación del vidrio es en hornos industriales que funden la arena de sílice, el carbonato de sodio y la caliza a unos $1500\text{ }^\circ\text{C}$. El vidrio tiene excelentes características para poder ser reciclado íntegramente, es decir, volver a fundir sin pérdida de cantidad ni calidad, los fabricantes de envases de vidrio suelen incluir en sus fundiciones altos porcentajes de vidrio reciclado a fin de poder ahorrar materia prima y energía.

En el mercado existen vidrios con diferentes tonalidades, las cuales se pueden obtener añadiendo algunos componentes en pequeñas cantidades como el óxido de cromo que le da una pigmentación verde, el cobalto una azul, el níquel una violeta o café, el selenio una roja. El color ámbar que se ve en muchos envases de bebidas como cervezas se obtiene con hierro, sulfuros y carbono; además éste tiene una característica especial que es la de brindar una excelente protección ante la radiación ultravioleta.

2.3.1 Propiedades del vidrio

El vidrio es un material que posee un sinnúmero de propiedades ópticas, mecánicas y térmicas según su composición química y tratamiento térmico. A continuación se presenta una tabla con valores promedio de las más importantes propiedades presentes en los vidrios silícico cálcicos; es decir, en los vidrios de uso cotidiano:

Tabla 2-11: Propiedades

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Punto de Ablandamiento	730	°C
Densidad a 25°C	2,49	g/cm ³
Dureza	6,5	Mohs
Módulo de Elasticidad a 25°C	719	Kbar
Módulo de Poisson a 25°C	0,22	-
Módulo de Young	720000	Kg/cm ²
Resistencia a la tracción a 25°C (aprox.)	1000	Kg/cm ²
Resistencia a la compresión (Para un cubo de 1cm de lado)	10000	Kg/cm ²
Coefficiente de dilatación lineal a 25°C	8,72E-06	°C ⁻¹

Fuente: (Hidalgo, 2013)

Una de las características que más destaca en los envases de vidrio es la elevada resistencia que estos presentan en la mayoría de casos; dicha resistencia está en función de ciertos parámetros como: forma del envase, su grado de recocido, cantidad y distribución del vidrio.

Algunas de las propiedades mecánicas que presenta el vidrio son:

Resistencia a la compresión

La resistencia a compresión del vidrio se estima en el orden de 10.000 kg/cm^2 .

Resistencia a la tracción

Es muy difícil determinar de manera exacta la resistencia a tracción del vidrio, puesto que esta depende del grado y la cantidad de micro fisuras presentes en su superficie. Un valor promedio de la resistencia a tracción para el vidrio templado es de 1000 kg/cm^2 , y para el vidrio recocido 400 kg/cm^2 .

Resistencia a la flexión

La resistencia a flexión en el vidrio está en función y es semejante a la magnitud de su resistencia a tracción; esto se debe a que la resistencia a compresión siempre será mayor que la resistencia a tracción, motivo por el cual el vidrio ante la presencia de cualquier tipo de esfuerzo o carga tenderá a fallar inicialmente por tracción.

2.3.2 Usos del vidrio

El vidrio es un material que tiene un enorme campo de aplicaciones que va desde los productos que se usan cotidianamente, hasta aquellos que se usan en el campo industrial y científico. De igual manera, su uso no es sólo estético ni comercial, de hecho gracias a sus diferentes posibilidades de uso se han podido realizar una serie de investigaciones y experimentos de vital importancia, tales como: la invención del tubo de rayos catódicos, el desarrollo de telescopios, lentes, microscopios, entre otros.

El vidrio de mayor uso y consumo en el mundo es el sílico-sódico-cálcico; este es usado en distintos tipos de recipientes, elementos decorativos, y como elemento constructivo en ventanas, puertas, espejos, entre otros. Otros tipos de vidrios de uso extendido son los de boro silicato, conocidos comúnmente como vidrios pyrex; los cuales se caracterizan por su elevada resistencia a la temperatura. Los vidrios silícicos con determinados porcentajes de óxidos metálicos son usados en la fabricación de botellas.

Adicionalmente, el vidrio puede ser usado como: aislante térmico en forma de lana de vidrio, en la fabricación de cortinas y tapicería, como material dieléctrico y no conductor en forma de vitrocerámica, en equipos de laboratorio, como elemento transmisor de señales ópticas en microscopios, telescopios, lentes de anteojos, etc. (Hidalgo, 2013).

2.3.3 Vidrio reciclado

El reciclaje en la ciudad de Cuenca empezó como una “moda”, sin embargo con el pasar de los años se puede apreciar que cada vez los esfuerzos por apoyar esta iniciativa han ido aumentando en toda la ciudadanía. En la presente investigación se busca reemplazar parte de los agregados por vidrio reciclado triturado, motivo por el cual es de vital importancia saber la disponibilidad del vidrio como materia prima en la localidad.

En Cuenca, aún no existe la conciencia ni el cuidado necesario para reciclar el vidrio, puesto que no se lo hace de manera apropiada y en muchos casos produce accidentes; mensualmente en la ciudad se logra reciclar entre 20 y 30 toneladas de vidrio según estadísticas de la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC EP). Dicha cantidad de vidrio reciclado se encuentra aumentando progresivamente, lo cual indica que la materia prima, en este caso el vidrio, se encuentra disponible haciendo que esta iniciativa sea viable. (EMPRESA MUNICIPAL DE ASEO DE CUENCA / EMPRESA PUBL, 2013)

La mayoría del vidrio que es reciclado en la ciudad proviene casi en su totalidad de botellas de distintos tipos de alimentos y bebidas; seguidamente se encuentra el vidrio procedente de los diversos comercios que se dedican a la fabricación de ventanas para la construcción. Las botellas de vidrio son recicladas con la ayuda de los distintos grupos de recicladores de la ciudad, quienes hacen un arduo trabajo buscando y recolectando las botellas de entre la basura de las viviendas, comercios e industrias. De igual manera, localmente se ha buscado promover el reciclaje, mediante la disposición de una serie de contenedores de basura en los que se especifica el tipo de material a ser desechado en cada compartimiento, lo cual facilita la recolección diferenciada puesto que se está dando una separación de los desechos en la fuente generadora de éstos.

El proceso de reciclaje del vidrio que aquí se propone, está basado en el siguiente procedimiento:

Inicialmente se recolecta la mayor cantidad de vidrio en los distintos centros de acopio y almacenaje; en estos centros se retiran todo tipo elementos extraños, para posteriormente clasificar al vidrio por su color y continuar con su respectivo proceso de trituración. Con la iniciativa que aquí se propone se estaría eliminando el proceso de clasificación del vidrio por su color ya que éste no afecta en el producto final, es decir en los bloques de hormigón. Al contrario el proceso de clasificación según el color es de vital importancia si el vidrio reciclado va a ser utilizado como materia prima para la fabricación de nuevos elementos de vidrio, ya que este mantiene sus distintas tonalidades a pesar de ser sometido a nuevos procesos de fundición. Posterior a esto, el vidrio es sometido a un proceso de trituración y molienda; y por último dicho material triturado será sometido a un proceso de fundición si es que quiere fabricar nuevamente vidrio, caso contrario en esta investigación se procederá a utilizar el material sin ningún tratamiento posterior como reemplazo en un porcentaje de los agregados finos en la mezcla de hormigón.

CAPÍTULO 3

FABRICACIÓN Y PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO

3. Fabricación y pruebas de comportamiento

La fabricación de los bloques fue realizada en una bloquera de la localidad; específicamente en la Provincia del Azuay, Ciudad de Cuenca, en la fábrica de bloques “*El salado*”, ubicada en la intersección de las calles Manuel Quiroga y Avenida de las Américas, por el centro comercial Súper Stock.



Figura 3-1: Ubicación y localización

Fuente: Google Maps

Los ensayos de compresión y flexión de bloques fueron realizados en el laboratorio de Arquitectura de la Universidad de Cuenca, puesto que ahí se dispone de la maquinaria y herramientas especializadas para dichos ensayos; los ensayos de carácter físico como los de granulometría, pesos específicos y contenidos de humedad, entre otros, fueron realizados en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay; y por último, los ensayos de carácter químico fueron realizados en la ciudad de Biblián en el laboratorio “PVC”.

3.1 Diseño de la dosificación de bloques tradicionales

La realización del presente trabajo es del tipo investigativo experimental, motivo por el cual no se puede definir específicamente la metodología a ser utilizada. La dosificación de los ecobloques se la realizó de manera empírica, es decir mediante una serie de pruebas y ensayos hasta obtener la dosificación adecuada; sin embargo, a continuación se indicará cual es el proceso de cálculo y diseño de la dosificación de un bloque tradicional, cuyos resultados servirán como fundamento o base para poder hacer las respectivas modificaciones al diseño tradicional hasta obtener un ecobloque que cumpla con todas las características y especificaciones requeridas.

Una correcta dosificación tiene como objetivo establecer óptimas cuantificaciones de árido grueso y fino, aditivos y agua; los cuales permitan obtener las propiedades adecuadas de trabajabilidad, consistencia, durabilidad resistencia a la compresión, entre otros, a la edad de 28 días.

Existe una larga lista de métodos para el diseño de dosificaciones de hormigón; sin embargo, hasta el momento no existe ningún método de dosificación que dentro de su cálculo tome en cuenta la larga lista de factores y variables que pueden influir en las propiedades del hormigón a conseguir.

3.1.1 Métodos de dosificación basados en la resistencia a compresión

- a) Método del American Concrete Institute (ACI), se aplica a todo tipo de hormigones y se basa en tablas empíricas experimentales, mediante las cuales se determina el tamaño máximo de los agregados, la cantidad de agua y la cantidad de cemento.
- b) Método Carlos de la Peña, este método es utilizado normalmente en hormigones armados y parte de la resistencia exigida en el proyecto.

3.1.2 Métodos clásicos de dosificación basados en el contenido de cemento por m³

- a) Método de Fuller: se utiliza para dosificar hormigones que estarán formados por áridos de río (redondos), diámetro máximo de 30 a 70 mm y para cantidades de cemento superiores a 300 kg.
- b) Método de Faury: se aplica en todo tipo de hormigones, pero especialmente en piezas prefabricadas. Este método se fundamenta en principios granulométricos para el cálculo de la cantidad de los materiales, se basa en las experiencias realizadas por su propio autor.
- c) Método de Bolomey: para la presente investigación se va a proceder a utilizar el método de dosificación conocido como la fórmula de Bolomey, el cual es un método basado en el contenido de cemento. Este es un método desarrollado a partir de la ley de Fuller, de hecho dosificar por Bolomey constituye un perfeccionamiento de la ley de Fuller puesto que, aunque los datos y variables iniciales son los mismos, con el método de Bolomey se busca obtener hormigones económicos en cemento en función de su resistencia, consistencia de la masa, y forma de los áridos. Este es un método recomendado para piezas de

áridos redondeados, hormigones en masa, grandes macizos, presas, etc. Se debe tener especial cuidado en el tanteo de la curva granulométrica y el porcentaje de finos ya que estos dos factores son decisivos a la hora de determinar la cantidad de cemento a ser utilizado.

El procedimiento que se realizó para obtener la dosificación ideal mediante el método de la fórmula de Bolomey es el siguiente:

1. Fijar el tamaño máximo del árido		
Se considerará la dimensión mínima del elemento :		
<u>D máx. $\leq 1/4 L$</u>		en este caso se considera un elemento poco reforzado y de pequeña altura ya que se trata de un bloque no portante.
L	100	L : dimensión mínima del elemento en milímetros
D máx. \leq	25	mm
<u>D máx. $\leq 2/3 E$</u>		considerando que tiene que pasar por un refuerzo en este caso el molde del bloque.
E	20	E : separación de el lado más corto
D máx. \leq	13.3333333	mm
Por lo tanto el límite de tamaño máximo de áridos según el cálculo , en teoría sería de menor igual a 13.33 milímetros, por lo cual se debe seleccionar un tamaño comercial que sería el material pasante del tamiz # 4 para darle continuidad al hormigón en el bloque.		

2. Determinación de la relación agua cemento a emplear		
De acuerdo a la resistencia a la compresión necesaria según Bolomey:		
$R'_{bm} = ak \sigma_c \left(\frac{c}{a} - 0.5 \right)$		
ak	0.5	Áridos obtenidos de trituración , buena granulometría y forma. Tabla 5.18
$\bar{\sigma}_c$	350	Resistencia media del cemento a los 28 días. Tabla 5.20
	kg/cm ²	
R'bk	3	Se propone la resistencia de 3 Mpa según INEN.
	Mpa	
$R'_{bk} = R'_{bm} (1 - \tau d)$		
$R'_{bm} = R'_{bk} / (1 - \tau d)$		
τ	1	Se considera de acuerdo al numero de ensayos > 30
d	0.87	Obra con poco control de fabricación en planta / Tabla 5.16
R'bm	23.0769231	MPa
c/a	1.81868132	MPa
a/c	0.54984894	MPa

Tabla 3-1: Valores de coeficiente ak

Valores del coeficiente ak	
ak	Características y condiciones que deben reunir los áridos
0,55	a. Áridos de yacimientos naturales con forma aproximadamente redondeada, en los cuales los áridos en su conjunto cumplen la siguiente relación $l/d \leq 1,5$. Donde l = longitud del diámetro mayor del árido y d = longitud del lado menor. b. Áridos con buena granulometría
0,50	a. Áridos de yacimientos con forma aproximadamente redondeada, en los cuales los áridos en su conjunto cumplen la relación: $l/d \leq 1,5$ b. Áridos en que no se cumplen las especificaciones de granulometría pero las desviaciones no son muy grandes
0,50	a. Áridos obtenidos de la trituración de las rocas con forma aproximadamente cubica en los cuales en su conjunto cumplen la relación $l/d \leq 1,5$ b. Áridos con buena granulometría
0,45	a. Áridos de forma elongada $1,5 < l/d \leq 3$ b. Áridos en que se cumplen las especificaciones de granulometría, pero las desviaciones no son muy grandes
0,40	a. Áridos de forma de aguja o laja $l/d > 5$ b. Áridos con mala granulometría
0,40	Areña con más del 50 % de un tamaño de grano

Nota: El coeficiente ak puede ser un valor intermedio a los citados.

Fuente: (Acevedo, 1985)

Tabla 3-2: Valores de coeficiente sigma C

Tipo de cemento	σ_c kgf/cm ² (Mpa)
P=250	350 (35)
P=350	400 (40)
P=450	500 (50)

Fuente: (Acevedo, 1985)

Tabla 3-3: Valores de coeficiente sigma

Coeficiente σ	Grado de control
menos de 0,10	Laboratorio, medición en peso, control riguroso
0,10 a 0,15	Obras muy controladas, medición en peso
0,15 a 0,20	Obras con control medio de fabricación, medición por volumen
más de 0,20	Poco o ningún control en fabricación, medición por volumen

Fuente: (Acevedo, 1985)

3. Determinación de las cantidades de agua y cemento			
Seleccionar asentamiento			
a	3	cm	Tabla 5.27
<i>Debe estar de 2 a 5 cm, 3 porque es compactado con vibración</i>			
Se estima 600 kg de cemento para 1 metro cúbico de hormigón, para el tamaño máximo del árido y asentamiento con 205 litros de agua. / Tabla 5.28			
c	372.82967	kg	
Como se estimó 600 kg de cemento y el cálculo resultó 372 , y la diferencia es mayor a 50 kg , se calcula de nuevo, ahora suponiendo 400 kg.			
c	354.642857	kg	

Tabla 3-4: Asentamiento tabla

Tipo de elemento y condiciones de colocación	Asentamiento en el Cono de Abrams (cm)			
	Compactación manual (picado)		Compactación con vibración	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Magos de cimentación y cimentaciones reforzadas	13	5	8	3
Cimentaciones sin reforzar, cajones, paredes de subestructuras	10	3	7	5
Losas, vigas y muros reforzados	15	8	10	5
Columnas, pilotes sicstera, elementos estrechos fundidos verticalmente	15	8	10	5
Pavimentos	8	5	5	3
Construcciones masivas	8	3	5	2
Losas de puentes	10	5	7	3

Fuente: (Acevedo, 1985)

Tabla 3-5: Peso del cemento

Tabla 3-5: Cantidad de agua en litros por metro cúbico de hormigón para árido fino y árido grueso obtenido de la trituración de las rocas.

Peso cemento en kg por metro cúbico de hormigón

Asentamiento en centímetros	500												600											
	Tamaño máximo en mm												Tamaño máximo en mm											
	76,2	30,1	19,1	9,52	4,76	2,38	1,19	76,2	30,1	19,1	9,52	4,76	2,38	1,19	76,2	30,1	19,1	9,52	4,76	2,38	1,19			
3 - 5	110	180	190	200	210	220	230	175	185	195	205	215	225	235	180	190	200	210	220	230	240			
3 - 5	115	185	195	205	215	225	235	185	195	205	215	225	235	245	190	200	210	220	230	240	250			
6 - 8	180	190	200	210	220	230	240	195	205	215	225	235	245	255	200	210	220	230	240	250	260			
9 -11	185	195	205	215	225	235	245	200	210	220	230	240	250	260	210	220	230	240	250	260	270			
12-14	190	200	210	220	230	240	250	205	215	225	235	245	255	265	215	225	235	245	255	265	275			
14-16	195	205	215	225	235	245	255	210	220	230	240	250	260	270	220	230	240	250	260	270	280			

Peso de cemento en kg por metro cúbico de hormigón

Asentamiento en centímetros	500												600											
	Tamaño máximo en mm												Tamaño máximo en mm											
	76,2	30,1	19,1	9,52	4,76	2,38	1,19	76,2	30,1	19,1	9,52	4,76	2,38	1,19	76,2	30,1	19,1	9,52	4,76	2,38	1,19			
0 - 2	180	190	200	210	220	230	240	185	195	205	215	225	235	245	190	200	210	220	230	240	250			
3 - 5	185	195	205	215	225	235	245	190	200	210	220	230	240	250	200	210	220	230	240	250	260			
6 - 8	190	200	210	220	230	240	250	195	205	215	225	235	245	255	210	220	230	240	250	260	270			
9-11	195	205	215	225	235	245	255	200	210	220	230	240	250	260	215	225	235	245	255	265	275			
12-14	200	210	220	230	240	250	260	205	215	225	235	245	255	265	220	230	240	250	260	270	280			
14-16	205	215	225	235	245	255	265	210	220	230	240	250	260	270	225	235	245	255	265	275	285			

Fuente: (Acevedo, 1985)

4. Determinación de las proporciones			
Ver tabla 5.30 donde según el asentamiento y áridos triturados:			
a	14		
Volumen de sólidos	800	litros	(volumen de sólidos en el hormigón)
Volumen de cemento	112.585034	litros	
Porcentaje de cemento	14.07%		
Método gráfico de mezclas de áridos:			

En la tabla a continuación se selecciona el valor de “a” según el asentamiento requerido:

Tabla 3-6: Valores del coeficiente de granulometría

Valores del coeficiente de la granulometría ideal de Bolomey		
Asentamiento del hormigón en cm	Valor de a	
	Áridos redondeados	Áridos triturados
<5	10	14
5 a 11	11	16
>11	12	18

Fuente: (Acevedo, 1985)

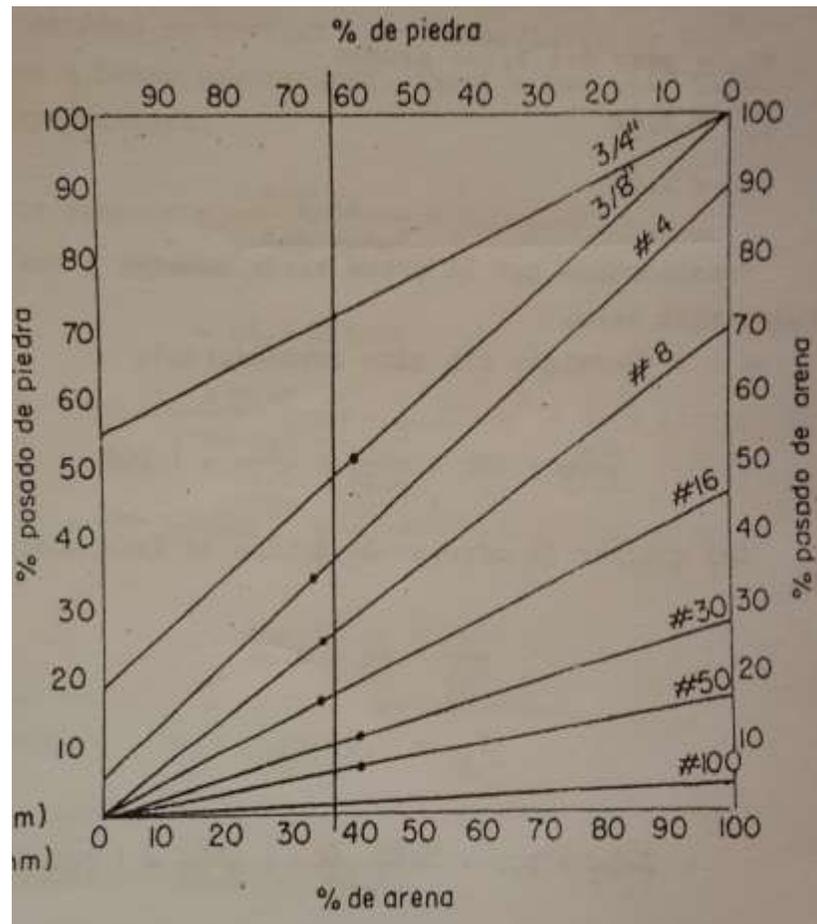


Figura 3-2: Porcentajes

Fuente: (Acevedo, 1985)

Tabla 3-7: Valores del coeficiente de granulometría

Valores del coeficiente de la granulometría ideal de Bolomey		
Asentamiento del hormigón en cm	Valor de a	
	Áridos redondeados	Áridos triturados
< 5	10	14
5 - 11	11	16
> 11	12	18

Fuente: (Acevedo, 1985)

Porcentaje de a. grueso	63.00%
Porcentaje de a. fino	37.00%

5. Cálculo de las cantidades de áridos

$$\frac{Pc}{\gamma c} + Pa + \sum \frac{Pg}{\gamma g} + 10 \alpha = 1000 \text{ litros}$$

Peso cemento	354.6428571	kg	Se considera que la arena tiene humedad y que el árido grueso esta seco
Y cemento	3.15		
Peso agua	250	kg	
Pg fino	-		
Pg grueso	-		
γg1	2.64		
γg2	2.63		

Pg 1 =	617.497	kg
Pg2 =	1064.65	kg

Dosificación final para 1 metro cúbico de hormigón

agua	250	Kg
cemento	354.6428571	Kg
a. grueso	1064.65	Kg
a. fino	617.497	Kg
TOTAL	2286.789857	Kg

Cálculo de las cantidades necesarias de materiales:

Volumen:	0.55296	m3	para 90 bloques aproximadamente	volumen bloque	0.0096
	Vol 1 m3	Vol 90 bloques		volumen bloque	0.003456
agua	250	138.24	kg	total volumen	0.006144
cemento	354.6428571	196.1033143	kg	total volumen	0.55296
a. grueso	1064.65	588.708864	kg		
a. fino	617.497	341.4511411	kg		
TOTAL	2286.789857	1264.503319	kg		

sacos de cemento	3.922066286	4 sacos
volumen a. grueso	0.43608064	metros cubicos
volumen a. fino	0.235483546	metros cubicos

Como la capacidad de la hormigonera es de 2 sacos:

agua	34.56	kg			
cemento	3.92206629	sacos			
a. grueso	294.354432	kg			
a. fino	170.725571	kg			
Expresión en relación de peso:					
cemento	a.fino	a.grueso	agua		
1	1.70725571	2.94354432	0.3456		
Ya que en obra la medición se hace respecto al volumen :					
Volumen cemento	0.066666667	m3	66.6666667	litros	
Volumen a.fino	0.117741773	m3	117.741773	litros	
Volumen a. grueso	0.21804032	m3	218.04032	litros	
Expresión en relación de volumen:					
cemento	a.fino	a.grueso	agua		
1	1.76612659	3.2706048	0.51		

En conclusión, la dosificación requerida para el hormigón a ser utilizado en la fabricación de bloques tradicionales de resistencia de 3 MPa o 30 kg/cm² se obtiene mediante la proporción 1:2:3; es decir, una parte de cemento, dos de agregado fino y tres de agregado grueso.

3.2 Dosificación y fabricación de los ecobloques de hormigón

3.2.1 Materias primas

Como ya se indicó anteriormente, un bloque común se forma de la unión de cemento, áridos finos, áridos gruesos, y agua en cantidades determinadas. En la presente investigación se reemplazó parte de los agregados por materiales reciclados como el vidrio y el plástico PET reciclados y triturados.

Obtener los componentes tradicionales de los bloques de hormigón es sumamente sencillo, motivo por el cual a continuación se detalla solamente el proceso de obtención de los componentes alternativos necesarios para la fabricación de los ecobloques; es decir, tanto del plástico PET como del vidrio.

3.2.1.1 Obtención y tratamiento del Polietileno de Tereftalato

El PET se puede conseguir fácilmente, este puede obtenerse directamente mediante el reciclaje y recolección puerta a puerta o adquiriéndolo fácilmente con las distintas asociaciones de recicladores urbanos de la ciudad de Cuenca, quienes recolectan este tipo de material y lo venden a las grandes empresas recicladoras del país, las cuales lo adquieren a precios sumamente bajos y finalmente lo exportan. El costo de la materia prima en este caso depende de la cantidad de material a ser adquirida.

El tratamiento de la materia prima se intentó realizar en una empresa de la localidad conocida como “ PLASTIMAD “, la misma que se encuentra a cargo del Ingeniero Alex Cordero; dicha empresa posee una trituradora de dientes metálicos; sin embargo, dicha trituradora estaba diseñada solamente para la trituración de guardafangos y guardachoques de los vehículos, motivo por el cual una vez que el plástico PET fue colocado en su interior, este de cierta manera si fue procesado pero no en su totalidad, y además no se pudo conseguir el tamaño de partículas adecuado; de hecho gran parte del material sólo sufrió el aplastamiento más no trituración.

Por este motivo el material se trató en una fábrica de Guayaquil consiguiendo así una partícula de 6 mm retenida en el tamiz 3 ½ de 5.6 milímetros de abertura en sus orificios.



Figura 3-3: Club de recicladores



Figura 3-4: Tratamiento de materia prima

3.2.1.2 Obtención y tratamiento del vidrio

El vidrio se consiguió con ayuda de la Empresa “INCOA” que se dedica a la fabricación de ventanas y puertas en aluminio y vidrio en la ciudad, esta empresa proporcionó todo el vidrio requerido para la fabricación de los ecobloques; de hecho esta empresa produce diariamente grandes cantidades de desechos de vidrio que hasta la actualidad están siendo mezclados directamente con la basura en los camiones recolectores en sus distintas frecuencias. El proceso para la trituration del vidrio fue manual aunque este se lo puede hacer fácilmente mediante un molino de bolas que se lo puede conseguir en los laboratorios de la Universidad de Cuenca. El proceso de molienda y trituration tanto del vidrio como del PET se lo realiza con el fin de poder simular al material que van a sustituir.



Figura 3-5: Tratamiento de materia prima

3.2.2 Dosificación empírica y fabricación de los ecobloques

Un aspecto muy importante es que al ser un proyecto del tipo investigativo experimental no se puede definir exactamente un proceso para obtener la dosificación de los ecobloques.

Por este motivo, una vez que se cuenta con la materia prima y el lugar adecuado para la producción de los ecobloques, se empieza un proceso empírico a partir del cual se fabrican una serie de especímenes mediante varias dosificaciones en volumen o en peso, teniendo en cuenta que la primera opción brinda facilidad de medida en campo; y en cambio la segunda, es decir en peso, involucra mayor tiempo de medición, pero brinda mayor precisión.

Dichos especímenes fueron sometidos uno a uno a distintos tipos de ensayos a fin de determinar la dosificación adecuada que permita obtener un ecobloque de características similares a las de un bloque tradicional, basados en los procedimientos y estándares que exige la norma NTE INEN.

Para la mezcla de hormigón se recomienda usar un aditivo plastificante para mejorar su trabajabilidad; dicha mezcla posteriormente debe ser colocada en la máquina de hacer bloques, en donde mediante un proceso de vibrado y compactado se le da la forma final al bloque, el cual podrá tener distintas dimensiones de acuerdo al molde que se haya ocupado en la máquina.

Uno de los ensayos que tuvo que hacerse al momento de la fabricación de los tres prototipos de ecobloques es la determinación del asentamiento del hormigón en estado plástico; para lo cual una muestra de hormigón recién mezclado se coloca dentro de un molde con forma de cono truncado y se compacta con una varilla. Se levanta el molde permitiendo que el hormigón se asiente, para luego medir la distancia vertical entre la

altura original y el centro desplazado de la superficie superior del hormigón, luego de su deformación tal y como lo indica la normativa NTE INEN 1578.

Como ya se indicó en el capítulo anterior, para el caso de la fabricación de bloques de construcción se requiere que la mezcla de hormigón tenga un asentamiento entre 2 a 5 centímetros, es decir, que la consistencia esté entre seca (S) y plástica (P), puesto que estos son desmoldados inmediatamente al salir de la máquina moldeadora y compactadora de bloques. La mezcla de hormigón que se obtuvo con los tres tipos de ecobloques que aquí se proponen presentaba una consistencia sumamente seca e incluso se tuvo que agregar aditivo plastificante para darle mayor trabajabilidad a la mezcla. Los rangos de asentamiento conseguido en obra variaron en un rango de 3 a 6 centímetros, motivo por el cual se puede tomar como valor medio un asentamiento de 4 centímetros, valor que se encuentra en el rango establecido para la fabricación de bloques.



Figura 3-6: Elaboración de bloques



Figura 3-7: Elaboración de bloques

El proceso de obtención de una dosificación adecuada para cada tipo de ecobloque fue realizado de manera empírica; es decir, en base a una serie de pruebas y errores hasta alcanzar valores que se acerquen lo más posible a las exigencias y especificaciones que requiere la normativa NTE INEN; por tal motivo en la tabla que se presenta a continuación se muestran algunas de las dosificaciones que se fueron probando y perfeccionando para cada tipo de ecobloque durante la realización de la presente investigación.

Tabla 3-8: Dosificaciones representativas para elaboración de ecobloques solo con PET en reemplazo del árido grueso

No. ensayo	Dosificaciones Representativas Bloques PET						Aditivo	Relación agua / cemento
	Cemento	Árido fino	Árido grueso	PE T % reemplazo fino	Vidrio del	en árido		
1	1	2	0	3	0	0.04	0.5	
2	1	3	0	3	0	0.04	0.5	
3	1	4	0	5	0	0.04	0.5	
4	1	4	0	6	0	0.04	0.5	
5	1	3	0	7	0	0.4	0.5	
Dosificación bloque tradicional	1	2	3	0	0	0.04	0.5	

Tabla 3-9: Dosificaciones representativas para elaboración de ecobloques solo con vidrio triturado en reemplazo del árido fino

No. ensayo	Dosificaciones Representativas Bloques Vidrio						Aditivo	Relación agua / cemento
	Cemento	Árido fino	Árido grueso	P E T	% reemplazo fino	Vidrio del árido en		
1	1	2	3	0		15	0.04	0.5
2	1	2	3	0		30	0.04	0.5
3	1	2	3	0		50	0.04	0.5
4	1	2	2	0		30	0.04	0.5
5	1	2	3	0		35	0.04	0.5
Dosificación bloque tradicional	1	2	3	0		0	0.04	0.5

Tabla 3-10: Dosificaciones representativas para elaboración de ecobloques de PET más vidrio en reemplazo del árido grueso y árido fino correspondientemente

No. ensayo	Dosificaciones Bloques PET + Vidrio						Aditivo	Relación agua / cemento
	Cemento	Árido fino	Árido grueso	P E T	% reemplazo fino	Vidrio del árido en		
1	1	2	0	3		30	0.04	0.5
2	1	3	0	3		30	0.04	0.5
3	1	4	0	5		30	0.04	0.5
4	1	4	0	6		30	0.04	0.5
5	1	4	0	7		30	0.04	0.5
Dosificación bloque tradicional	1	2	3	0		0	0.04	0.5

3.3 Maquinaria requerida para la fabricación de bloques

Para la trituración del plástico PET: se utilizó una trituradora fina de precisión, la cual dará el tamaño adecuado de partícula.

Para la trituración del vidrio: se lo hizo de forma manual, se puede ocupar también un molino de esferas.

Para la fabricación: mezcladora de áridos para incorporación de todos los materiales a usar, plancha vibratoria y moldes de bloques, en los que se depositará la mezcla de hormigón.

CAPÍTULO 4

ENSAYOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con motivo de saber si el material propuesto cumplió las expectativas técnicas, se realizaron ensayos de acuerdo a la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN.

4.1. Ensayos

Los ensayos contemplados para los prototipos de ecobloques son los descritos a continuación, con su respectiva información técnica cuantitativa:

4.1.1 Ensayo de granulometría y propiedades de materiales

El cual consiste en tamizar y observar los porcentajes retenidos, además de sacar sus densidades respectivas.

- **Granulometría para el árido fino**

Tabla 4-1: Tamizado árido fino

Tamiz normado	% Pasa	%Retenido
ASTM		
3/8	100	0
#4	96	4
#8	71	25
#30	55	16
#50	39.6	15.4
#100	13	26.6
#200	2.3	10.7

Tabla 4-2: Propiedades árido fino

Propiedades Físicas Árido Fino		
Densidad aparente compactada	1.7	kg/m ³
Densidad aparente suelta	1.564	kg/m ³
Densidad real seca	2.45	kg/m ³
% Absorción	1.98	%

- **Granulometría para el árido grueso**

Tabla 4-3: Tamizado árido grueso

Tamiz normado ASTM	% Pasa	%Retenido
1/2	100	0
3/8	45	55
#4	7	38
#8	3.4	3.6
#30	0	3.4

Tabla 4-4: Propiedades árido grueso

Propiedades Físicas Árido Grueso		
Densidad aparente compactada	1.6	kg/m ³
Densidad aparente suelta	1.49	kg/m ³
Densidad real seca	2.67	kg/m ³
% Absorción	1.39	%

- **Granulometría para el plástico PET**

Tabla 4-5: Tamizado PET

Tamiz normado ASTM	% Pasa	%Retenido
½	100	0
3/8	96	4
#4	0	96

- **Granulometría para el vidrio**

Tabla 4-6: Tamizado vidrio

Tamiz normado ASTM	% Pasa	%Retenido
3/8	100	0
#4	100	0
#8	100	0
#30	30	70
#50	10	20
#100	0	10

4.1.2 Ensayo de resistencia mecánica o de compresión

Las mezclas de hormigón principalmente se diseñan para cumplir con el requisito de resistencia a la compresión, la cual dependiendo del tipo de estructura se encuentra en ciertos rangos, en este caso se buscó una resistencia de 3 MPa o más.

Esta resistencia se mide sometiendo al elemento a un esfuerzo de compresión, es decir aplicar una fuerza perpendicular sobre un área específica de las probetas cilíndricas de hormigón a través de una prensa hidráulica; además, en este caso también se realizó esta prueba en los bloques de hormigón, teniendo en cuenta que el área específica en los bloques vendría a ser la sumatoria del área de los bordes de la cara superior del bloque.

Las unidades utilizadas en nuestro medio para este tipo de esfuerzo son los kilogramos por centímetro cuadrado o bien los mega pascales según la norma.

De igual manera, esta resistencia se la obtiene con el fin de determinar que la mezcla de hormigón realizada en obra cumpla el requisito de resistencia determinada en el diseño. Para que el resultado de este tipo de ensayo pueda ser validado, las probetas son curadas ya sea de manera estándar o convencional, en este caso se lo hizo de manera convencional mediante el sumergimiento en agua de las mismas durante algunos días, para posteriormente realizar la rotura de cilindros en fases de 14 y 28 días a fin de determinar la curva de resistencia en sus diferentes etapas.

Realización del ensayo

Al momento de la fabricación de los bloques se tomó una muestra de hormigón para disponerlo en los cilindros normalizados con el objetivo de conformar los especímenes a ser analizados posteriormente en laboratorio, donde fueron sometidos al esfuerzo de compresión. Dichos cilindros fueron sometidos a este ensayo en edades de 14 y 28 días, a fin de saber la variación de su resistencia según la edad del hormigón y si se cumple o no con la resistencia final de diseño.



Figura 4-1: Ensayo de Compresión

Resultados obtenidos

Primer prototipo: Polietileno de tereftalato en reemplazo del árido grueso.

Tabla 4-7: Dosificación PET

No. muestras	Dosificación						Aditivo	Relación a/c	14 días (MPa)	28 días (MPa)
	Cemento	Árido fino	Árido grueso	P E T	% Vidrio en reemplazo del árido fino					
1	1	2	0	3	0	0.04	0.5	1.53	1.8	
2	1	3	0	3	0	0.04	0.5	1.87	2.2	
3	1	4	0	5	0	0.04	0.5	1.62	1.9	
4	1	4	0	6	0	0.04	0.5	2.38	2.8	
5	1	3	0	7	0	0.04	0.5	2.12	2.5	
Dosificac ión bloque tradicion al	1	2	3	0	0	0.04	0.5	2.55	3	
Dosificac ión seleccion ada	1	4	0	6	0	0.04	0.5	2.38	2.8	

Segundo prototipo: Vidrio triturado en reemplazo del árido fino.

Tabla 4-8: Dosificación vidrio

No. muestras	Dosificación							14 días (MPa)	28 días (MPa)
	Cemento	Árido fino	Árido grueso	P E T	% Vidrio en reemplazo del árido fino	Aditivo	Relación a/c		
1	1	2	3	0	15	0.04	0.5	2.30	2.7
2	1	2	3	0	30	0.04	0.5	2.47	2.9
3	1	2	3	0	50	0.04	0.5	1.95	2.3
4	1	2	2	0	30	0.04	0.5	2.00	2.4
5	1	2	3	0	35	0.04	0.5	2.35	2.85
Dosificación bloque tradicional	1	2	3	0	0	0.04	0.5	2.55	3
Dosificación seleccionada	1	2	3	0	30	0.04	0.5	2.47	2.9

Tercer prototipo: Polietileno de tereftalato en reemplazo del árido grueso y vidrio triturado en reemplazo del árido fino.

Tabla 4-9: Dosificación PET+ vidrio

No. muestra	Dosificación							Relación a/c	14 días (MPa)	28 días (MPa)
	Cemento	Árido fino	Árido grueso	P E T	% reemplazo árido fino	Vidrio en el	Aditivo			
1	1	2	0	3	30		0.04	0.5	1.60	1.9
2	1	3	0	3	30		0.04	0.5	1.60	2.0
3	1	4	0	5	30		0.04	0.5	2.20	2.5
4	1	4	0	6	30		0.04	0.5	2.9	3.4
5	1	4	0	7	30		0.04	0.5	2.5	2.9
Dosificación bloque tradicional	1	2	3	0	0		0.04	0.5	2.55	3
Dosificación seleccionada	1	4	0	6	30		0.04	0.5	2.9	3.4



Figura 4-2: Procedimiento del ensayo de compresión.

Como se indica en la tabla anterior, la dosificación de un bloque tradicional mediante el método de Bolomey, queda definida en una proporción de 1:2:3, es decir una parte de cemento, dos de árido fino y tres de árido grueso; mientras que para la dosificación de los tres prototipos de ecobloques se probó varias relaciones similares que permitan el reemplazo del agregado fino y grueso por los materiales reciclados. Una vez terminado este proceso se pudo determinar que la combinación más favorable en un ecobloque, resulta ser el polietileno PET más el vidrio, contrario a sólo PET o sólo vidrio, ya que con dichas combinaciones no se alcanza la resistencia propuesta de 3 MPa; por este motivo, la dosificación ideal de los ecobloques con vidrio y PET se da en una proporción de 1:4:6; es decir se mantiene una parte de cemento, la proporción de árido fino se duplicó de 2 a 4 teniendo en cuenta que del total del árido fino el 30% corresponde a vidrio reciclado triturado; y por último en cuanto al árido grueso si se duplica la proporción de 3 a 6, esta puede ser reemplazada en su totalidad por polietileno de tereftalato es decir plástico PET reciclado; con dicha dosificación se logró alcanzar una excelente resistencia un tanto mayor a 3.0 MPa, específicamente 3.4 MPa, pudiendo cumplir así con los estándares que exige la normativa NTE INEN para bloques TIPO C,

TIPO D y Tipo E; es decir bloques que pueden ser usados tanto en paredes divisorias exteriores o interiores con o sin revestimiento, así como también en losas alivianadas de hormigón armado; y lo más importante es que se obtuvo un material ecológicamente sustentable, muy fácil de fabricar y que puede ser usado en cualquier lugar.

Otro aspecto importante y que vale la pena recalcar es que el proceso de fabricación de los ecobloques es muchísimo menos trabajoso ya que el plástico PET reciclado una vez que es triturado es sumamente liviano, fácil de cargarlo y mezclarlo; lo que permitiría aumentar fácilmente la producción de estos ecobloques.

4.1.3 Ensayo para determinar el porcentaje de absorción de agua

Consiste en sumergir los bloques en un recipiente de agua hasta su completa saturación durante 24 horas, para luego ser sometidos a un proceso de simple secado mediante la ayuda de una tela fibrosa tipo absorbente y posterior a esto ser ingresados en el horno de secado a una temperatura entre 100°C y 115°C durante no menos de 24 horas. El bloque debe ser pesado en todas las etapas del ensayo para así conocer tanto su peso específico y su capacidad de absorción de agua; se debe utilizar una balanza con una sensibilidad menor al 0.5% de la masa del bloque. La absorción de agua en los bloques se determinará de acuerdo con la Norma INEN 642 y no podrá ser mayor del 15%.

Cálculo:

- % absorción de agua = $100 * (\text{peso bloque húmedo} - \text{peso bloque seco}) / \text{peso bloque seco}$

Tabla 4-10: Porcentaje de absorción

Muestra		peso húmedo(gr)	peso seco (gr)	% absorción
PET	<u>1</u>	7550	6850	10,22
	<u>2</u>	7390	6800	8,68
	<u>3</u>	7420	6799	9,13
VIDRIO	<u>1</u>	8010	7000	14,43
	<u>2</u>	7998	7020	13,93
	<u>3</u>	7890	7027	12,28
PET + VIDRIO	<u>1</u>	7750	6978	11,06
	<u>2</u>	7750	6980	11,03
	<u>3</u>	7780	6955	11,86
TRADICIONAL	<u>1</u>	8015	7010	14,34
	<u>2</u>	7930	6998	13,32
	<u>3</u>	7894	7035	12,21

Como se puede observar en la tabla anterior, los valores obtenidos para el porcentaje de absorción de agua son relativamente bajos en los prototipos de sólo plástico PET, ya que la cantidad de plástico es sumamente alta y como es de conocimiento general, el plástico no tiene la capacidad de absorber ningún tipo de fluido.

Por otro lado, los prototipos en los que se reemplazó parte de los áridos finos por vidrio, presentan valores de absorción de agua similares a los del bloque tradicional.

Los valores del porcentaje de absorción de agua en los prototipos de polietileno de tereftalato más vidrio presentan valores menores a los del bloque tradicional puesto que

si bien el vidrio triturado tiene un porcentaje de absorción similar al árido fino, el plástico triturado no absorbe ninguna cantidad de agua.

4.1.4 Ensayo para determinar el peso específico

Para determinar el peso específico se toman los pesos secos, húmedos y en el agua:

- $\text{Peso específico} = \text{peso seco} / (\text{peso húmedo} - \text{peso en agua})$

Tabla 4-11: Peso específico de los prototipos

Muestra		peso	peso	peso en	peso específico		
		húmedo(gr)	seco(gr)	agua(gr)	(kg/m ³)		
PET	<u>1</u>	7550	6850	1600	1151,26	5950,00	1,15
	<u>2</u>	7390	6800	1550	1164,38	5840,00	1,16
	<u>3</u>	7420	6799	1480	1144,61	5940,00	1,14
VIDRIO	<u>1</u>	8010	7000	2650	1305,97	5360,00	1,31
	<u>2</u>	7998	7020	2750	1337,65	5248,00	1,34
	<u>3</u>	7890	7027	2700	1353,95	5190,00	1,35
PET + VIDRIO	<u>1</u>	7750	6978	1820	1176,73	5930,00	1,18
	<u>2</u>	7750	6980	1845	1182,05	5905,00	1,18
	<u>3</u>	7780	6955	1930	1188,89	5850,00	1,19
TRADICIONAL	<u>1</u>	8015	7010	2689	1316,18	5326,00	1,32
	<u>2</u>	7930	6998	2598	1312,45	5332,00	1,31
	<u>3</u>	7894	7035	2722	1360,21	5172,00	1,36

Tabla 4-12: Pesos específicos según Norma

Pesos específicos de paredes de bloques según norma	
Tipo de pared	Peso específico kg/m ³
ladrillo	1600
bloques de hormigón	1800
bloques huecos de hormigón	1300

Fuente: Instituto de Ciencias Básicas ESPE



Figura 4-3: Ensayo peso específico y absorción de agua

4.1.5 Ensayo de conductividad térmica

Se define como conductividad térmica a una característica mediante la cual el calor pasa a través de un material sólido o fluye de un material a otro cuando se encuentra en contacto íntimo con él. (SALDARREAGA, 2011).

Los ecobloques de hormigón obtenidos en esta investigación encierran cantidades considerables de aire por su alto nivel de porosidad, lo cual implica que tienen un buen aislamiento térmico, puesto que el aire es un mal conductor de calor; de hecho, su capacidad de aislamiento térmico es muy superior al de otros tipos de materiales tradicionales usados en mampostería. Esta hipótesis se refuerza, ya que como es de conocimiento general, la capacidad de aislamiento térmico de un material aumenta a medida que disminuye su densidad y aumenta su porosidad, lo cual a simple vista se puede observar en los prototipos aquí fabricados. (SALDARREAGA, 2011).

De una manera más técnica y específica se la denota con la letra “k” y su unidad de medición es el joule “j”; es decir, es la cantidad de calor que pasa a través de un metro cuadrado de un material homogéneo de un metro de espesor, en un segundo cuando la variación de temperatura entre cara y cara es de un grado Celsius. (SALDARREAGA, 2011).

Realización del ensayo

1. Se dispuso de la construcción de una pared de 1.22 metros de ancho por 1.25 metros de altura, con mortero de unión (1:3) de 1 cm de espesor; dicha pared consta aproximadamente de 18 bloques.



Figura 4-4: Pared incinerada

Fuente: (SALDARREAGA, 2011) / Autor

2. Se colmó de líquido inflamable en este caso gasolina al elemento construido para la simulación del conato común.
3. También se realizó el mismo proceso con un sólo bloque de cada tipo, y se observó que luego de un tiempo determinado el fuego se extinguió por sí solo. Un aspecto muy importante es que el fuego no se propaga internamente, es decir tan sólo se quema la superficie que fue humedecida con el líquido inflamable.
4. Una vez que el fuego cesó, se pudo observar que todos los prototipos sufrieron una serie de cambios físicos como: el cambio en su coloración, pérdida de resistencia mecánica, las partículas de PET sufrieron retracción al ser sometidas al fuego sin dañar la estructura física del bloque.



Figura 4-5: Bloque incinerado

Resultados obtenidos:

Primer prototipo: Polietileno de tereftalato en reemplazo del árido grueso.

Tabla 4-13: Resultados incineración PET

# muestras	Tiempo de incineración (minutos)	Observaciones
1	6	Se logra quemar de manera superficial sin daños en su estructura interna.
2	7	Retracción de las partículas de PET quemadas sin afectar estructura física del bloque.

Segundo prototipo: Solo vidrio triturado en reemplazo del árido fino.

Tabla 4-14: Resultados incineración vidrio

# muestras	Tiempo de incineración (minutos)	Observaciones
1	5	Se logra quemar de manera superficial sin daños en su estructura interna.
2	7	El fuego no se propaga y termina.

Tercer prototipo: Polietileno de tereftalato en reemplazo del árido grueso y Vidrio triturado en reemplazo del árido fino.

Tabla No 4-15: Resultados incineración PET + vidrio

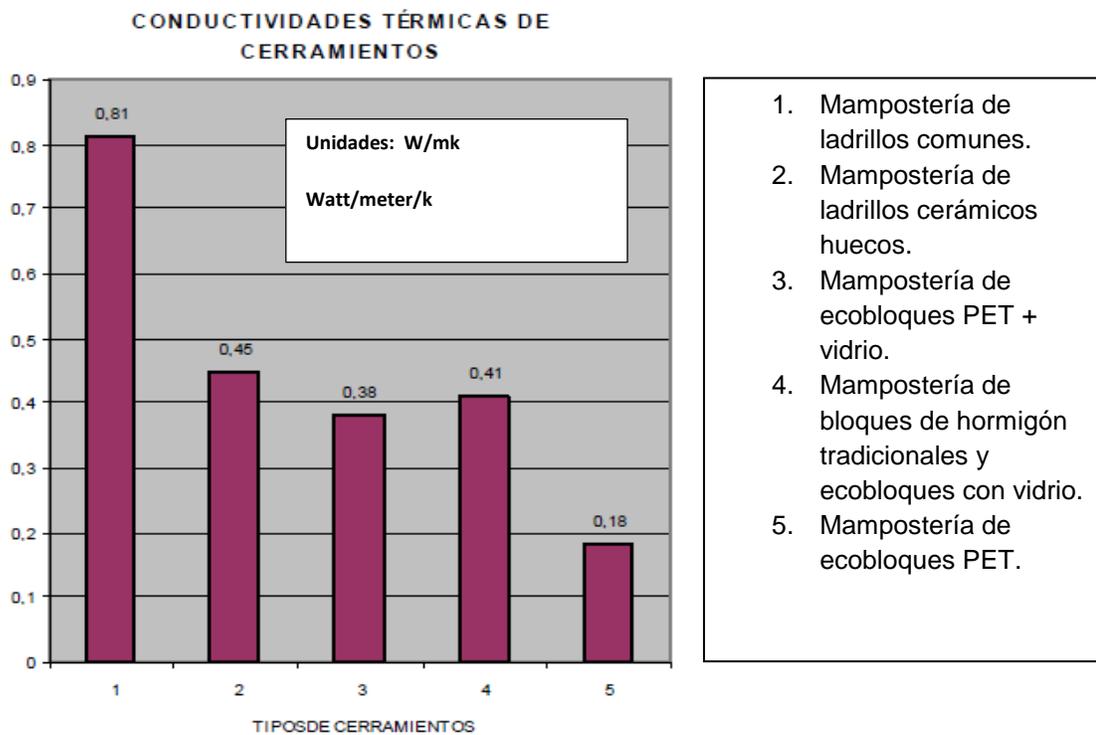
# muestras	Tiempo de incineración (minutos)	Observaciones
1	7	Se logra quemar de manera superficial.
2	7.20	Retracción de las partículas de PET quemadas sin afectar estructura física del bloque, el fuego no se propaga y termina.

Bloque tradicional:

Tabla 4-16: Resultados incineración bloque tradicional

# muestra	Tiempo de incineración (minutos)	Observaciones
1	5	Se logra quemar de manera superficial.
2	7.5	El fuego no se propaga y termina.

Tabla 4-17: Conductividad térmica



Fuente: Norma IRAM 11601 Representante de las Normas ISO

4.1.6 Ensayo de comportamiento a la intemperie

El ensayo según el centro experimental de la vivienda económica en argentina, consiste en dejar a los bloques propuestos como un mínimo de 6 meses bajo la intemperie ante el sol y la lluvia.

En este caso se fabricaron los bloques con anterioridad, por lo que los resultados observados ahora en el mes de enero, fueron que el elemento constructivo no tenía variación de longitudes, ni daño en su integridad física; por lo que se puede concluir que ante la intemperie éstos tienen un excelente comportamiento.



Figura 4-6: Ensayo intemperie

4.1.7 Ensayo de comportamiento al clavado y aserrado

Otra de las pruebas a las que fue sometido el ecobloque fue al clavado y aserrado, la misma que permite examinar al material de manera que resista ante este tipo de influencia exterior.

Para el clavado, simplemente se procedió a implementar clavos de distintas medidas en el elemento y se observó que no se generaba ningún tipo de fisuras en éste; mientras que para el aserrado, mediante la ayuda de una herramienta mecánica, como una amoladora, se procedió a cortar dos especímenes obteniendo muy buenos resultados, ya que éstos permiten crear formas regulares sin destruirse por completo.



Figura 4-7: Ensayo clavado y aserrado

4.1.8 Ensayo de adherencia de revestimientos o mortero

El ecobloque presenta muy buenas características de adherencia, ya que al colocar morteros de distinto tipo en especial el básico de arena cemento, éstos se adhieren sin mayor dificultad al elemento, tal y como lo hicieran en un bloque tradicional.

4.1.9 Ensayo de resistencia a agentes químicos

Para este ensayo se simuló un derrame en laboratorio, haciendo que los bloques entren en contacto con distintos tipos de ácidos, a raíz de lo cual se pudo observar que éstos presentaron una buena resistencia ante estos agentes químicos; las características observadas se describirán a continuación:

1. En cuanto a las características físicas no se observó ningún tipo de variación en particular, el elemento constructivo se conservó en su forma original.

Tabla 4-18: Observación ácidos

Muestra	Reacción (tiempo)	Observaciones
PET	7 min	el ácido reacciona con burbujas notorias
	12 min	partículas de PET retraídas
	15 min	termina la reacción
VIDRIO	7 min	el ácido reacciona con burbujas notorias
	12 min	-
	15 min	termina la reacción

Muestra	Reacción (tiempo)	Observaciones
PET + VIDRIO	7 min	el ácido reacciona con burbujas notorias
	12 min	partículas de PET retraídas
	15 min	al final se observa partículas desechas y vacíos
TRADICIONAL	7 min	el ácido reacciona con burbujas notorias
	12 min	se observan vacíos
	15 min	Termina la reacción y se observan los vacíos únicamente

2. Los bloques también fueron sometidos a la acción de ácidos decorativos, los cuales simplemente reaccionaron en el hormigón dándole una tonalidad característica según el tipo de ácido utilizado; el resultado fue totalmente exitoso y no se presentaron daños en las partículas de PET que se encontraban visibles.



Figura 4-8: Ensayo ácidos

4.2. Análisis comparativo de resultados

En las pruebas técnicas anteriores y sus respectivas observaciones, se notó que el espécimen que más se asemeja al bloque tradicional y que puede cumplir con los estándares y especificaciones requeridos por la norma es el tipo 3 que corresponde al bloque que contiene PET + VIDRIO; por lo que se establecerá a continuación breves cuadros comparativos de sus características ensayadas respecto a lo que se quería lograr.

Dosificación bloque tradicional versus Bloque tipo 3 PET + VIDRIO

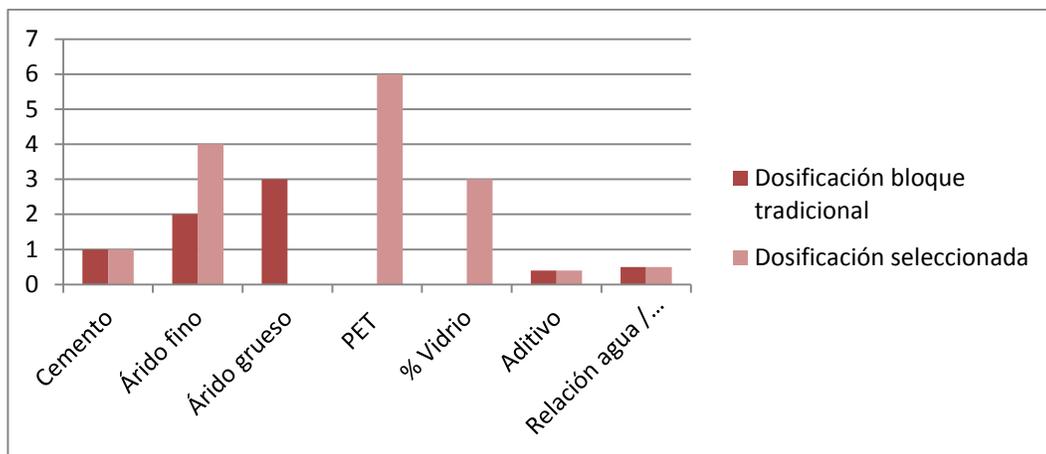


Figura 4-9: Dosificación bloque tradicional versus Bloque tipo 3 PET + VIDRIO

Resistencia a la compresión bloque tradicional versus Bloque tipo 3 PET + VIDRIO

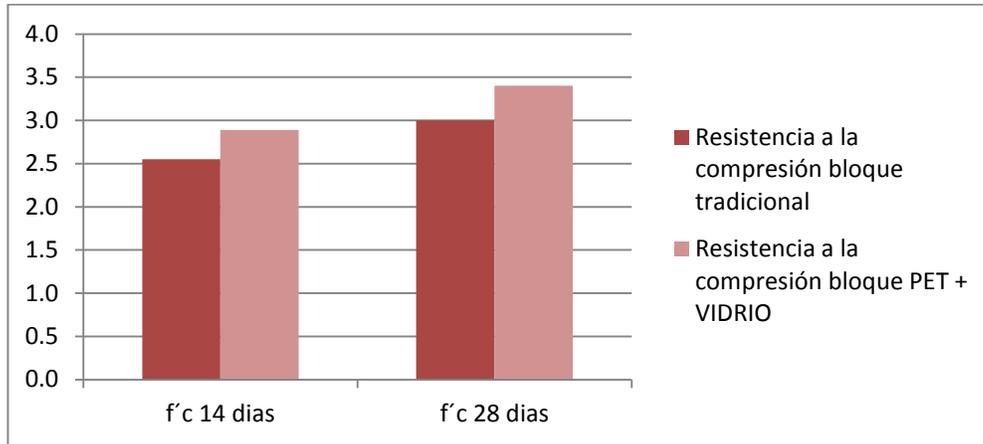


Figura 4-10: Resistencia a la compresión bloque tradicional versus Bloque tipo 3 PET + VIDRIO

Conductividad térmica bloque tradicional versus Bloque tipo 3 PET + VIDRIO

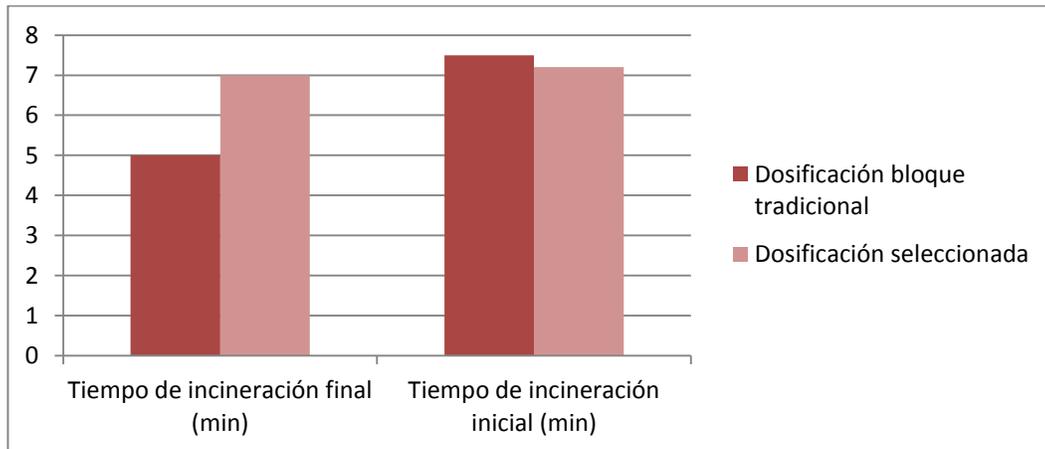


Figura 4-11: Conductividad térmica bloque tradicional versus Bloque tipo 3 PET + VIDRIO

Absorción de agua bloque tradicional versus Bloque tipo 3 PET + VIDRIO

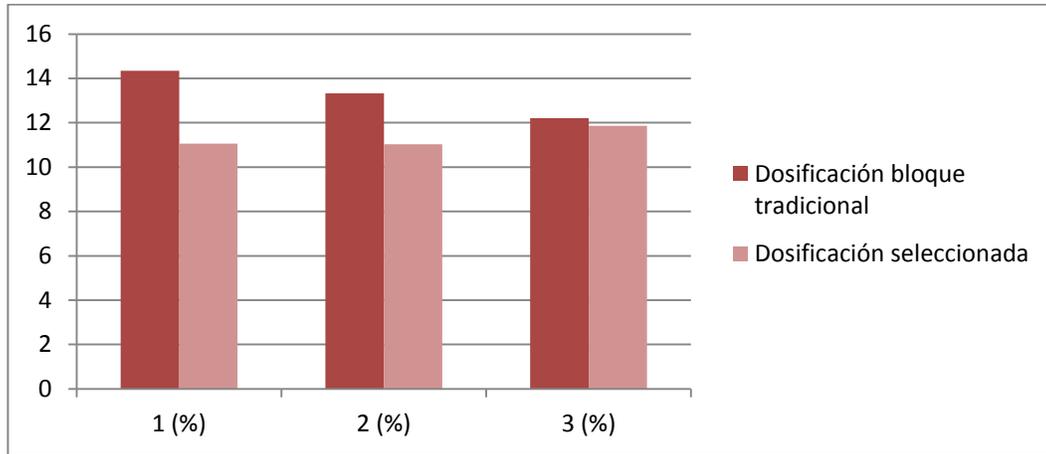


Figura 4-12: Absorción de agua bloque tradicional versus Bloque tipo 3 PET + VIDRIO

Peso específico bloque tradicional versus Bloque tipo 3 PET + VIDRIO

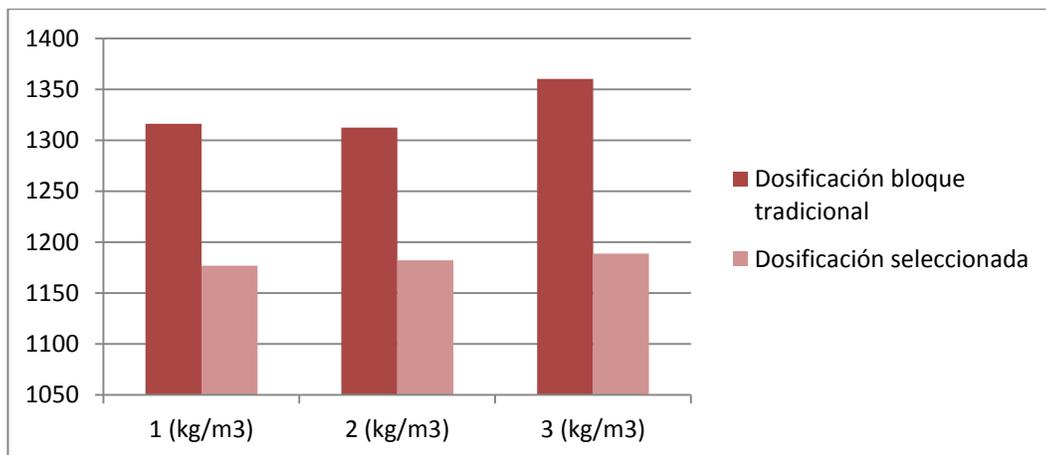


Figura 4-13 Peso específico bloque tradicional versus Bloque tipo 3 PET + VIDRIO

Reacción ácidos bloque tradicional versus Bloque tipo 3 PET + VIDRIO

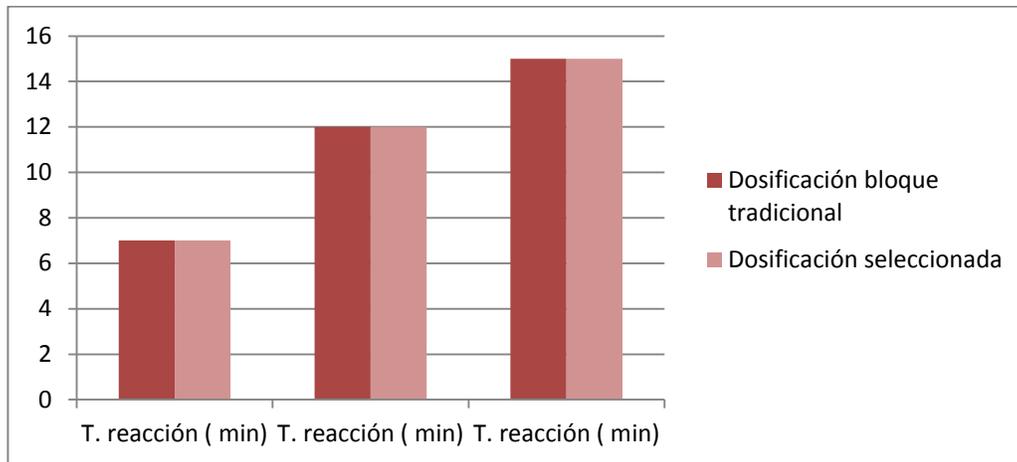


Figura 4-14: Reacción ácidos bloque tradicional versus Bloque tipo 3 PET + VIDRIO

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

5.1. Idea o perfil del proyecto

“DESARROLLO TECNOLÓGICO, INVESTIGATIVO Y EXPERIMENTAL DE ECOBLOQUES DE HORMIGÓN EN BASE A VIDRIO Y POLIETILENO DE TEREFTALATO (PET) RECICLADO, COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE AL BLOQUE TRADICIONAL“

5.1.1. Necesidad del proyecto

Actualmente es muy poco el desarrollo de materiales nuevos, mejores y reciclables dentro de la industria de la construcción; de hecho son contados los profesionales u organizaciones que se encuentran trabajando dentro de este campo investigativo por motivos distintos, que van desde la falta de apoyo institucional hasta la falta de infraestructura y recursos económicos; todo esto sumado a los recientes problemas por la escasez de áridos en el austro y déficit habitacional se está convirtiendo en una bomba que tarde o temprano va a estallar.

5.1.2. Solución

Por esta razón, se ha creado un material fabricado en base a residuos reciclados inorgánicos triturados que actualmente se encuentran disponibles y no se los utiliza, como es el caso del polietileno de tereftalato (PET) y el vidrio, los cuales por lo general terminan dentro de un relleno sanitario o desechados de manera totalmente inapropiada,

pudiendo así alargar su tiempo de vida útil con la alternativa que aquí se propone; se plantea un nuevo concepto en lo que se refiere al diseño y fabricación de bloques usados en la construcción, mediante un ecobloque que brinde características mecánicas, físicas y geométricas similares o mejores que las de un bloque tradicional, cumpliendo con los estándares y normativas NTE INEN; siendo un concepto innovador ya que para su realización se utilizarán estos residuos como sustitutos a los agregados de un bloque tradicional; permitiendo así aportar en el ámbito ecológico, ya que se promueve el concepto del desarrollo sustentable, en el ámbito social, ya que se generarían fuentes de trabajo para la gente de escasos recursos y en el ámbito constructivo, ya que se está aportando con el desarrollo de una alternativa en lo que se refiere a bloques de construcción.

5.1.3. Inversión e ingresos estimados

Para realizar el análisis se debe tener en cuenta los costos de los elementos que intervienen en la fabricación de los ecobloques aquí propuestos.

Se considerará Mano de Obra, Insumos, Maquinaria, Gastos, Activos Fijos.

Algo que vale la pena recordar es que el presente proyecto puede ser aplicado de dos maneras: desde el punto de vista empresarial como un negocio particular, o desde el punto de vista social como un negocio inclusivo que permita mejorar la calidad de vida de ciertos grupos de personas de bajos recursos de la ciudad.

A continuación se presentan dos tablas que indican la inversión aproximada para poder desarrollar el presente proyecto como un negocio real. La opción 1 considera la aplicación de este proyecto para un negocio particular, motivo por el cual se incluye el valor del terreno donde se situará la fábrica de bloques; al contrario, en la segunda opción no se toma en cuenta el costo del terreno, ya que al ser un negocio inclusivo

apoyado por alguna empresa pública, se supone que el mismo será adquirido gratuitamente mediante una donación.

Tabla 5-1: Inversión aproximada opción 1

INVERSION APROXIMADA - OPCIÓN 1	
Descripción	Cantidad
Equipo para fabrica	\$15.000,00
Terreno	\$30.000,00
Herramientas menores	\$2.000,00
Construcción de fabrica	\$2.000,00
Total	\$49.000,00

Tabla 5-2: Inversión aproximada opción 2

INVERSION APROXIMADA - OPCIÓN 2	
Descripción	Cantidad
Equipo para fabrica	\$15.000,00
Terreno	\$0,00
Herramientas menores	\$2.000,00
Construcción de fabrica	\$2.000,00
Total	\$19.000,00

El monto requerido para la opción 1 es de \$49.000,00; monto que considera la adquisición del terreno, equipos como trituradora de PET, molino de bolas para el vidrio, máquina bloquera, mezcladora, herramientas menores y la construcción de una pequeña oficina de obra.

El monto requerido para la opción 2 es de \$19.000,00; monto que considera la adquisición de equipos como trituradora de PET, molino de bolas para el vidrio, máquina bloquera, mezcladora, herramientas menores y la construcción de una pequeña oficina de obra.

De acuerdo a datos del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI, al mes se construyen aproximadamente 30 casas particulares en las provincias del Azuay y Cañar, de igual manera, se estima 200 metros cuadrados de mampostería por vivienda, en base a preguntas realizadas a constructores del medio.

A partir de los datos indicados anteriormente, se calculó la demanda e inversión anual de bloques en Azuay y Cañar; de igual manera se consideró que con la inclusión de este proyecto se abarque el 20% de la demanda total, obteniéndose los siguientes datos:

Tabla 5-3 Datos generales de producción mensual de mampostería

DATOS GENERALES DE PRODUCCION MENSUAL DE MAMPOSTERIA EN AZUAY Y CAÑAR			
Producción mensual de viviendas:	30	Viviendas	(Azuay y Cañar)
Área de mampostería promedio por casa:	200	m ²	
Área de mampostería total mensual:	6000	m ²	(Sin contar edificios)

Fuente: MIDUVI

Tabla 5-4: Dimensiones de los ecobloques propuestos

DIMENSIONES DE LOS ECOBLOQUES PROPUESTOS						
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área lateral (cm²)	Área lateral (m²)	Área lateral+ Mortero (m²)
Tipo 1	40	10	20	800	0,08	0,0924
Tipo 2	40	15	20	800	0,08	0,0924
Tipo 3	40	20	20	800	0,08	0,0924

Para la estimación de la demanda mensual y anual de bloques, se realizará el cálculo tomando en cuenta las medidas de la cara lateral del bloque; es decir, 40 cm de largo y 20 cm de alto; así como también, un espesor de mortero de 2 cm entre bloques. Se fija un valor promedio de los bloques tradicionales en \$0,45 Dólares/Unidad, valor que fue obtenido en base a información de distintas productoras de bloques locales.

Tabla 5-5: Demandas mensuales

Demanda Mensual de Bloques:	64935,06	Unidades
Demanda Anual de Bloques:	779220,78	Unidades
Valor Promedio Bloques Tradicionales:	\$0,45	Dólares/Unidad
Ingresos por Ventas Mensuales de Bloques en el Austro:	\$29.220,78	Dólares
Ingresos por Ventas Anuales de Bloques en el Austro:	\$350.649,35	Dólares

Para la estimación de la demanda mensual y anual de ecobloques en el mercado, se estima un porcentaje de aceptación del 20%; de igual manera se plantea un valor tentativo o propuesto para los tres prototipos igual al valor promedio de los bloques tradicionales, es decir de \$0.45 dólares por unidad; dicho valor será obtenido a detalle en el siguiente capítulo.

Tabla 5-6: Porcentaje de aceptación

Porcentaje de aceptación estimado del Ecobloque en el mercado local:	20	%
Demanda Mensual de Ecobloques:	12987,013	Unidades
Demanda Anual de Ecobloques:	155844,156	Unidades
Valor tentativo o propuesto de los 3 prototipos de Ecobloques:	0,45	Dólares/Unidad
Ingresos Estimados por Ventas Mensuales de Ecobloques:	\$5.844,16	Dólares
Ingresos Estimados por Ventas Anuales de Ecobloques:	\$70.129,87	Dólares

5.1.4. Costos

Los costos que se deberán tomar en cuenta para la ejecución del presente proyecto son: costos de producción, mantenimiento, personal, servicios básicos (agua, luz). Se estima que estos costos representen un 65% del valor de venta de los ecobloques. Estos costos serán analizados a detalle en el siguiente capítulo.

5.1.5. Definición del producto

Ecobloques de hormigón en base a vidrio y polietileno de tereftalato (PET) reciclado.

5.1.6. Descripción del producto

Los ecobloques que se van a desarrollar se componen de cemento, arena, agua y se caracterizan por el uso de plástico PET y vidrio reciclado, lo que los convierte en un material innovador, alternativo y sustentable.

Estos cumplen con los estándares que exige la normativa NTE INEN para bloques TIPO C, TIPO D y Tipo E; es decir bloques que pueden ser usados tanto en paredes divisorias exteriores o interiores con o sin revestimiento, así como también en losas alivianadas de hormigón armado.

De igual manera, los bloques presentan excelentes características como:

- Resistencia a la compresión.
- Buen comportamiento ante el clavado y aserrado.
- Resistencia a agentes químicos.
- Adherencia con morteros.
- Buen porcentaje de absorción de agua.

Así mismo, estos bloques se caracterizan porque su proceso de fabricación es muchísimo menos trabajoso que en los bloques tradicionales, esto se debe a que el plástico PET reciclado una vez que es triturado es sumamente liviano, fácil de cargarlo y mezclarlo; lo que permite aumentar fácilmente el rendimiento en la producción de los mismos.

5.2. Estudio de mercado

5.2.1. Población – Demanda

El presente proyecto se puede aplicar en cualquier lugar del país, en el presente caso se hará el análisis en base a la implementación del proyecto en la ciudad de Cuenca, el producto ofrecido son ecobloques de hormigón en base a polietileno de tereftalato PET y vidrio reciclado como alternativa sustentable al bloque tradicional.

- La demanda anual de bloques en la ciudad es de aproximadamente 780.000 unidades a un costo promedio de \$0.45 dólares/unidad de acuerdo a la información obtenida en esta investigación.
- Se estima 200 metros cuadrados de mampostería por vivienda, en base a preguntas realizadas a constructores del medio.
- Al mes se construyen 30 casas aproximadamente según datos del MIDUVI.

5.2.2. Muestra

Se define como muestra a un grupo de ingenieros civiles de la ciudad que se dedican a la construcción de viviendas para la venta, a fin de saber si los mismos estarían dispuestos a usar en sus construcciones los bloques aquí propuestos.

5.2.3. Oferta

En la ciudad existe un mercado competitivo en lo que se refiere a la fabricación de bloques de hormigón, aunque la participación de uno u otro productor en el mercado está determinada por ciertos factores como la calidad, el precio y el servicio que se oferta al consumidor. No existe un claro dominio en este campo.

Al analizar la oferta actual en el mercado se obtiene la siguiente información:

- Los productores ofertan bloques de distintas dimensiones, pero no los tienen a disposición inmediata sino bajo pedido.
- De acuerdo a visitas realizadas a una serie de bloqueras en la ciudad, se pudo determinar que el servicio que éstas brindan no es de calidad, no existe un servicio de atención al cliente, la negociación se la realiza prácticamente de manera verbal.
- No existe un proceso definido para la fabricación de bloques, en algunas bloqueras la fabricación es manual, mientras que las otras se utiliza maquinaria especializada para el efecto.

5.2.4. Fuentes de información

Para saber si el producto tendrá o no salida en el mercado local, se decidió hacer una recopilación de información directamente de las fuentes primarias, es decir, obtener información del propio usuario o consumidor del producto que en este caso vendrían a ser constructores de viviendas o conjuntos residenciales de la ciudad. Se usó el método de acercamiento y entrevistas personales con el usuario mediante la ayuda de un cuestionario. (Urbina, 2001).

La encuesta o formulario realizado fue el siguiente:

**DESARROLLO TECNOLÓGICO, INVESTIGATIVO Y EXPERIMENTAL DE
ECO BLOQUES DE HORMIGÓN EN BASE A VIDRIO Y POLIETILENO DE
TEREFTALATO (PET) RECICLADO, COMO ALTERNATIVA
SUSTENTABLE AL BLOQUE TRADICIONAL**

Eco bloques de hormigón en base a PET Y Vidrio

(Nº Encuesta).....

Nombre de la persona:

Correo electrónico:

1. Utilizaría usted como constructor bloques con agregados de PET y vidrio

- Si
- No

Si su respuesta es no, justifique la razón:

2. En general, ¿qué tan dispuesto estaría a cambiar este producto por el bloque convencional?

- Bastante
- Algo
- Poco
- Nada

3. Desde su punto de vista ¿Cómo califica la utilización de eco bloques para la construcción de paredes en una Vivienda?

- Muy buena
- Buena
- Regular
- Mala

- Muy mala

4. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por este material?

- Igual que el bloque convencional
- Menos que el bloque convencional
- Más que el bloque convencional

5. A la hora de comprar un bloque ¿cuáles son los acabados que usted busca?

- Básico
- Plano
- Con textura

6. ¿Cuáles son las características más importantes que debe tener un panel de yeso?

- Precio
- Peso
- Durabilidad
- Resistencia a la humedad
- Resistencia al fuego
- Fácil instalación
- Variedad de colores y diseños

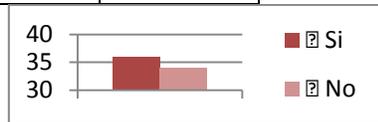
7. ¿Cómo le gustaría adquirir el producto?

- Mediante un agente vendedor servicio a domicilio
- Acercándose directamente a la empresa
- Sucursales de la empresa

RESULTADOS DE LA ENCUESTA:

- PREGUNTA 1

<input type="checkbox"/> Si	36
<input type="checkbox"/> No	34



Si su respuesta es no, justifique la razón:	
difícil aceptación de cliente	20
desconocimiento de material	14

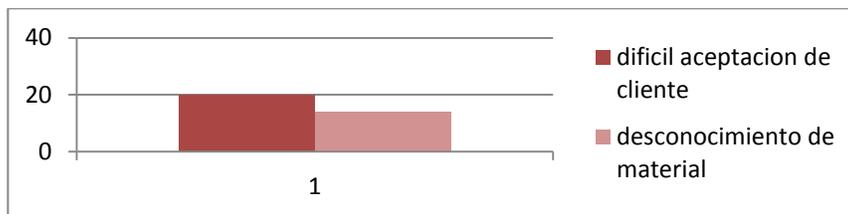


Figura 5-1: Resultados pregunta 1

- PREGUNTA 2

Bastante	20
Algo	16
Poco	19
Nada	15

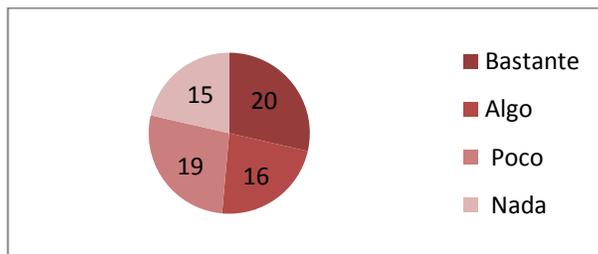


Figura 5-2: Resultados pregunta 2

- **PREGUNTA 3**

Muy buena	17
Buena	17
Regular	10
Mala	16
Muy mala	10

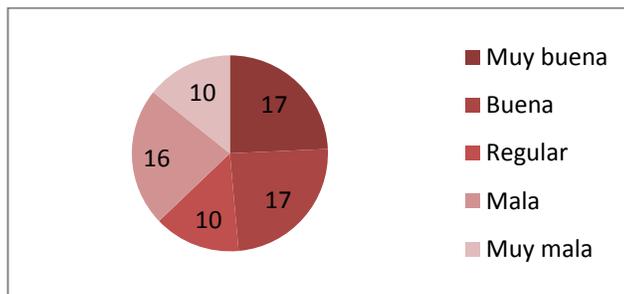


Figura 5-3: Resultados pregunta 3

- **PREGUNTA 4**

Igual que el bloque convencional	40
Menos que el bloque convencional	25
Más que el bloque convencional	5

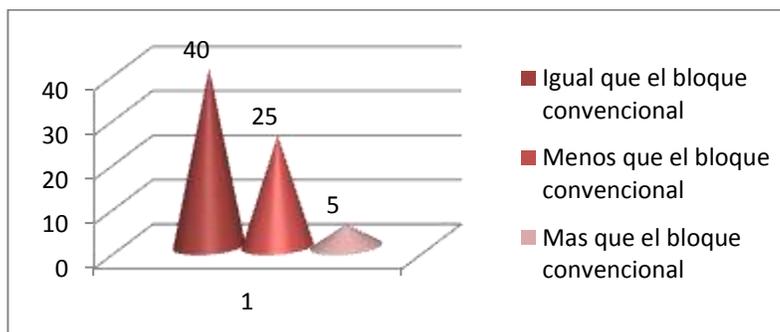


Figura 5-4: Resultados pregunta 4

- **PREGUNTA 5**

Básico	40
Plano	10
Con textura	20

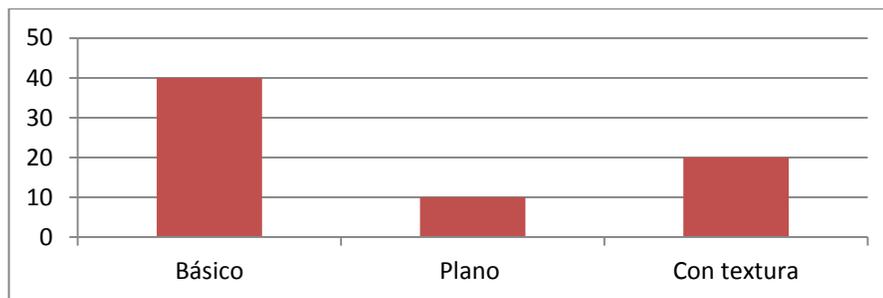


Figura 5-5: Resultados pregunta 5

- **PREGUNTA 6**

Precio	35
Peso	0
Durabilidad	30
Resistencia a la humedad	0
Resistencia al fuego	0
Fácil instalación	0
Variedad de colores y diseños	5

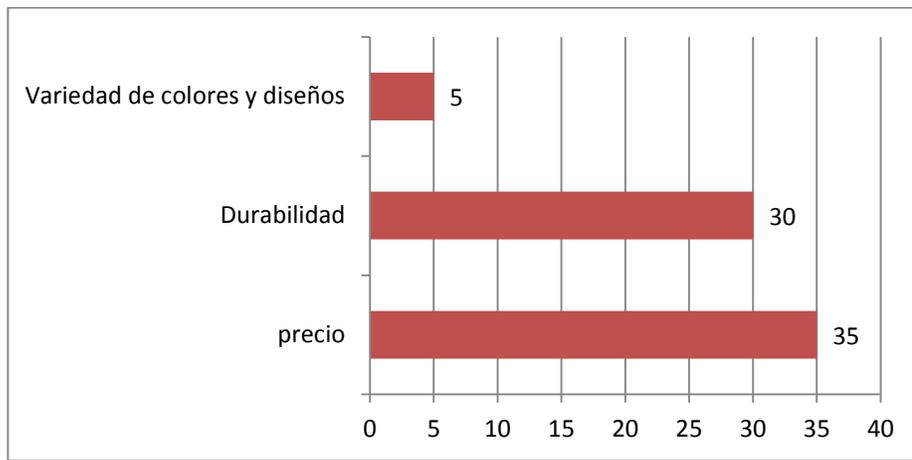


Figura 5-6: Resultados pregunta 6

- **PREGUNTA 7**

Mediante un agente vendedor servicio a domicilio	20
Acercándose directamente a la empresa	30
Sucursales de la empresa	20

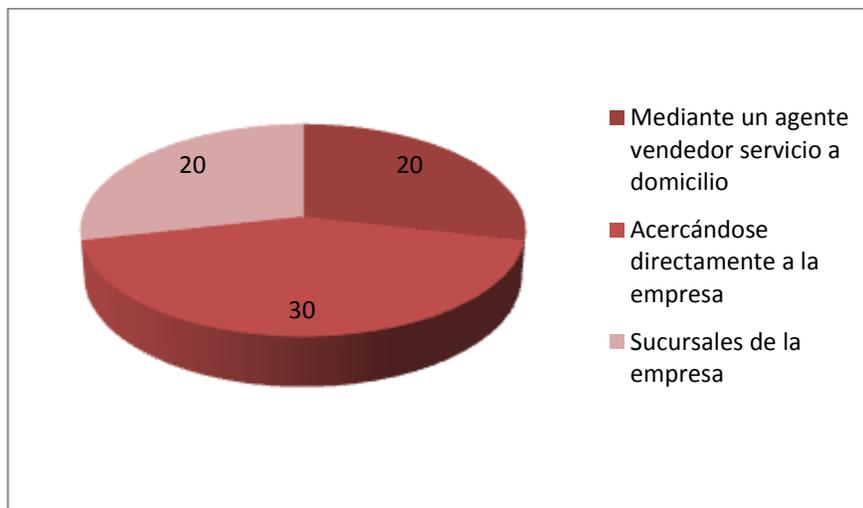


Figura 5-7: Resultados pregunta 7

5.2.5. Conclusiones del estudio de mercado

Los resultados de la encuesta indican que uno de los factores predominantes para decidir la utilización o no de los bloques aquí propuestos por parte de los constructores, es el costo. Esto se puede definir como un problema de carácter general, ya que se está construyendo en base a costos y mas no en base a calidad.

Existe cierto número de constructores que ven a la presente iniciativa de manera positiva; e inclusive, han indicado que si el producto garantiza que su funcionamiento y sus propiedades son las mismas que las de un bloque normal, éstos estarían totalmente dispuestos a usarlos en sus construcciones.

El costo promedio de un bloque en el mercado es de \$0.45 dólares, este varía según el productor en unos cuantos centavos más o menos; por este motivo se requiere que el costo de los bloques propuestos se encuentre alrededor de dicha cantidad.

El servicio de venta y atención al cliente en la mayoría de bloqueras que fueron visitadas en la presente investigación es claramente de pésima calidad, la negociación como ya se dijo es prácticamente de manera verbal, no existe ningún tipo de asesoría, e inclusive el trato que se le brinda al cliente no se da de manera adecuada. Esto es algo que fácilmente se puede mejorar en la bloquera que se quiere implementar y que tiene una incidencia sumamente alta a la hora de mantener y conseguir nuevos clientes.

5.3. Estudio técnico

5.3.1. Objetivos

- Determinar el tamaño óptimo de la planta. (Urbina, 2001)
- Verificar la posibilidad técnica de fabricar el producto. (Urbina, 2001)
- Definir el tipo de maquinaria a ser utilizada. (Urbina, 2001)
- Verificar que las instalaciones sean adecuadas. (Urbina, 2001)
- Organizar correctamente la producción de nuestro producto. (Urbina, 2001)

5.3.2. Tamaño y localización

Según lo observado en las bloqueras locales, se tiene que el área de terreno requerida para una bloquera es de al menos 500 m². Se han analizado diferentes sectores de la ciudad en los que se puede implantar la planta productora, pero los costos del terreno derivan al proyecto a ciertas zonas alejadas del centro de la urbe, en los que el costo del terreno por metro cuadrado es relativamente bajo.

Los sectores analizados fueron la parroquia Santa Ana, así como también los sectores ubicados por Monay – Baguanchi, en estos lugares el costo por metro cuadrado del terreno es bajo puesto que en algunas zonas existe la presencia de suelo expansivo que hace imposible la construcción de edificaciones, pero que para el fin del presente proyecto funciona excelentemente bien.

Finalmente para esta propuesta se supone la adquisición de un terreno en el sector de la vía Monay – Baguanchi, cerca de las zonas donde se produjo la destrucción de algunas viviendas hace algunos años por la presencia de fallas en el suelo.

El costo del terreno por metro cuadrado en dicha zona se estima en 50 dólares/metro cuadrado, motivo por el cual con el presupuesto de \$30.000 dólares que se planteó al inicio se estaría adquiriendo un terreno de aproximadamente 600 metros cuadrados.

Como ya se dijo en un inicio, la adquisición del terreno se dará siempre y cuando el proyecto vaya a ser aplicado como un negocio particular, caso contrario se prevé que el terreno no tenga costo y provenga de una donación por parte de una entidad pública como el Municipio o la EMAC.



Figura 5-8: Fotografía de la zona de implantación de la fábrica
Fuente: Google Earth



Figura 5-9: Fotografía de la zona de implantación de la fábrica
Fuente: Google Earth



Figura 5-10: Fotografía de la zona de implantación de la fábrica

Fuente: Google Earth

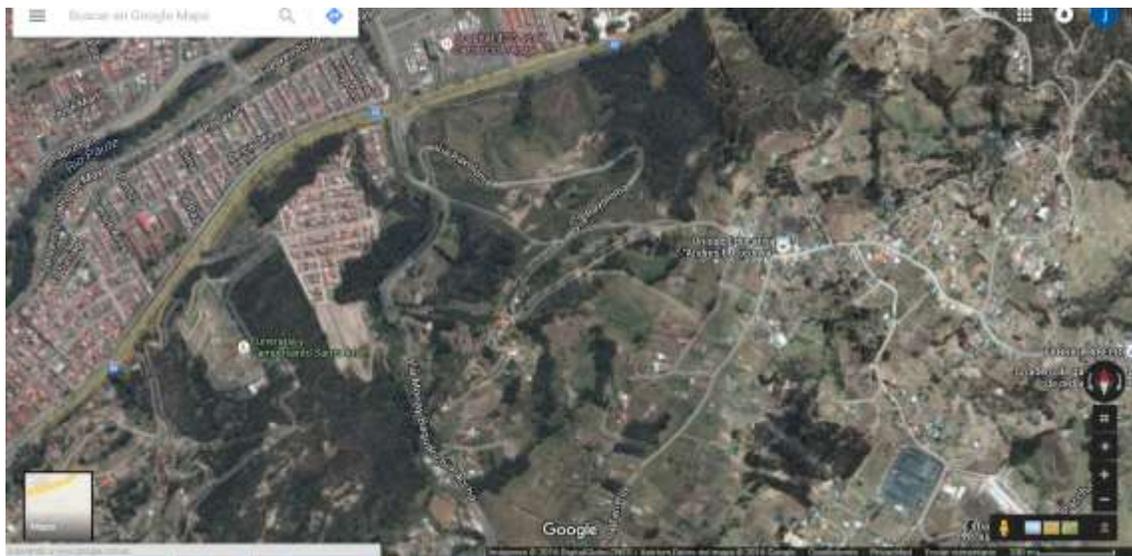


Figura 5-11: Fotografía de la zona de implantación de la fábrica

Fuente: Google Earth

- La zona de emplazamiento de la planta cuenta con vías de acceso.
- La distancia a la ciudad de Cuenca es relativamente corta.
- Existe líneas de transporte público para el transporte del personal.
- La zona cuenta con servicios básicos como agua, electricidad, etc.
- No se requiere de tantos permisos de funcionamiento como se requeriría en la ciudad de Cuenca.

La distribución del área del terreno se dispone de la siguiente manera:

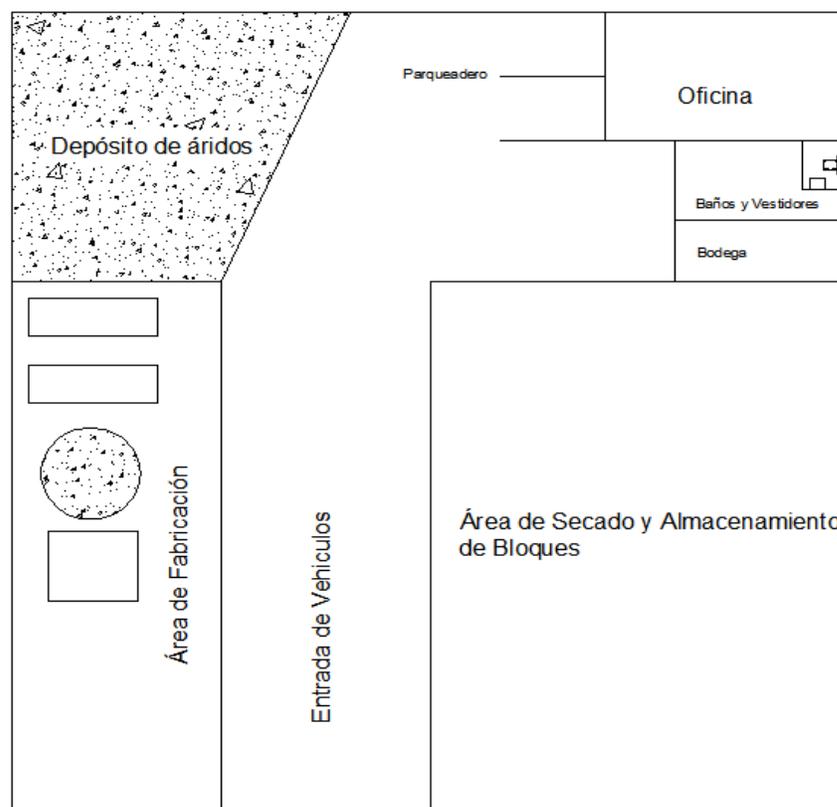


Figura 5-12: Plano de distribución de planta

Como se puede observar en la imagen anterior la planta cuenta con:

- Área de fabricación.
- Deposito de áridos.
- Entrada de vehículos.
- Parqueadero.
- Vagos y vestidores.
- Área de secado y almacenamiento de bloques.
- Bodega de herramientas menores.
- Oficina.

El área de oficina es lo único que se tiene que construir, cuya mampostería será fabricada con los bloques realizados en planta; el presupuesto de \$2.000 dólares va dirigido a una simple cubierta de zinc tanto para la oficina como para el área de fabricación, baños y vestidores.

Tamaño del proyecto

El tamaño del proyecto está en función de la capacidad instalada en la planta y se expresa en unidades por año.

- Se estima alcanzar al menos un 20% de la demanda total de bloques.
- El estimado de la demanda mensual de ecobloques es de 13000 unidades.
- El estimado de la demanda anual de ecobloques es de 156000 unidades.

De igual manera para definir el tamaño del proyecto se deberá establecer el proceso de producción que se va a realizar en planta como se indica a continuación:

1. La planta deberá abastecerse de las materias primas para la producción del bloque, que en este caso son: cemento en sacos, árido fino, árido grueso.
2. La planta deberá abastecerse también del polietileno de tereftalato PET reciclado, el mismo que será abastecido por parte de los clubes de recicladores de la ciudad.
3. El abastecimiento del vidrio se lo hará de igual manera con ayuda de los clubes de recicladores de la ciudad, aunque también se lo adquirirá de forma directa y gratuita en los distintos centros de producción de vidrio como lo es la empresa INCOA, entre otras.
4. Se da el proceso de trituración del PET en el molino triturador hasta obtener un tamaño de partícula adecuado.
5. El vidrio es ingresado al molino de bolas, en el cual es triturado y molido hasta obtener el tamaño requerido en la dosificación.
6. Las materias primas anteriormente mencionadas deberán ser dispuestas en una zona de almacenaje, teniendo especial cuidado con el manejo del cemento para evitar su fraguado por absorción de humedad.
7. Para empezar el proceso de fabricación se deberá trasladar los áridos, el vidrio, el PET y el cemento a la máquina mezcladora en donde junto con el agua formarán la pasta de hormigón.
8. La pasta es trasladada de manera manual a la máquina moldeadora de bloques, en la cual mediante un proceso de vibrado y compactado se le da su forma característica al bloque.
9. Los bloques son retirados de la máquina y trasladados a una zona o canchón para su respectivo secado y proceso de fraguado.

10. Pasados los 7 días los bloques son almacenados uno encima del otro para ahorrar espacio y tenerlos listos para su distribución.

En base a la demanda anual de ecobloques y al proceso de producción, se estima el equipo requerido, las herramientas y el personal como se indica a continuación:

- **Molino de esferas**

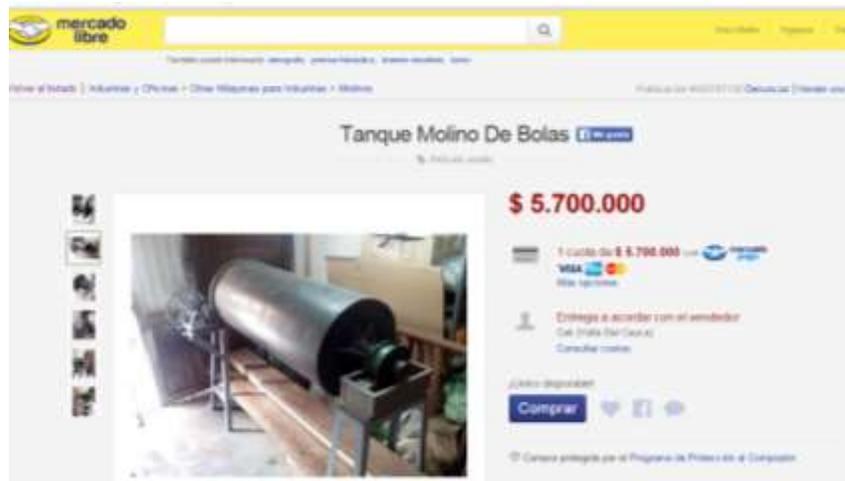




Figura 5-13: Imágenes molino de esferas
Fuente: Mercado Libre

Tabla 5-7: Tabla de molino de esferas

Tanque Molino de Bolas		
Dimensiones:		
Largo	1,47	M
Diámetro	0,7	M
Espesor de lámina coll roll 12 mm		
Rendimiento o		
Capacidad:	500 kg/h	
Estructura metálica totalmente atornillable con una altura de 1.19 metros de alto		
Motor:		
Caja de transmisión con rotación 2 a		
1.	10HP	
12 revoluciones del volante por 1 del tanque.		
50 revoluciones / minuto aproximadamente.		
Cajas metálicas con chumaceras ,rodillos y guías de rodamiento.		
Polea adicional, tornillería y 2 tapas de seguridad adicionales		
Precio:	\$1.700,00	

Fuente: Mercado Libre

- **Bloquera y Mezcladora**



Bloquera y mezcladora

Publicado 22 Feb Quito, Pichincha



\$7.000
Negociable

marco velarde
En OLX desde Febrero 2013

📞 0998929643

Cuando llames, indica que viste el anuncio en OLX

Nombre

Mensaje

inmocasagrande3@hotmail.com

Tu número de teléfono (opcional)

Enviar mensaje

Pulsando en "Enviar e-mail" aceptas nuestros Términos de uso.

Detalles del anuncio

De oportunidad vendo fabrica de bloques en latacunga, batidora de un quintal, maquina de 4 bloques x15 cm. Y maquina de 9 bloques x10, cada maquina cuenta con 200 tableros. La batidora cuenta con motor toyota 2.2. Consultas al celular, 0959008950

Figura 5-14: Imágenes bloquera y mezcladora
Fuente: Mercado Libre

Tabla 5-8: Tabla de molino de esferas

Bloquera y Mezcladora			
Capacidad:		1	quintal
No. De bloques por tanda espesor 10cm :		9	
No. De bloques por tanda espesor 15cm :		6	
No. De bloques por tanda espesor 20cm :		4	
Espesor posible de bloque:		10	Cm
		15	Cm
		20	Cm
No. De tableros incluidos en maquina:		200	unidades
Motor:			
Cilindraje:	2200	cc	
Potencia:	80	HP	
Marca:	Toyota		
Precio:	\$7.000,00		

- Molino Triturador de PET



Figura 5-15: Imágenes trituradora
Fuente: Mercado Libre

Tabla 5-9: tabla de trituradora

Trituradora PET			
Dimensiones:	Largo	122	cm
	Ancho	84	cm
	Alto	129	cm
Origen:	China		
Dimensión cámara de trituración:	Largo	38	cm
	Ancho	24	cm
Capacidad de trituración:		300	kg/h
Cortadores rotativos			
Potencia :		10	HP
Peso neto:		515	kg
Motor con protección de sobrecarga		10	HP
Fácil desmontaje y limpieza			
Materiales triturados:		PET	
		LDPE	
		HDPE	
		PVC	
		Caucho	
		Nylon	
		Fibra de coco, fibra de yute	
		Cuero	
Precio:	\$3.000,00		

Inicialmente se planteó un capital de \$15.000 dólares para la inversión en maquinaria, pero de acuerdo a la siguiente tabla se puede observar que el monto requerido es de \$11.700 dólares; la diferencia de \$3.300 dólares se guardará para invertir en gastos de instalación, transporte y posibles imprevistos.

Tabla 5-10: tabla de inversión

Tanque Molino de Bolas:	\$1.700,00
Bloquera y Mezcladora:	\$7.000,00
Trituradora PET:	\$3.000,00
Total Inversión Maquinaria:	\$11.700,00

Herramientas

Las herramientas que se requieren son herramientas menores como carretillas, palas, etc. Se estima una inversión de al menos \$2000 dólares, técnicamente no hay problema con la adquisición de las mismas.

Personal

Para un correcto funcionamiento de la planta se deberá contar con el siguiente personal:

- Tres operarios básicos que sepan el principio de mezclado y moldeo del hormigón para bloques.
- Una persona encargada de ventas y suministro de materias primas.
- Dos personas encargadas de trasladar los bloques a las zonas de secado y almacenaje.

En caso de que se quiera implantar el presente proyecto como un negocio inclusivo, se deberá realizar una capacitación a las personas beneficiarias del mismo para que éstas ocupen los cargos mencionados anteriormente de la mejor manera dentro de la empresa.

Producto final

El producto final obtenido luego de todo el proceso son ecobloques que se caracterizan por la presencia de polietileno de tereftalato PET y vidrio reciclado en su composición; las dimensiones de los bloques obtenidos son las siguientes:

Tabla 5-11: Tipos de eco bloques obtenidos

TIPOS DE ECOBLOQUES OBTENIDOS			
	DIMENSIONES		
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
BLOQUE TIPO 1 PET	40	10,15,20	20
BLOQUE TIPO 2 VIDRIO	40	10,15,20	20
BLOQUE TIPO 3 PET + VIDRIO	40	10,15,20	20

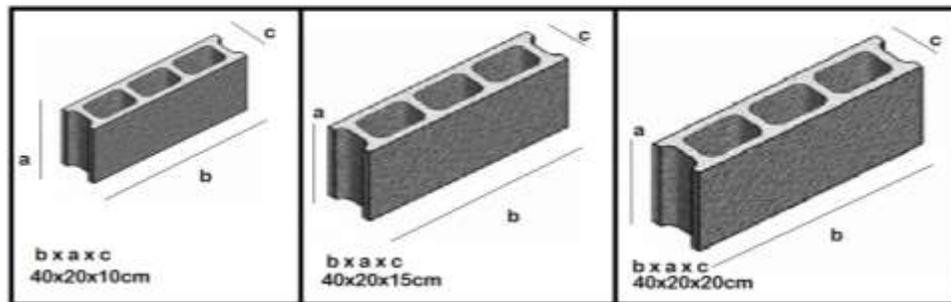


Figura 5-16: Tipos de eco bloques obtenidos

5.3.3. Usos de los ecobloques:

- Paredes divisorias exteriores con o sin revestimiento.
- Paredes divisorias interiores con o sin revestimiento.
- Losas alivianadas de hormigón armado.

De igual manera, los bloques presentan excelentes características como:

- Resistencia a la compresión mínima de 3 MPa o 30 kg/cm².
- Buen comportamiento ante el clavado y aserrado.
- Resistencia a agentes químicos.
- Adherencia con morteros.
- Buen porcentaje de absorción de agua.
- Buen comportamiento ante la intemperie.
- Permiten alto rendimiento durante la producción de los mismos.

5.3.4. Conclusiones del estudio técnico

La investigación en base a la recolección de información, tanto de fuentes primarias como secundarias, nos ha permitido realizar el estudio técnico, demostrando que existe la tecnología y es factible fabricar los ecobloques propuestos. El proceso técnico de fabricación de los bloques es sumamente sencillo y no requiere de mano de obra especializada, además existe total disponibilidad del área para la construcción de la fábrica, así como una total disposición de la gente de bajos recursos beneficiaria del proyecto para participar en el mismo, en el caso de que éste sea aplicado como un proyecto inclusivo.

Si se quiere aplicar el proyecto de manera privada como un negocio particular tan sólo existe un aumento de la inversión inicial, el resto de costos, rubros y especificaciones técnicas siguen siendo las mismas.

CAPÍTULO 6

COSTOS

En el presente capítulo se realizará un análisis comparativo entre el presupuesto requerido para la fabricación de un bloque tradicional vs el presupuesto requerido para la fabricación de los tres prototipos de ecobloques; se considerarán parámetros de comercialización reales y pertenecientes al austro ecuatoriano.

6.1. Presupuesto

A continuación se desarrollará el presupuesto requerido para cada uno de los tipos de bloques mediante el uso de tablas que consideran aspectos como son el costo horario, el rendimiento, entre otros.

6.1.1. Presupuesto bloque convencional

Rubro: Fabricación de bloque tipo convencionalBloque convencional medida estándar 40x20x10 centímetros**Dosificación:** 1:2:3**Unidad:** bloqueTabla 6-1: Análisis de
costo bloque
convencional**Equipo**

Descripción:	Cantidad C	Costo T	Costo Horario CxT	Rendimiento R	Costo Ch/R
<i>Herramientas menores (5% de mano de obra)</i>	1	\$0,20	\$0,20	90	\$0,002
<i>Equipo moldeador</i>	1	\$0,20	\$0,20	90	\$0,002
<i>Equipo mezclador</i>	1	\$0,20	\$0,20	90	\$0,002
				Subtotal:	\$0,007

Mano de Obra

Descripción:	Cantidad C	Costo Unitario T	Costo Horario CxT	Rendimiento R	Costo Ch/R
<i>Albañil</i>	3	\$1,25	\$3,75	90	\$0,042
<i>Guardia</i>	1	\$0,42	\$0,42	90	\$0,005
				Subtotal:	\$0,046

Materiales

Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
<i>Cemento</i>	kg	34,50	\$0,23	\$7,94	
<i>Árido fino</i>	kg	196,00	\$0,010	\$1,96	
<i>Árido grueso</i>	kg	294,00	\$0,010	\$2,94	
<i>Agua</i>	l	40,00	\$0,0003	\$0,01	
				Subtotal:	\$12,85

Total costo directo	\$12,85	
Otros indirectos	\$0,40	Agua, luz, etc.
Costo total del rubro	\$13,25	
Valor ofertado	\$13,25	

Rendimiento	90	<i>bloques/hora</i>
Precio de elaboración	\$0,15	
<i><u>PVP bloques tradicionales</u></i>	<i><u>\$0,45</u></i>	
Utilidad	\$0,30	

6.1.2. Presupuesto bloque PET

Rubro: Fabricación de bloque tipo PET

Bloque PET medida estándar 40x20x10 centímetros

Dosificación: 1:4:6**Unidad:** bloqueTabla 6-2: Análisis
de costo bloque PET**Equipo**

Descripción:	Cantidad C	Costo T	Costo Horario CxT	Rendimiento R	Costo Ch/R
<i>Herramientas menores (5% de mano de obra)</i>	1	\$0,20	\$0,20	130	\$0,002
<i>Equipo moldeador</i>	1	\$0,20	\$0,20	130	\$0,002
<i>Equipo mezclador</i>	1	\$0,20	\$0,20	130	\$0,002
				Subtotal:	\$0,005

Mano de Obra

Descripción:	Cantidad C	Costo Unitario T	Costo Horario CxT	Rendimiento R	Costo Ch/R
<i>Albañil</i>	3	\$1,25	\$3,75	130	\$0,029
<i>Guardia</i>	1	\$0,42	\$0,42	130	\$0,003
				Subtotal:	\$0,032

Materiales

Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
<i>Cemento</i>	kg	34,50	\$0,230	\$7,94	
<i>Árido fino</i>	kg	392,00	\$0,010	\$3,92	
<i>Árido grueso</i>	kg	0,00	\$0,010	\$0,00	
<i>PET</i>	kg	588,00	\$0,050	\$29,40	
<i>Agua</i>	l	40,00	\$0,0003	\$0,01	
				Subtotal:	\$41,27

Total costo directo	\$41,27	
Otros indirectos	\$0,40	Agua, luz, etc.
Costo total del rubro	\$41,67	
Valor ofertado	\$41,67	

Rendimiento	130	<i>bloques/hora</i>
Precio de elaboración	\$0,32	
PVP bloques tradicionales	\$0,45	
Utilidad	\$0,13	

6.1.3. Presupuesto bloque vidrio

Rubro: Fabricación de bloque tipo vidrioBloque Vidrio medida estándar 40x20x10 centímetros**Dosificación:** 1:2:3 30% del árido fino es vidrio**Unidad:** bloque

Tabla 6-3: Análisis de costo

bloque vidrio

Equipo

Descripción:	Cantidad C	Costo T	Costo Horario CxT	Rendimiento R	Costo Ch/R
<i>Herramientas menores (5% de mano de obra)</i>	1	\$0,20	\$0,20	100	\$0,002
<i>Equipo moldeador</i>	1	\$0,20	\$0,20	100	\$0,002
<i>Equipo mezclador</i>	1	\$0,20	\$0,20	100	\$0,002
				Subtotal:	\$0,006

Mano de Obra

Descripción:	Cantidad C	Costo Unitario T	Costo Horario CxT	Rendimiento R	Costo Ch/R
<i>Albañil</i>	3	\$1,25	\$3,75	100	\$0,038
<i>Guardia</i>	1	\$0,42	\$0,42	100	\$0,004
				Subtotal:	\$0,042

Materiales

Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
<i>Cemento</i>	kg	34,50	\$0,230	\$7,94	
<i>Árido fino</i>	kg	137,20	\$0,010	\$1,37	
<i>Árido grueso</i>	kg	294,00	\$0,010	\$2,94	
<i>Vidrio</i>	kg	58,80	\$0,030	\$1,76	
<i>Agua</i>	l	40,00	\$0,0003	\$0,01	
				Subtotal:	\$14,02

Total costo directo	\$14,02	
Otros indirectos	\$0,40	Agua, luz, etc.
Costo total del rubro	\$14,42	
Valor ofertado	\$14,42	

Rendimiento	100	<i>bloques/hora</i>
Precio de elaboración	\$0,14	
PVP bloques tradicionales	\$0,45	
Utilidad	\$0,31	

6.1.4. Presupuesto bloque PET más vidrio

Rubro: Fabricación de bloque tipo PET y Vidrio

Bloque PET mas vidrio medida estándar 40x20x10 centímetros

Dosificación: 1:4:6 30% del árido fino es vidrio**Unidad:** bloqueTabla 6-4: Análisis de
costo bloque PET y vidrio**Equipo**

Descripción:	Cantidad C	Costo T	Costo Horario CxT	Rendimiento R	Costo Ch/R
<i>Herramientas menores (5% de mano de obra)</i>	1	\$0,20	\$0,20	130	\$0,002
<i>Equipo moldeador</i>	1	\$0,20	\$0,20	130	\$0,002
<i>Equipo mezclador</i>	1	\$0,20	\$0,20	130	\$0,002
				Subtotal:	\$0,005

Mano de Obra

Descripción:	Cantidad C	Costo Unitario T	Costo Horario CxT	Rendimiento R	Costo Ch/R
<i>Albañil</i>	3	\$1,25	\$3,75	130	\$0,029
<i>Guardia</i>	1	\$0,42	\$0,42	130	\$0,003
				Subtotal:	\$0,032

Materiales

Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
<i>Cemento</i>	kg	34,50	\$0,23	\$7,94	
<i>Árido fino</i>	kg	392,00	\$0,01	\$3,92	
<i>Árido grueso</i>	kg	0,00	\$0,01	\$0,00	
<i>Vidrio</i>	kg	117,60	\$0,03	\$3,53	
<i>PET</i>	kg	588,00	\$0,05	\$29,40	
<i>Agua</i>	l	40,00	\$0,00	\$0,01	
				Subtotal:	\$44,80

Total costo directo	\$44,80	
Otros indirectos	\$0,40	Agua, luz, etc.
Costo total del rubro	\$45,20	
Valor ofertado	\$45,20	

Rendimiento	130	<i>bloques/hora</i>
Precio de elaboración	\$0,35	
PVP bloques tradicionales	\$0,45	
Utilidad	\$0,10	

6.2. Análisis comparativo de costos

6.2.1. Comparación de costos de producción

Como se observa en las tablas a continuación, los costos de producción varían de acuerdo al tipo de bloque fabricado. La compra de materia prima PET y su proceso de triturado representan un valor sumamente alto en la fabricación de los bloques; por este motivo el costo de producción de los prototipos de PET y los de PET + vidrio, es mayor.

Los costos indicados a continuación incluyen la mano de obra, materiales, equipos y costos indirectos como el agua y luz.

Tabla 6-5: Tabla de resumen de costos

Tabla de resumen de costos de producción	
Bloque Tradicional	\$ 0,15
Bloque PET	\$ 0,32
Bloque Vidrio	\$ 0,14
Bloque PET + Vidrio	\$ 0,35

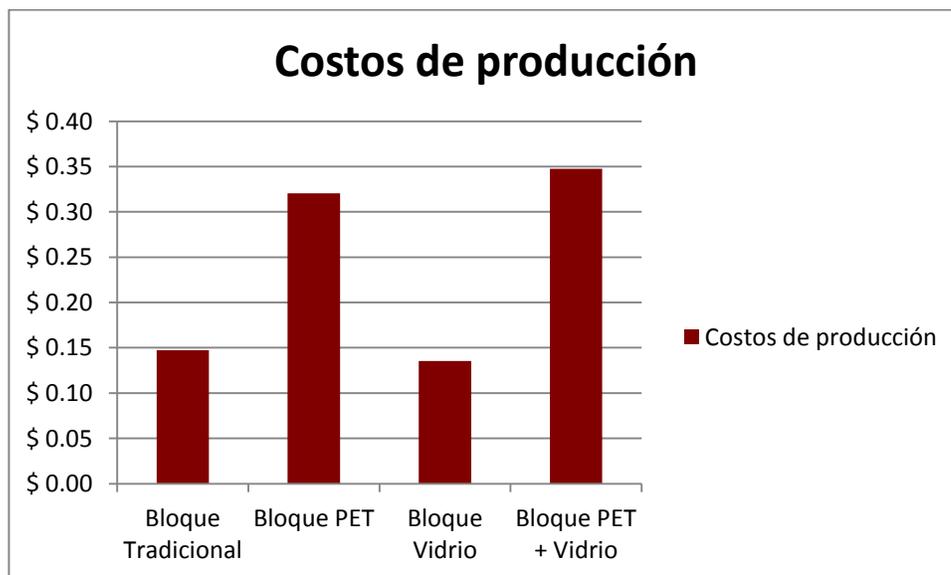


Figura 6-1: Costos de producción

Luego del análisis realizado se puede observar que respecto al bloque tradicional, el único prototipo que minora el costo de producción es el que usa vidrio, ya que el vidrio usado en la fabricación se lo obtiene de manera gratuita como ya se indicó en capítulos anteriores, e igualmente su costo de molido en planta no es muy representativo; logrando así abaratar el costo de producción en un centavo.

6.2.2. Comparación de precios de venta al público PVP

Se supone que los tres prototipos de ecobloques serán vendidos al mismo precio que un bloque tradicional, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de factibilidad desarrollado en el capítulo 5, se obtuvo como conclusión que el producto tendría salida siempre y cuando el precio sea el mismo o menor al del bloque tradicional.

Tabla 6-6: Comparación de precios de venta al público PVP

Tabla de resumen de precios de venta al público PVP	
Bloque Tradicional	\$ 0,45
Bloque PET	\$ 0,45
Bloque Vidrio	\$ 0,45
Bloque PET + Vidrio	\$ 0,45

6.2.3. Comparación de rendimientos

El rendimiento aumenta notablemente al trabajar tanto con el plástico PET molido como con el vidrio triturado, puesto que en obra es más fácil cargar y trasladar estos tipos de materiales alternativos que los materiales tradicionales como son la arena y grava.

Tabla 6-7: Comparación de rendimientos

Tabla de resumen de rendimientos horarios	
Bloque Tradicional	90,00
Bloque PET	130,00
Bloque Vidrio	100,00
Bloque PET + Vidrio	130,00

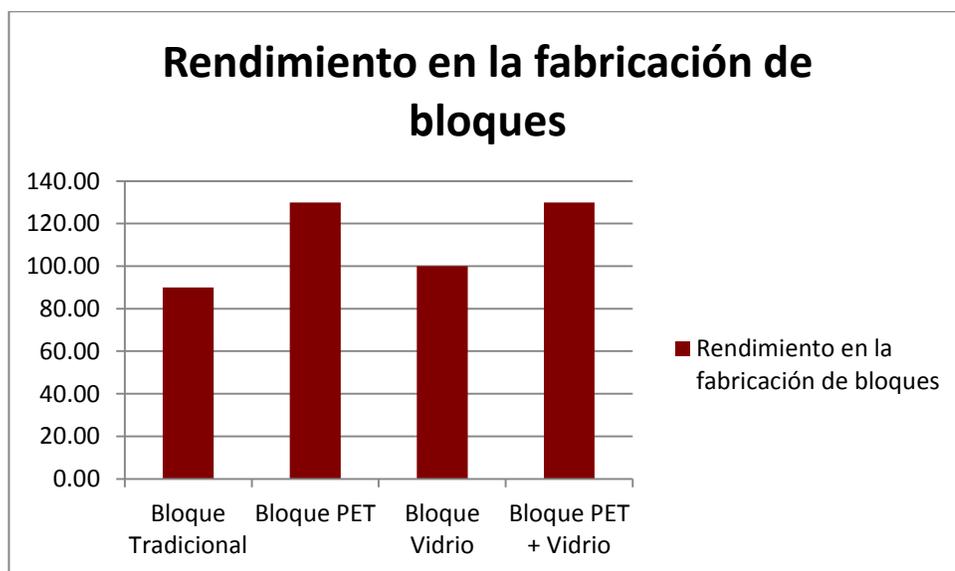


Figura 6-2: Comparación de rendimientos

Con los bloques tradicionales se obtiene un rendimiento de hasta 90 bloques por hora, mientras que con los ecobloques los rendimientos aumentan notablemente llegando a producir hasta 130 bloques/hora, lo cual equivale a un aumento sumamente notable en la productividad que se traduce en un ahorro de tiempo y de dinero.

6.2.4. Comparación de utilidades

Como se observa en las tablas a continuación, las utilidades conseguidas varían de acuerdo al tipo de bloque fabricado; la mayor utilidad se consigue al fabricar los ecobloques que contienen vidrio en su composición.

La compra de materia prima PET y su proceso de triturado representan un valor sumamente alto en la fabricación de los bloques; por este motivo se obtiene la menor utilidad en la fabricación de los prototipos de ecobloques de PET y ecobloques de PET + vidrio. A pesar de todo esto, se está obteniendo un porcentaje de utilidad en la fabricación de todos los tipos de ecobloques.

Tabla 6-8: Comparación de utilidades

Tabla de resumen de Utilidades	
Bloque Tradicional	0,30
Bloque PET	0,13
Bloque Vidrio	0,31
Bloque PET + Vidrio	0,10

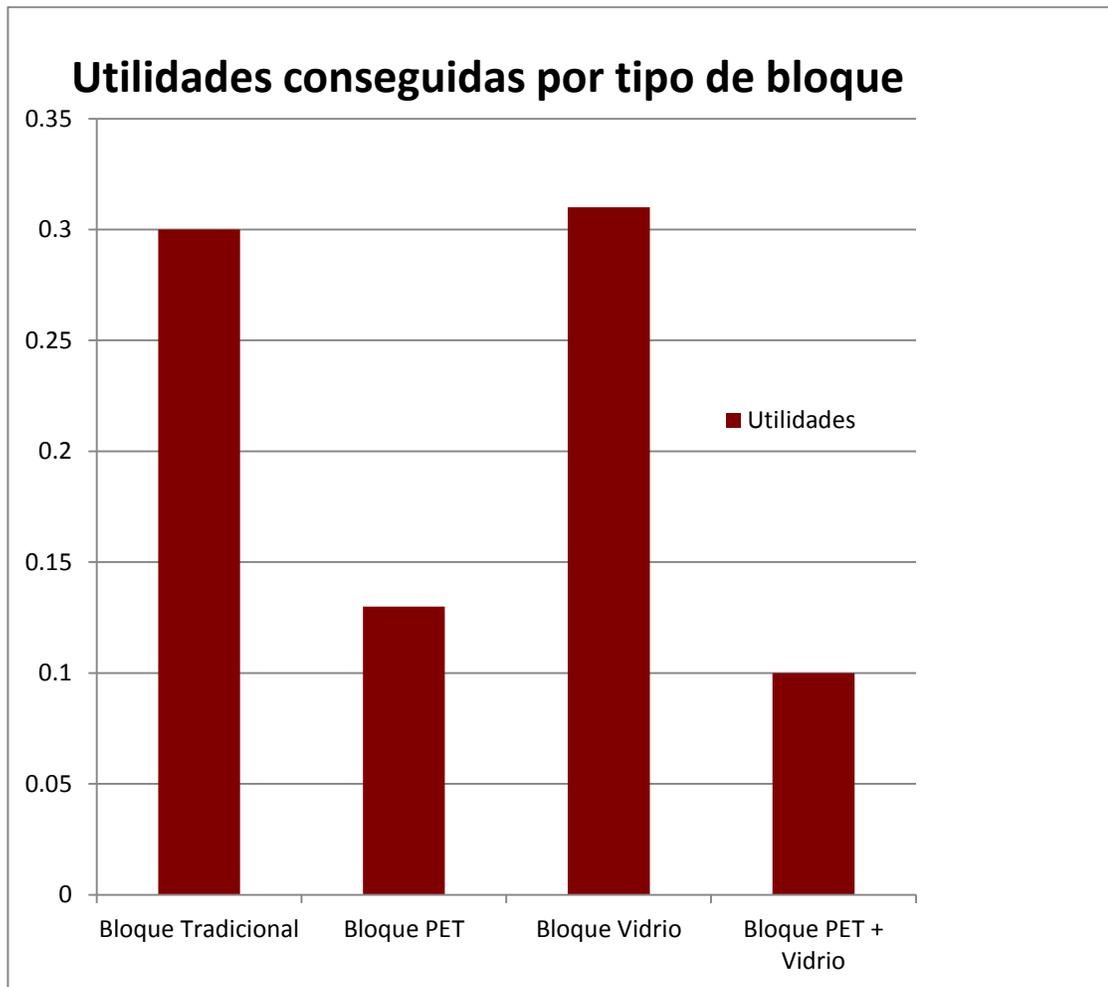


Figura 6-3: Comparación de utilidades

Mensualmente y anualmente se estarían obteniendo las siguientes ganancias en caso de que el presente proyecto sea aplicado en la vida real:

Tabla de utilidad mensual y anual				
	Bloque Tradicional	Bloque PET	Bloque vidrio	Bloque PET + vidrio
Utilidad por bloque	\$0,30	\$0,13	\$0,31	\$0,10
Unidades vendidas mensualmente suponiendo abarcar el 20% de la demanda	13000	13000	13000	13000
Unidades vendidas anualmente suponiendo abarcar el 20% de la demanda	156000	156000	156000	156000
Utilidad mensual	\$3.900,00	\$1.690,00	\$4.030,00	\$1.300,00
Utilidad anual	\$46.800,00	\$20.280,00	\$48.360,00	\$15.600,00

Figura 6-4: Comparación de utilidades

Como se indica en la tabla anterior, se evidencia que las tres propuestas de ecobloques están generando ingresos económicos en distinta magnitud.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los bloques aquí propuestos cumplieron con los estándares y exigencias especificados por la normativa NTE INEN.
- Como resultado de la investigación realizada, los agregados propuestos PET y vidrio para los ecobloques, trabajando conjuntamente en una misma mezcla, producen resultados similares a los de un bloque convencional; ya que al realizar los respectivos ensayos de granulometría, resistencia a la compresión, absorción de agua, peso específico, conductividad térmica, comportamiento a la intemperie, comportamiento al clavado y aserrado, adherencia de revestimientos, resistencia a agentes químicos; presentan propiedades similares a las de un bloque convencional y en un rango de aceptabilidad dado por la normativa INEN.
- El polietileno de tereftalato o plástico PET, luego del proceso de molienda, se ve reducido a partículas de un tamaño de 6 milímetros, las cuales pueden reemplazar en su totalidad sin ningún problema al agregado grueso de la mezcla. Igualmente se concluye que el vidrio reciclado triturado puede reemplazar hasta en un 30% al agregado fino, porcentajes menores implican disminución en la resistencia final; mientras que porcentajes mayores no generan mayor resistencia sino que ésta se mantiene. De igual manera otro beneficio es que el rendimiento en la fabricación de los bloques aumenta notablemente ya que el plástico PET es sumamente liviano y fácil de manejar y mezclar a diferencia de lo que sucede con el agregado grueso más conocido como chasqui.
- El proceso de molienda y trituración es sumamente sencillo y barato ya que no hay necesidad de estar retirando tapas, ni lavando el material antes de procesarlo y se puede utilizar el 100% del material reciclado.

- Desde el inicio del proyecto se consideró hacer ecobloques que estén en la categoría Tipo C, D y E; es decir bloques no portantes, aunque debido a los excelentes resultados que se pudo obtener de resistencias a la compresión mayores a 3 MPa, se puede concluir que afinando un poco la dosificación se puede incluso lograr conseguir resistencias de 6 MPa, es decir bloques que puedan ser usados dentro de sistemas auto portantes, así como también se puede ampliar la gama de productos fabricados a adoquines, bordillos, camineras, entre otros.
- El proceso de producción y recolección es sumamente sencillo permitiendo que con un simple entrenamiento a los obreros, éstos puedan realizar adecuadamente sus respectivas tareas asignadas.
- De acuerdo al análisis de factibilidad en el cual se analizó la presente propuesta desde el punto de vista técnico, económico y de mercado, se concluye que para que el producto tenga éxito y demanda, se debe garantizar su calidad, su resistencia y se debe lanzar al mercado los ecobloques a un costo similar al del bloque tradicional.
- Los costos de producción de los ecobloques que se obtuvieron en la presente investigación se pueden conseguir siempre y cuando se adquiera el equipo de triturado y molido tanto del plástico PET como del vidrio; puesto que si se adquiere dicha materia prima ya procesada, los costos de producción aumentarían demasiado haciendo que el proyecto no sea viable económicamente.
- Se planteó que con esta propuesta se ingrese al mercado local abarcando el 20% de la demanda local de bloques, aunque en base a la experiencia e información obtenida durante la presente investigación, se puede concluir que ofreciendo un

buen servicio de atención al cliente, un servicio de asesoría y un servicio post venta, se logre aumentar ese porcentaje, ya que el grado de inconformidad de los consumidores con respecto a los actuales productores de bloques tradicionales es sumamente alto.

- Si bien el porcentaje de utilidad obtenido con la fabricación de ecobloques PET y ecobloques PET + vidrio no es tan elevado como el obtenido con la fabricación de bloques normales y ecobloques de vidrio; se está obteniendo otro tipo de utilidades o ganancias que no necesariamente son económicas, como vendría a ser la ganancia medio ambiental que se está consiguiendo al reducir la enorme cantidad de basura en forma de desechos plásticos y vidrio, los mismos que diariamente se mandan a la basura sin ningún tipo de tratamiento posterior, afectando gravemente a nuestro entorno natural, disminuyendo la capacidad de los rellenos sanitarios e inclusive causando posibles enfermedades.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, I. J. (1985). *Materiales de Construcción*. La Habana: Ediciones.
- ACI. (1994). Aditivos. *ACI 212*. Estados Unidos.
- Alubry. (1999). Bloques de Hormigón.
- Asociación de fabricantes de cemento Portland. (2005). *AFCP*. Recuperado el 2016, de <http://www.afcp.org.ar/index.php%3FIDM%3D21%26>
- ASTM. (1994). Aditivos. *Norma Técnica*. Estados Unidos.
- ASTM. (2005). *Apuntes de Ingeniería Civil*. Recuperado el 2016, de <http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2010/10/tipos-de-cemento-portland.html>
- Barros, V. (2012). *Diseño de hormigones con fibras de polipropileno*. Quito.
- Caceres. (1995). Relación agua cemento.
- Cruz, F. (2009). Los plásticos. En C. Fabian.
- Ekos Negocios. (2015). *Ekos del Ecuador*. Recuperado el 2015, de <http://www.ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=6731>
- EMPRESA MUNICIPAL DE ASEO DE CUENCA / EMPRESA PUBL. (16 de Mayo de 2013). *EMPRESA MUNICIPAL DE ASEO DE CUENCA / EMPRESA PUBLICA*. Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de <http://www.emac.gob.ec/>
- Facultad de Ingeniería Civil de la U.N. (2007). Conferencia inicial del Seminario "Aditivos y Adiciones en el Concreto- organizado por el Capitulo de Ingenieros Civiles, Asocem e Indecopi. Perú.

- García, V. (1997). Ejecución de fábricas para revestir.
- Garzon. (2010). *Investigación sobre el módulo de elasticidad* . Quito.
- Gonzales E. (2006). Ensayo de asentamiento de hormigón. En G. E.
- GUILLERMO, A. (2013). *ELVIDRIO*.
- Hidalgo, D. (2013). *Obtención de adoquines fabricados con vidrio*. Quito.
- Holcim. (2000). *Manejo y utilización del cemento*. Recuperado el 2016, de <http://www.holcim.com.ni/productos-y-servicios/productos/productos-cemento/manejo-y-almacenamiento-del-cemento.html>
- Inspiration ORG. (2009). *Inspiration , Por un mundo libre de pobreza*. Recuperado el 2015, de <https://www.inspiration.org/cambio-climatico/contaminacion/contaminacion-del-suelo>
- Marcelo Romo Proaño, E. (2005). Fundamentos del hormigón simple. En M. R. Proaño, *Hormigón simple* (pág. 2). Quito.
- Mareca, M. (2007). Los plásticos , GENERALIDADES. En A. PNTIC, *Naturaleza de los plásticos*. San Juan de Madrid.
- Montoya, P. (2000). Hormigón armado . 14 edición.
- NEC. (2014). Norma Ecuatoriana de la construcción. En *Nec* (pág. 110).
- OCW. (1998). Los plásticos. En O. USAL. España.
- Piedra Patricio. (2014). Estudio para analizar el ladrillo suelo cemento en Cuenca. Cuenca.
- PLASTIDOS. (2005). *Plastidos*.

- PNUD. (2015). *Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo*. Recuperado el 2015, de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/mdgoverview/post-2015-development-agenda.html>
- Proaño. (2009). *Aditivos acelerantes*. Quito, Pichincha, Ecuador: ESPE.
- SALDARREAGA, S. (2011). *Propuesta Alternativa constructiva de bloques*. Manabi.
- SARRADE, F. (2007). *Morteros y Hormigones*. Quito: s.n.
- Urbina, B. (2001). *Formulación y Evaluación de Proyectos*. México: McGraw Hill.
- Williams, A. (2014). *Plymouth University*. Recuperado el 2015, de <https://www.plymouth.ac.uk/news/microplastics-abundant-in-the-deep-seas>

ANEXOS

Normativa NTE INEN



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 855:2010
Primera revisión

ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN.

Primera Edición

STANDARD TEST METHOD FOR ORGANIC IMPURITIES IN FINE AGGREGATES FOR CONCRETE.

First Edition

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales, árido fino, arena, ensayo, impurezas orgánicas

CO 02.03-306
CDU: 691.322 :620.16
CIU : 2901
ICS: 91.100.15

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN	NTE INEN 855:2010 Primera revisión 2010-06
---	--	---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casi Ila 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar aproximadamente la presencia de cantidades inapropiadas de impurezas orgánicas en el árido fin o para mortero y hormigón.

2. ALCANCE

2.1 El árido fino sujeto al método de ensayo propuest o en esta norma, es aquel que se utiliza para la elaboración de hormigón o mortero de cemento hidráulico.

2.2 El método referido en esta norma establece dos procedimientos. El primero utiliza una solución de color normalizado y el segundo un comparador de colores normalizados como referencia.

2.3 Esta norma se utiliza para realizar una determinación preliminar de la aceptabilidad de los áridos finos con respecto a los requisitos sobre impurezas orgánicas de la NTE INEN 872

2.4 Esta norma proporciona una advertencia de que pueden estar presentes cantidades inapropiadas de impurezas orgánicas en el árido fino. Cuando una muestra sometida a este ensayo produce un color más oscuro que el color normalizado, es acons eable realizar el ensayo para determinar el efecto de impurezas orgánicas en la resistencia del morter o, de conformidad con la NTE INEN 866.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 694.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 Resumen. A una muestra de árido fino se le agrega una soluci ón normalizada de hidróxido de sodio, se la agita y luego de 24 horas se compara el color del líquido que sobrenada la muestra con el color de la solución normalizada o con el comparador de colores para determinar si la muestra contiene impurezas orgánicas inapropiadas.

5.2 Equipos

5.2.1 Botellas de vidrio. Graduadas e incoloras, con una capacidad nominal de aproximadamente 240 cm³ a 470 cm³, equipadas con tapones o tapas he rméticas, no solubles con los reactivos especificados. En ningún caso, la dimensión externa de las botellas, medida a lo largo de la línea de vista utilizada para la comparación del color, debe ser superior a 63,5 mm o menor a 38,1 mm. La graduación de las botellas deben estar en cm³, (ver nota 1), a excepción de las botellas sin marcar que pueden ser calibradas con graduaciones realizadas por el usuario. En tal caso, sólo son necesarias tres marcas de graduación, de la siguiente manera:

NOTA 1. Los frascos que se comercializan internacionalmente por lo general están marcados en mililitro s “mL” como medida de volumen, que equivale a centímetros cúbicos en e l SI.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales, árido fino, arena, ensayo, impurezas orgánicas

5.2.1.1 Nivel de la solución de color normalizada: 75 cm³.

5.2.1.2 Nivel del árido fino: 130 cm³

5.2.1.3 Nivel de la solución de NaOH: 200 cm³

5.2.2 Comparador de colores normalizados. Debe ser conformado como se describe en la tabla 1 de la norma ASTM D 1 544, (ver nota 2).

5.3 Reactivo y solución de color normalizada

5.3.1 Solución de hidróxido de sodio (3%) como reactivo . Disolver 3 partes en masa de hidróxido de sodio grado reactivo (NaOH) en 97 partes de agua.

5.3.2 Solución de color normalizado. Disolver dicromato de potasio grado reactivo (K₂Cr₂O₇) en ácido sulfúrico concentrado (gravedad específica 1,84), a razón de 0,250 g en 100 cm³ de ácido. Para la comparación de color, la solución debe ser recién elaborada, de ser necesario utilizar una fuente de calor de baja intensidad.

5.4 Muestreo. La muestra debe ser seleccionada de acuerdo con la NTE INEN 695.

5.5 Preparación de la muestra de ensayo. La muestra para ensayo debe tener una masa de aproximadamente 450 g y debe ser tomada de la muestra total de conformidad con la norma ASTM C 702.

5.6 Procedimiento

5.6.1 Verter la muestra de árido fino a ser ensayada en la botella de vidrio hasta aproximadamente el nivel equivalente al volumen de 130 cm³.

5.6.2 Añadir la solución de hidróxido de sodio hasta que el volumen ocupado por el árido fino y el líquido, después de agitar, sea de aproximadamente 200 cm³.

5.6.3 Tapar la botella, agitar vigorosamente y dejar reposar durante 24 h.

5.7 Determinación del color

5.7.1 Procedimiento con la solución de color normalizado . Al final del período de 24 horas de reposo, verter en la botella de vidrio descrita en el numeral 5.2.1 hasta aproximadamente el nivel de 75 cm³ con la solución de color normalizado recién elaborada preparada previamente y utilizada dentro de un tiempo no mayor a 2 horas, según lo estipulado en el numeral 5.3.2. Sostener la botella con la muestra de ensayo y la botella con la solución de color normalizado, una al lado de la otra y comparar el color de la luz transmitida a través del líquido que sobrenada la muestra, con el color de la luz transmitida a través de la solución de color normalizado. Registrar si el color del líquido que sobrenada es: más claro, igual o más oscuro que el color de la solución de color normalizado.

5.7.2 Procedimiento con el comparador de color normalizado. Para definir con mayor precisión el color del líquido que sobrenada la muestra de ensayo, se deben utilizar cinco vidrios de color normalizado, utilizando los siguientes colores:

NOTA 2. Un instrumento adecuado consiste en cinco vidrios de color normalizados, montado en un soporte de plástico. Sólo el vidrio identificado como Color Gardner No. 11 se utiliza en el numeral 5.7.2, como vidrio de color de referencia.

(Continúa)

Color normalizado escala de Gardner No.	Número de orden en el comparador
5	1
8	2
11	3 (normalizado de referencia)
14	4
16	5

NOTA. Se debe utilizar el procedimiento de comparación descrito en el numeral 5.7.1, excepto que se debe reportar el número del vidrio del comparador que es más cercano al color del líquido que sobrenada sobre la muestra de ensayo. Cuando se utiliza este procedimiento, no es necesario preparar la solución de color normalizado.

5.8 Interpretación del color. Cuando una muestra sometida a este ensayo produce un color más oscuro que el color normalizado de la solución o el color No. 3 del comparador (color normalizado Gardner No. 11), se considera que el árido fino baj o ensayo, posiblemente contiene cantidades inapropiadas de impurezas orgánicas. Es conveniente efectuar más análisis antes de aprobar o rechazar el uso del árido fino en el hormigón o mortero.

5.9 Informe de resultados. Se debe elaborar un informe de resultados que contenga los siguientes datos:

- a) Fecha de muestreo y ensayo,
- b) Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- c) Identificación de la muestra de árido fino,
- d) Procedimiento utilizado,
- e) Color determinado en el ensayo según lo indicado en los numerales 5.7.1 o 5.7.2,
- f) Recomendaciones de acuerdo a lo estipulado en el numeral 5.8,
- g) Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

5.10 Precisión y desviación. Puesto que este ensayo no produce valores numéricos, no es posible la determinación de la precisión y desviación.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigones y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos para hormigón. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 866	<i>Árido fino para hormigón. Determinación del efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia de morteros</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 872	<i>Áridos para hormigón. Requisitos .</i>
Norma ASTM C 702	<i>Práctica para reducción de muestras de árido hasta el tamaño de ensayo.</i>
Norma ASTM D 1 544	<i>Método de ensayo para el color de líquidos transparentes. (Escala de color de Gardner).</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 40 – 04. *Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete.*
American Society for Testing and Materials. Philadelphia P.A, 2004.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 855 Primera revisión	TÍTULO: ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN	Código: CO 02-03-306
---	--	---------------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo Ministerial No. 505 del 1983-09-27 publicado en el Registro Oficial No. 598 del 1983-10-13 Fecha de iniciación del estudio: 2009-08-21
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: **Hormigones, áridos y morteros**
 Fecha de iniciación: 2009-08-27
 Fecha de aprobación: 2009-09-10
 Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Ing. Guillermo Realpe (Presidente)	FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
Ing. José Arce (Vicepresidente)	HORMIGONES HÉRCULES S. A.
Ing. Jaime Salvador	INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. INECYC.
Ing. Raúl Ávila	ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR. APRHOPEC.
Ing. Hugo Egüez	HOLCIM ECUADOR S. A. (AGREGADOS)
Ing. Raúl Cabrera	HOLCIM ECUADOR S. A. (HORMIGONES)
Sr. Carlos Aulestia	LAFARGE CEMENTOS S.A.
Ing. Xavier Arce	CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE GUAYAQUIL.
Ing. Marlon Valarezo	UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
Ing. Jacques Martinod	INTACO ECUADOR S.A.
Arq. Soledad Moreno	INTACO ECUADOR S.A.
Ing. Carlos González	INTACO ECUADOR S.A.
Ing. Víctor Buri	HORMIGONES HÉRCULES S. A.
Ing. Douglas Alejandro	MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.
Ing. Verónica Miranda	COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA
Ing. Diana Sánchez	FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
Ing. Stalin Serrano	HORMIGONES EQUINOCCIAL.
Ing. Guillermo Loayza	ACI ECUADOR
Ing. Xavier Herrera	HORMIGONERA QUITO
Ing. Mireya Martínez	CAMINOSCA CIA. LTDA.
Ing. Rubén Vásquez	CEMENTO CHIMBORAZO C.A.
Ing. Víctor Luzuriaga	INDUSTRIAS GUAPÁN S.A.
Ing. Patricio Torres	DICOPLAN CIA. LTDA.
Ing. Luis Balarezo	CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO
Ing. Carlos Castillo (Pro Secretario Técnico)	INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. INECYC.

Otros trámites: ⁴ La NTE INEN 855:1983 (Primera Revisión) sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20. Esta NTE INEN 855:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 855:1983.
 El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2009-08-14

Oficializada como: **Voluntaria** Por Resolución No. 013-2010 de 2010-03-24
 Registro Oficial No. 204 de 2010-06-01

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815**

Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec

Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inencati@inen.gov.ec

Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec

Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec

Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec

URL: www.inen.gov.ec



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 866:2011
Primera Revisión

ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN LA RESISTENCIA DE MORTEROS.

Primera Edición

STANDARD TEST METHOD FOR EFFECT OF ORGANIC IMPURITIES IN FINE AGGREGATE ON STRENGTH OF MORTAR.

First Edition

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, áridos, árido fino, ensayo, efecto de impurezas orgánicas (Morteros, resistencia a la compresión) .

CO 02.03-322

CDU: 691.322 :620.173

CIU: 2901

ICS: 91.100.15

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ARIDO FINO PARA HORMIGON. DETERMINACION DEL EFECTO DE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN LA RESISTENCIA DE MORTEROS	NTE INEN 866:2011 Primera Revisión 2011-06
---	--	---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casi Ila 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar el efecto que, las impurezas orgánicas contenidas en el árido fino producen en la resistencia a la compresión de morteros.

2. ALCANCE

2.1 El resultado de éste método de ensayo permite la adopción de una decisión respecto de la aceptabilidad del árido fino con respecto a los requisitos referentes a las impurezas orgánicas contenidos en la NTE INEN 872.

2.2 Este método de ensayo se aplica cuando muestras de árido fino ensayadas de acuerdo con la NTE INEN 855, han generado un líquido sobrenadante con un color más oscuro que el color de la solución normalizada o que el color No. 3 del comparador.

2.3 Muchas especificaciones aceptan los áridos finos que generan un color más oscuro en el ensayo realizado de acuerdo con la NTE INEN 855 si la resistencia de cubos de mortero preparados con éste árido fino sin lavar es similar a la resistencia de cubos de mortero, preparados con el árido fino lavado.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 694.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

4.2 *Advertencia.* Las mezclas frescas de cemento hidráulico son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas a la piel y tejidos bajo exposición prolongada.

5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 Resumen

5.1.1 Una porción de una muestra de árido fino, que haya generado un color más oscuro que el normalizado de acuerdo con la NTE INEN 855, se utiliza para preparar mortero con el cual se elaboran especímenes cúbicos. Otra porción de la misma muestra se lava en una solución de hidróxido de sodio para eliminar las impurezas orgánicas que causan un resultado negativo en el ensayo de acuerdo con la NTE INEN 855. Esta porción de árido fino lavado se utiliza para preparar otro mortero y otro grupo de especímenes cúbicos.

5.1.2 Después de realizar el curado por un período establecido, se determina la resistencia a la compresión de los dos grupos de especímenes cúbicos y se comparan sus resultados.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, áridos, árido fino, ensayo, efecto de impurezas orgánicas (Morteros, resistencia a la compresión) .

5.2 Equipos

5.2.1 Mesa y molde de flujo y calibrador. Que cumplan con los requisitos descritos en la NTE INEN 2 500.

5.2.2 Máquina de ensayo, pisón, paleta y moldes cúbicos. Que cumplan con los requisitos descritos en la NTE INEN 488.

5.2.3 Mezcladora, tazón y paleta. Que cumplan con los requisitos descritos en la NTE INEN 155

5.2.4 Equipo para curado. Que cumpla con los requisitos descritos en la NTE INEN 2 528

5.2.5 Papel para determinar pH. De 0 a 14.

5.2.6 Medidor de pH. Capaz de leer 0,1 unidades de pH o más preciso.

5.3 Reactivos y materiales

5.3.1 Cemento portland. Tipo I o Tipo II, que cumpla con los requisitos de la NTE INEN 152 (ver nota 1).

5.3.2 Solución de hidróxido de sodio (3%). Disolver 3 partes de hidróxido de sodio (NaOH) en masa, en 97 partes de agua.

5.3.3 Fenolftaleína. Disolver 1 g de fenolftaleína de grado reactivo en 1 litro de alcohol etílico al 95%, de grado reactivo.

5.4 Muestreo

5.4.1 Si existe un remanente suficiente del material de la muestra utilizada para el ensayo de acuerdo con la NTE INEN 855, utilizar este material para los ensayos descritos en esta norma, de lo contrario obtener otra muestra de campo de la misma fuente, de acuerdo con la NTE INEN 695 y con la norma ASTM D 3 665, (ver nota 2).

5.5 Preparación de la muestra de ensayo

5.5.1 Si el árido fino contiene partículas más gruesas que 4,75 mm, eliminarlas mediante tamizado por el tamiz de 4,75 mm, de manera que cuando las partículas se mezclen en la mezcladora, no se produzcan daños en el equipo o la trituración de las partículas del árido fino. Determinar el porcentaje de la muestra eliminada.

5.5.1.1 Advertencia. La separación entre la paleta y el tazón, especificada en la NTE INEN 155, es adecuada para mezclar el mortero preparado con arena graduada normalizada. Para permitir operar libremente a la mezcladora y para evitar daños graves a la paleta y el tazón, cuando se utilizan áridos gruesos, puede ser necesario fijar el soporte de ajuste de la separación para proporcionar mayor distancia que la especificada. En la NTE INEN 155 se requiere una separación de aproximadamente 4,0 mm; para este método de ensayo que utiliza árido fino en el cual se ha eliminado el material retenido en el tamiz de 4,75 mm, se ha encontrado satisfactoria una separación de aproximadamente 5,0 mm .

5.5.2 Cuartear el árido fino a ser utilizado en este ensayo, y obtener dos porciones aproximadamente iguales, siguiendo el procedimiento descrito en la NTE INEN 2 566. Una de las porciones debe ser utilizada en la condición sin lavar. La segunda porción debe ser lavada antes de su uso.

NOTA 1. Si no es posible conseguir en su localidad cemento gris del Tipo I o II según la NTE INEN 152, se recomienda utilizar cemento blanco Tipo I.

NOTA 2. Para los ensayos descritos en esta norma, deben estar disponibles por lo menos 20 kg de árido fino.

(Continua)

5.5.3 Preparación del árido fino lavado:

5.5.3.1 Realizar el lavado y enjuague del árido fino con cuidado para minimizar la pérdida de los finos, de manera que el árido, luego del lavado y enjuague tenga un módulo de finura que no difiera en $\pm 0,10$ del que tenía el árido sin lavar.

5.5.3.2 *Establecimiento de un patrón para el enjuague completo.* Colocar una pequeña cantidad del agua que se utilizará para el lavado y el enjuague en un recipiente vacío y limpio. Determinar el pH del agua utilizando cualquiera de los siguientes métodos: (1) papel pertinente, (2) medidor de pH o (3) añadiendo una gota de fenolftaleína al agua de lavado; en este caso, guardar el agua para su comparación posterior.

5.5.3.3 *Lavado del árido.* Colocar una cantidad de árido fino, suficiente para tres mezclas en un recipiente adecuado, empapararlo con la solución de hidróxido de sodio y agitarlo completamente con una cuchara o una paleta. Al final del lavado y luego de permitir que los finos se asienten, extraer la mayor cantidad de solución de hidróxido de sodio como sea posible, sin eliminar ninguna partícula fina del árido.

5.5.3.4 *Enjuague del árido.* Añadir una gran cantidad de agua al árido lavado, agitar, dejar reposar para que los finos se asienten y luego extraer el agua de enjuague. Repetir esta operación varias veces hasta el agua utilizada para el enjuague tenga un pH igual o inferior al pH del agua antes del contacto con el árido fino. Si se utiliza la fenolftaleína como indicador, el color del agua de lavado debe ser igual o más claro que la solución preparada en el numeral 5.5.3.2.

5.5.3.5 *Verificación de la eliminación de las impurezas orgánicas.* Repetir el ensayo de acuerdo con la NTE INEN 855 para determinar si el lavado ha eliminado suficiente cantidad de impurezas orgánicas, para producir un resultado positivo (color más claro que el normalizado). Si el árido fino continúa produciendo un resultado no satisfactorio (color más oscuro que el normalizado), repetir el procedimiento de lavado y enjuague (descrito en los numerales 5.5.3.3 y 5.5.3.4) tantas veces como sea necesario hasta que se obtenga un resultado satisfactorio con el método de ensayo de la NTE INEN 855.

5.6 Procedimiento

5.6.1 *Número de mezclas para ensayo.* Preparar tres amasadas de mortero con el árido lavado y tres amasadas de mortero con el árido sin lavar, en el mismo día. Alternar las amasadas, entre el árido lavado y sin lavar.

5.6.2 *Árido fino.* Tanto para el árido lavado como para el árido sin lavar, llevar las porciones de árido a la condición saturada superficialmente seca, de acuerdo al procedimiento descrito en la NTE INEN 856. Preparar una cantidad de árido de masa conocida (espécimen de árido), que es ligeramente mayor a la que se necesita para producir una amasada con la consistencia deseada.

5.6.2.1 *Opcionalmente,* si se ha determinado la absorción de acuerdo con la NTE INEN 856, preparar el árido para el ensayo, adicionando a una masa con agua de árido seco la cantidad de agua que puede absorber, mezclar completamente y permitir que el árido repose en una bandeja cubierta durante 30 minutos antes de su uso.

5.6.3 *Preparación de mortero.* Preparar el mortero en una mezcladora mecánica, de acuerdo con el procedimiento para la mezcla de morteros descrito en la NTE INEN 155, con las siguientes modificaciones:

5.6.3.1 Utilizar agua y cemento en cantidades que produzcan una relación agua/cemento, en masa, de 0,6 (ver nota 3). El agua de mezcla debe estar a una temperatura de $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. El mortero debe ser dosificado para producir una consistencia de $100\% \pm 5\%$, determinado de acuerdo con el procedimiento de ensayo de flujo (ver el numeral 5.6.4).

NOTA 3. Se ha encontrado que 600 g de cemento y 360 cm^3 de agua suelen ser adecuados para una amasada de 6 cubos. El flujo se ajusta mediante la adición de una cantidad de árido fino a la mezcla.

(Continúa)

5.6.3.2 Después de colocar toda el agua de mezcla en el tazón, añadir el cemento al agua. Arrancar la mezcladora y mezclar a velocidad baja ($140 \text{ r/min} \pm 5 \text{ r/min}$) durante 30 segundos, lapso en el cual se debe añadir una cantidad medida de árido, estimada para proporcionar la consistencia adecuada (ver nota 4).

5.6.3.3 Detener la mezcladora, cambiar a velocidad media ($285 \text{ r/min} \pm 10 \text{ r/min}$) y mezclar durante 30 segundos.

5.6.3.4 Detener la mezcladora y dejar reposar el mortero durante 1 minuto 30 segundos. Durante los primeros 15 segundos de este intervalo, raspar y empujar rápidamente hacia la amasada cualquier mortero adherido a las paredes del tazón, el resto del intervalo cubrir el tazón con la tapa.

5.6.3.5 Terminar la mezcla a velocidad media durante 1 minuto. Si el flujo parece ser demasiado alto durante los primeros 30 segundos de este período, detener la mezcladora brevemente, añadir árido fino adicional y luego completar los 30 segundos finales de mezcla.

5.6.3.6 En algún caso que se requiera un intervalo de remezclado, antes de este proceso se debe raspar y empujar rápidamente hacia la amasada, cualquier mortero adherido a las paredes del tazón.

5.6.3.7 Realizar una determinación del flujo.

5.6.4 *Ensayo de flujo:*

5.6.4.1 Limpiar cuidadosamente la mesa de flujo. Secar la superficie y colocar el molde de flujo en el centro. Inmediatamente, luego de completar la operación de mezclado, colocar una capa de mortero de aproximadamente 25 mm de espesor en el molde y apisonar 20 veces con el pisón. La presión de apisonado debe ser la suficiente para asegurar un llenado uniforme del molde. Rebosar ligeramente el molde con mortero y apisonar como se especificó para la primera capa. Cortar el mortero hasta una superficie plana, nivelada con la parte superior del molde, pasando el borde recto de la paleta (sostenida casi perpendicular al molde), con un movimiento de corte a través de la parte superior del molde. Limpiar y secar la superficie de la mesa, teniendo especial cuidado en eliminar cualquier cantidad de agua que esté alrededor del borde del molde de flujo. Levantar el molde fuera del mortero, un minuto después de completar la operación de mezclado. Inmediatamente dejar caer la mesa desde una altura de 12,7 mm diez veces en 6 segundos. El flujo es el resultado del promedio del incremento del diámetro del espécimen de mortero, medido en al menos cuatro diámetros, a ángulos aproximadamente iguales, expresado como un porcentaje del diámetro original.

5.6.4.2 Si el flujo es demasiado grande, regresar el mortero al tazón de mezclado, añadir árido fino adicional, mezclar durante 30 segundos a velocidad media y realizar otra determinación de flujo. Si se realizan más de dos pruebas para obtener el flujo $d \pm 100\% \pm 5\%$, considerar el mortero como un mortero de prueba y preparar una nueva amasada.

5.6.4.3 Si el mortero está demasiado seco, desechar la amasada y preparar una nueva amasada, iniciando con una menor cantidad de árido fino.

5.6.4.4 Determinar la cantidad de árido fino utilizado, restando la masa del árido sobrante de la masa original del árido.

5.6.5 *Moldeo de cubos de mortero.* Inmediatamente después de la finalización de un ensayo de flujo que indique una consistencia aceptable, regresar el mortero desde la mesa de flujo al tazón de mezclado, raspar y empujar dentro del tazón y remezclar toda la amasada por 15 segundos a velocidad media. Al terminar de mezclar, agitar el exceso de mortero de la paleta de mezclado en el recipiente. Moldear un conjunto de tres cubos de cada lote, de acuerdo con la NTE INEN 488.

NOTA 4. La cantidad utilizada de árido, puede ser determinada mediante la diferencia entre la cantidad de masa conocida de árido preparado y la porción sobrante después de la mezcla.

(Continúa)

5.6.6 Curado y ensayo de cubos de mortero. Almacenar los especímenes de ensayo en una cámara de curado o en un gabinete húmedo, que se mantenga a una temperatura de $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y con humedad relativa no menor a 95% por 24 horas \pm 30 minutos. El curado adicional debe realizarse por inmersión en agua saturada con cal, que se mantenga a una temperatura de $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Determinar la resistencia a la compresión de los cubos a 7 días, de acuerdo con la NTE INEN 488.

5.7 Cálculos

5.7.1 Calcular la resistencia a la compresión de cada espécimen dividiendo la carga máxima que alcanzó durante el ensayo para el área de la sección transversal. Promediar las resistencias de los tres especímenes de cada amasada. Calcular la relación de resistencia para las tres amasadas, dividiendo la resistencia promedio de cada amasada que contiene árido fino sin lavar para la resistencia promedio de la correspondiente amasada que contiene árido fino lavado (en el orden respectivo de mezclado).

5.8 Informe de resultados. Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Fecha de muestreo del árido fino y ensayo,
- b) Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- c) Identificación de la muestra de árido fino,
- d) La resistencia relativa del árido fino ensayado, que es el promedio de las tres relaciones de resistencias, expresada en porcentaje (con precisión de 1%),
- e) Indicar si se tamizó el árido fino para eliminar las partículas más gruesas que 4,75 mm (como se describe en el numeral 5.5.1) y la cantidad de material eliminado como porcentaje de la masa original de la muestra,
- f) Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

5.9 Precisión y desviación

5.9.1 La siguiente declaración de precisión se aplica cuando el resultado del ensayo es la relación de resistencia promedio de tres pares de resistencias de mortero, siendo todas las amasadas mezcladas en el mismo día y ensayadas a la misma edad, según se define en esta norma.

5.9.2 Se ha determinado que el coeficiente de variación para un solo laboratorio es de 5,4%. La relación de resistencias de dos ensayos realizados adecuadamente en el mismo laboratorio, no deben diferir en su promedio en más de 15,3% (ver nota 5) . El rango máximo (diferencia entre el máximo y el mínimo) de las tres relaciones individuales utilizadas en el cálculo del promedio no se espera que supere 17% (ver nota 5) (ver nota 6).

NOTA 5. Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670, calculados como se describe en la sección: Formato de declaración en el cual un resultado de ensayo se define como el promedio de un número determinado de mediciones; de la norma ASTM C 670.

NOTA 6. Estos valores se han tomado del numeral 10 de la norma ASTM C 87-05.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 152	<i>Cemento portland. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 155	<i>Cemento hidráulico. Mezclado mecánico de pastas y morteros de consistencia plástica.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 488	<i>Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigones y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 855	<i>Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 856	<i>Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 872	<i>Áridos para hormigón. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 500	<i>Cemento hidráulico. Especificaciones para la mesa de flujo usada en ensayos de cemento hidráulico.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 528	<i>Cámaras de curado, gabinetes húmedos, tanques para almacenamiento en agua y cuartos para elaborar mezclas, utilizados en ensayos de cemento hidráulico y hormigón. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566	<i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo.</i>
Norma ASTM C 87	<i>Método de ensayo para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del árido fino en la resistencia del mortero.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción.</i>
Norma ASTM D 3 665	<i>Práctica para el muestreo aleatorio de materiales de construcción.</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 87 – 05. *Standard Test Method for Effect of Organic Impurities in Fine Aggregates on Strength of Mortar.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2005.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento:	TÍTULO: ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN. DETERMINACIÓN	Código:
NTE INEN 866	DEL EFECTO DE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN LA	CO 02.03-322
Primera Revisión	RESISTENCIA DE MORTEROS.	

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2010-08-23	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 106 de 1983-03-30 publicado en el Registro Oficial No. 471 de 1983-04-14 Fecha de iniciación del estudio: 2010-08-23
---	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: Hormigones, áridos y morteros

Fecha de iniciación: 2010-08-31

Fecha de aprobación: 2010-10-28

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)

Ing. José Arce (Vicepresidente)

Ing. Jaime Salvador

Ing. Raúl Ávila

Ing. Hugo Egúez

Sr. Carlos Aulestia

Ing. Luis Quinteros

Ing. Víctor Luzuriaga

Ing. Marlon Valarezo

Ing. Carlos González

Ing. Verónica Miranda

Ing. Xavier Herrera

Dr. Juan José Recalde

Ing. Mireya Martínez

Ing. Patricio Torres

Ing. Luis Balarezo

Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

HORMIGONES HÉRCULES S. A.

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN. INECYC.

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR. APRHOPEC.

HOLCIM ECUADOR S. A. (AGREGADOS)

LAFARGE CEMENTOS S. A.

CEMENTO CHIMBORAZO C. A.

INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

INTACO ECUADOR S. A.

CONCRETOS V. M. / COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA

HORMIGONERA QUITO CIA. LTDA.

CAMINOSCA CIA. LTDA.

CAMINOSCA CIA. LTDA.

DICOPLAN CIA. LTDA.

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN. INECYC.

Otros trámites: ♦⁴ La NTE INEN 866:1983, sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 866:2011 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 866:1983

La Subsecretaría de Industrias, Productividad e Innovación Tecnológica del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma en sesión de

Oficializada como: Voluntaria
 Registro Oficial No. 480 de 2011-06-29

Por Resolución No. 11 132 de 2011-05-20

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gob.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenlaboratorios@inen.gob.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gob.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gob.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gob.ec
URL: www.inen.gob.ec**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 696:2011
Primera revisión

ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.

Primera Edición

STANDARD TEST METHOD FOR SIEVE ANALYSIS OF FINE AND COARSE AGGREGATES.

First Edition

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, áridos grueso y fino, ensayo, granulometría.

CO 02.03-301

CDU: 691.322 :620.173.2

CIU: 2901

ICS: 91.100.15

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.	NTE INEN 696:2011 Primera revisión 2011-05
la reproducción Prohibida Quit Ecuador Baquerizo Moreno E8-29 17-01-3989 INEN - Casi Ila Ecuadorian Institución	<h3>1. OBJETO</h3> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la distribución granulométrica de las partículas de áridos, fino y grueso, por tamizado.</p> <h3>2. ALCANCE</h3> <p>el propósito de utilizarlos como áridos para hormigón o utilizarlos como áridos para otros propósitos. 2.1 Este método de ensayo se utiliza principalmente para determinar la graduación de materiales con Los resultados se utilizan para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica de las partículas con los requisitos de las especificaciones aplicables 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.</p> <p>2.2 En esta norma se incluyen instrucciones para el análisis granulométrico de áridos que contienen mezclas de fracciones finas y gruesas. <small>2.3 Mediante el uso de este método de ensayo, no se puede lograr una determinación precisa del</small></p> <p>material más fino que el tamiz de 75 µm (No. 200). Para el tamizado del material más fino que el tamiz de 75 µm mediante lavado, se debe emplear la NTE INEN 697.</p> <h3>3. DEFINICIONES</h3> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 694.</p> <h3>4. DISPOSICIONES GENERALES</h3> <p>4.1 Algunas especificaciones para áridos las cuales hacen referencia a este método de ensayo contienen requisitos para graduación de las fracciones gruesa y fina. En esta norma se incluyen las instrucciones para los análisis granulométricos de tales áridos.</p> <p>4.2 Para los métodos de muestreo y ensayo de los áridos de alta densidad, se debe referir a la norma ASTM C 637.</p> <p>4.3 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.</p> <h3>5. MÉTODO DE ENSAYO</h3> <p>5.1 Resumen. 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 aberturas 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.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, áridos grueso y fino, ensayo, granulometría.</p>	

5.2 Equipos

5.2.1 Balanzas. Las balanzas utilizadas en el ensayo del árido fino y grueso deben tener una legibilidad y exactitud como la que se indica a continuación:

5.2.1.1 Para árido fino, debe ser legible hasta 0,1 g y tener una precisión de 0,1 g o del 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto, dentro del rango de uso.

5.2.1.2 Para árido grueso o mezclas de áridos fino y grueso, debe ser legible y tener una precisión de 0,5 g o 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso.

5.2.2 Tamices. La tela del tamiz debe ser montada sobre marcos cuya construcción evite pérdidas de material durante el tamizado. La tela y los marcos del tamiz normalizado deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154. Los marcos de tamiz no normalizados deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154 que sean aplicables (ver nota 1).

5.2.3 Agitador de tamices mecánico. Un dispositivo de tamizado mecánico, si se utiliza, debe crear un movimiento en los tamices que produzca que las partículas reboten y caigan, u otro tipo de movimiento que presente diferente orientación a la superficie de tamizado. La acción de tamizado debe ser tal que se cumpla el criterio para un tamizado adecuado, descrito en el numeral 5.4.4, en un período de tiempo razonable (ver nota 2).

5.2.4 Horno. Un horno de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C \pm 5 °C.

5.3 Muestreo

5.3.1 Muestrear el árido de conformidad con NTE INEN 695. El tamaño de la muestra de campo debe ser la cantidad indicada en la NTE INEN 695 o cuatro veces la cantidad requerida en los numerales 5.3.4 y 5.3.5 (excepto como se ha modificado en el numeral 5.3.6), el que sea mayor.

5.3.2 Mezclar completamente la muestra y reducirla a una cantidad adecuada para el ensayo, utilizando los procedimientos descritos en la norma ASTM C 702. La muestra para el ensayo debe ser, aproximadamente, la cantidad deseada en seco y se la debe obtener como resultado final de la reducción. No se permite una reducción a una cantidad exacta predeterminada (ver nota 3).

5.3.3 Árido fino. El tamaño de la muestra para el ensayo, luego de secarla, debe ser como mínimo 300 gramos.

5.3.4 Árido grueso. El tamaño de la muestra para el ensayo de árido grueso debe cumplir con lo señalado en la tabla 1.

NOTA 1. Para ensayos de árido grueso se recomienda utilizar tamices montados en marcos más grandes que el normalizado de 203,2 mm de diámetro, para reducir la posibilidad de sobrecargar los tamices. Ver el numeral 5.4.3.

NOTA 2. Se recomienda el uso de un agitador de tamices mecánico cuando el tamaño de la muestra es de 20 kg o más, aunque puede ser utilizado para muestras más pequeñas, incluyendo árido fino. Un tiempo excesivo (mayor a 10 minutos aproximadamente) puede resultar en la degradación de la muestra. El mismo agitador de tamices mecánico puede no resultar práctico para todos los tamaños de muestras, ya que se necesita un área de tamizado mayor para el tamizado efectivo de un árido grueso de mayor tamaño nominal y muy probable puede ocasionar la pérdida de una porción de la muestra si se lo utiliza con una muestra pequeña de árido grueso o árido fino.

NOTA 3. En caso de que el análisis granulométrico, incluyendo la determinación del material más fino que el tamiz de 75 μ m, sea el único ensayo a realizarse, se puede reducir en el campo el tamaño de la muestra para evitar el envío de cantidades excesivas de material adicional al laboratorio.

(Continúa)

TABLA 1. Tamaño de la muestra para ensayo del áridogrueso

Tamaño nominal máximo, Aberturas cuadradas, en mm (pulgadas).	Tamaño de la muestra del ensayo Mínimo (kg)
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

5.3.5 Mezclas de áridos grueso y fino. El tamaño de la muestra para el ensayo de las mezclas de árido grueso y fino, debe ser el mismo que para el árido grueso indicado en el numeral 5.3.4.

5.3.6 Muestreo del árido grueso de gran tamaño. El tamaño de la muestra requerida para árido con un tamaño nominal máximo de 50 mm o mayor, debe ser tal que se evite la reducción de la muestra y se ensaye como una unidad, excepto si se utilizan grandes separadores mecánicos y agitadores de tamices. Como una opción, cuando dicho equipo no está disponible, en lugar de combinar y mezclar incrementos de la muestra y luego reducir la muestra de campo al tamaño de ensayo, realizar el tamizado en un número de porciones de muestra aproximadamente iguales tal que la masa total ensayada cumpla con los requisitos del numeral 5.3.4.

5.3.7 En el caso de que se determine la cantidad de material más fino que el tamiz de 75 μm (No. 200) mediante el método de ensayo de la NTE INEN 697, proceder de la siguiente manera:

5.3.7.1 Para áridos con un tamaño nominal máximo de 12,5 mm o menor, utilizar la misma muestra para los ensayos que se realizan con esta norma y con la NTE INEN 697. Primero ensayar la muestra de conformidad con la NTE INEN 697, luego realizar la operación de secado final y tamizar la muestra seca de acuerdo a lo estipulado en los numerales 5.4.2 al 5.4.7 de esta norma.

5.3.7.2 Para áridos con un tamaño nominal máximo superior a 12,5 mm, utilizar una única muestra de ensayo, según lo descrito en el numeral 5.3.7.1 u opcionalmente utilizar muestras separadas para los ensayos según la NTE INEN 697 y esta norma.

5.3.7.3 Cuando las especificaciones requieran la determinación de la cantidad total del material más fino que el tamiz de 75 μm por lavado y por tamizado en seco, proceder según lo descrito en el numeral 5.3.7.1.

5.4 Procedimiento

5.4.1 Secar la muestra hasta masa constante a una temperatura de 110 $^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ (ver nota 4).

5.4.2 Seleccionar los tamices necesarios y adecuados que cubran los tamaños de las partículas del material a ensayarse, con el propósito de obtener la información requerida en las especificaciones. Utilizar tantos tamices adicionales como se desee o como sean necesarios para proporcionar información adicional, tal como el módulo de finura para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Ordenar los tamices en forma decreciente según el tamaño de su abertura, de arriba a abajo y colocar la muestra en el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de aparatos mecánicos durante un período suficiente, ya sea establecido por el ensayo o también controlado por medio de la masa de la muestra de ensayo, de tal forma que cumpla con el criterio de conformidad o de tamizado descritos en el numeral 5.4.4.

NOTA 4. Para propósitos de control, especialmente cuando se desean resultados rápidos, no es necesario secar el árido grueso para el ensayo del análisis granulométrico. Los resultados son poco afectados por el contenido de humedad a menos que: (1) el tamaño nominal máximo sea menor que 12,5 mm; (2) el árido grueso contenga apreciable cantidad de material más fino que el tamiz de 4,75 mm (No. 4); o (3) el árido o grueso tenga una absorción muy alta (por ejemplo, un árido de densidad baja). Además, se pueden secar las muestras a altas temperaturas mediante el uso de planchas calientes, sin afectar los resultados, siempre que el vapor se escape sin generar presión suficiente para fracturar la partículas y las temperaturas no sean tan altas como para causar una descomposición química del árido.

5.4.3 Limitar la cantidad de material sobre un determinado tamiz de manera que todas las partículas tengan oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz algunas veces durante la operación de tamizado. Para tamices con aberturas más pequeñas que 4,75 mm (No. 4), la cantidad que se retiene sobre cualquier tamiz al finalizar la operación de tamizado no debe exceder 7 kg/m² en la superficie de tamizado (ver nota 5). Para tamices con aberturas de 4,75 mm (No. 4) y más grandes, la cantidad retenida en kg no debe exceder del producto de 2,5 X (la abertura del tamiz, en mm y X (el área efectiva de tamizado, en m²)). Esta cantidad se muestra en la tabla 2, para cinco diferentes dimensiones del marco de tamiz entre circulares, cuadrados y rectangulares, los que son de mayor uso. En ningún caso la cantidad retenida debe ser tan grande como para causar una deformación permanente de la tela de tamiz.

TABLA 2. Máxima cantidad permitida de material retenido sobre un tamiz, en kg.

Tamaño de abertura del tamiz (mm)	Tamiz de dimensiones nominales				
	Ø = 203,2 mm ^A	Ø = 254 mm ^A	Ø = 304,8 mm ^A	350 X 350 mm	372 X 580 mm
	Área de tamizado, (m ²)				
	0,0285	0,0457	0,0670	0,1225	0,2158
125	B	B	B	B	67,4
100	B	B	B	30,6	53,9
90	B	B	15,1	27,6	48,5
75	B	8,6	12,6	23,0	40,5
63	B	7,2	10,6	19,3	34,0
50	3,6	5,7	8,4	15,3	27,0
37,5	2,7	4,3	6,3	11,5	20,2
25,0	1,8	2,9	4,2	7,7	13,5
19,0	1,4	2,2	3,2	5,8	10,5
12,5	0,89	1,4	2,1	3,8	6,7
9,5	0,67	1,1	1,6	2,9	5,1
4,75	0,33	0,54	0,80	1,5	2,6

^A El área para los tamices de marcos redondos se basa en un diámetro efectivo de 12,7 mm, menor que el diámetro nominal del marco, porque la NTE INEN 154 permite que el sello entre la tela del tamiz y el marco se extienda a 6,35 mm sobre la tela del tamiz. Así el diámetro efectivo de tamizado para un tamiz con un marco de diámetro de 203,2 mm es de 190,5 mm. En tamices elaborados por algunos fabricantes el sello no se extiende en la tela del tamiz los 6,35 mm completos.

^B Los tamices indicados tienen menos de cinco aberturas completas y no deben ser utilizados para el ensayo de tamizado, excepto por lo indicado en el numeral 5.4.6.

5.4.3.1 Evitar una sobrecarga de material sobre un tamiz individual, mediante alguno de los siguientes métodos:

- Insertar un tamiz adicional con un tamaño intermedio de abertura entre el tamiz que puede estar sobrecargado y el tamiz inmediatamente superior al tamiz en el conjunto original de tamices.
- Dividir la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individualmente. Combinar las masas de las varias porciones retenidas sobre un tamiz específico antes de calcular el porcentaje de la muestra en el tamiz.
- Utilizar tamices con un tamaño de marco más grande y que proporcione un área mayor de tamizado.

NOTA 5. Los 7 kg/m² equivalen a 200 g en un tamiz habitual de 203,2 mm de diámetro (con un diámetro de la superficie efectiva de tamizado de 190,5 mm).

(Continúa)

5.4.4 Continuar tamizando por un período suficiente de forma tal que, después de la finalización, no más del 1% en masa del material retenido en cualquier tamiz individual pase el tamiz durante 1 min de tamizado manual continuo realizado de la siguiente manera: sostener el tamiz individual, provisto con una bandeja inferior y una tapa, en una posición ligeramente inclinada en una mano. Golpear un lado del tamiz fuertemente y con un movimiento hacia arriba contra la base de la otra mano, a razón de aproximadamente 150 veces por minuto, girar el tamiz, aproximadamente una sexta parte de una revolución, en intervalos de alrededor de 25 golpes. En la determinación de la efectividad del tamizado para tamaños mayores que el tamiz de 4,75 mm (No. 4), limitar el material sobre el tamiz a una sola capa de partículas. Si el tamaño de los tamices de ensayo montados hace que el movimiento descrito de tamizado no sea práctico, utilizar tamices con diámetro de 203 mm para verificar la efectividad del tamizado.

5.4.5 Evitar la sobrecarga de los tamices individuales según el numeral 5.4.3.1 para el caso de mezclas de áridos grueso y fino.

5.4.5.1 Opcionalmente, reducir la porción más fina que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) utilizando un reductor mecánico de acuerdo con la norma ASTM C 70 2. Si se sigue este procedimiento, calcular la masa de cada fracción de tamaño de la muestra original de la siguiente manera:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B \quad (1)$$

Donde:

A = masa corregida en base a la muestra total,

W_1 = masa de la fracción más fina que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) en la masa total,

W_2 = masa reducida del material más fino que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) actualmente tamizado, y

B = masa de la fracción en cada porción reducida tamizada.

5.4.6 A menos que se utilice un agitador de tamices mecánico, tamizar a mano las partículas mayores de 75 mm mediante la determinación de la abertura más pequeña de tamiz por la cual puede pasar cada partícula. Iniciar el ensayo con el tamiz más pequeño a ser utilizado. Girar las partículas, si es necesario, a fin de determinar si van a pasar a través de una abertura particular, sin embargo, no se debe forzar a las partículas para pasar a través de una abertura.

5.4.7 Determinar las masas de cada incremento de tamaño en una balanza que cumpla con los requisitos especificados en el numeral 5.2.1, con una precisión de 0,1% de la masa total de la muestra seca original. La masa total del material después del tamizado debe ser similar a la masa original de la muestra colocada sobre los tamices. Si las cantidades difieren en más del 0,3%, respecto a la masa de la muestra seca original, los resultados no deben ser utilizados con fines de aceptación.

5.4.8 Si se ha ensayado previamente la muestra por el método de ensayo de la NTE INEN 697, agregar la masa más fina que el tamiz de 75 μ m (No. 200) determinado por ese método de ensayo, a la masa que pasa por el tamiz de 75 μ m (No. 200) en el tamizado en seco de la misma muestra por este método de ensayo.

5.5 Cálculos

5.5.1 Calcular los porcentajes pasantes, los porcentajes retenidos totales o porcentajes en fracciones de varios tamaños con una aproximación de 0,1% sobre la base de la masa total de la muestra seca inicial. Si la misma muestra de ensayo fue ensayada previamente por el método de ensayo de la NTE INEN 697, incluir en el cálculo del análisis por tamizado, la masa del material más fino que el tamiz de 75 μ m (No. 200) determinada por lavado, utilizando la masa seca total de la muestra antes del lavado como base para el cálculo de todos los porcentajes.

5.5.1.1 Cuando los incrementos de la muestra sean ensayados según lo dispuesto en el numeral 5.3.6, sumar las masas de la porción de los incrementos retenidas en cada tamiz y utilizar estas masas para calcular los porcentajes según el numeral 5.5.1.

(Continúa)

5.5.2 Cuando se lo requiera, calcular el módulo de finura mediante la sumatoria de los porcentajes totales de material que es más grueso que cada uno de los siguientes tamices (porcentajes retenidos acumulados) y dividiendo la suma para 100: 150 μm (No. 100), 300 μm (No. 50), 600 μm (No. 30), 1,18 mm (No. 16), 2,36 mm (No. 8), 4,75 mm (No. 4), 9,5 mm, 19,0 mm, 37,5 mm y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1.

5.6 Informe de resultados. Dependiendo de la forma de las especificaciones para el uso del material sometido a ensayo, se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Fecha de muestreo y ensayo,
- b) Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- c) Identificación de la muestra de árido,
- d) Porcentaje total del material pasante de cada tamiz, o
- e) Porcentaje total del material retenido sobre cada tamiz, o
- f) Porcentaje del material retenido entre tamices consecutivos,
- g) Informar los porcentajes con una aproximación al número entero más próximo, excepto si el porcentaje que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) es inferior al 10%, este debe ser informado con una precisión de 0,1%,
- h) El módulo de finura, cuando se lo requiera, con una precisión de 0,01,
- i) Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra y cualquier desviación de alguno de los enunciados de esta muestra.

5.7 Precisión y desviación

5.7.1 Precisión . La estimación de la precisión de este método de ensayo se muestran en la tabla 3. Las estimaciones se basan en los resultados del AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program, con ensayos realizados con el método de ensayo de las normas ASTM C 136 y AASHTO No. T 27. Los datos se basan en el análisis de los resultados de los ensayos de 65 a 233 laboratorios que ensayaron 18 pares de muestras de ensayos de árido grueso para comparación y resultados de ensayos de 74 a 222 laboratorios que ensayaron 17 pares de muestras de ensayos de árido fino para comparación (muestras No. 21 a 90). Los valores de la tabla se refieren a diferentes rangos de porcentaje total de áridos que pasa por un tamiz.

5.7.1.1 Los valores de precisión para el árido fino indicados en la tabla 3 se basan en muestras de ensayo nominales de 500 g. La revisión de este método de ensayo en 1994, permitió que el tamaño de la muestra de ensayo del árido fino sea de 300 g como mínimo. El análisis de los resultados de los ensayos en muestras de ensayo de 300 g y 500 g de las muestras de árido para comparación 99 y 100 (las muestras 99 y 100 eran esencialmente idénticas) produjo los valores de precisión que se muestran en la tabla 4, que indica solo las menores diferencias debido al tamaño de la muestra de ensayo (ver nota 6).

5.7.2 Desviación . Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

NOTA 6. Los valores para el árido fino indicados en la tabla 3 serán revisados para reflejar el tamaño de la muestra de 300 g cuando un número suficiente de ensayos de competencia en áridos sean realizados utilizando ese tamaño de la muestra para proporcionar datos confiables.

(Continúa)

TABLA 3. Precisión

	Porcentaje total de material pasante	Desviación estándar (1s), % A	Rango aceptable de dos resultados (d2s), % A	
Árido grueso. Precisión para un solo operador	< 100 ≥ 95	0,32	0,9	
	< 95 ≥ 85	0,81	2,3	
	< 85 ≥ 80	1,34	3,8	
	< 80 ≥ 60	2,25	6,4	
	< 60 ≥ 20	1,32	3,7	
	< 20 ≥ 15	0,96	2,7	
	< 15 ≥ 10	1,00	2,8	
	< 10 ≥ 5	0,75	2,1	
	< 5 ≥ 2	0,53	1,5	
	< 2 > 0	0,27	0,8	
	Precisión multilaboratorio	< 100 ≥ 95	0,35	1,0
		< 95 ≥ 85	1,37	3,9
		< 85 ≥ 80	1,92	5,4
		< 80 ≥ 60	2,82	8,0
		< 60 ≥ 20	1,97	5,6
		< 20 ≥ 15	1,60	4,5
		< 15 ≥ 10	1,48	4,2
		< 10 ≥ 5	1,22	3,4
< 5 ≥ 2		1,04	3,0	
< 2 > 0	0,45	1,3		
Árido fino: Precisión para un solo operador	< 100 ≥ 95	0,26	0,7	
	< 95 ≥ 60	0,55	1,6	
	< 60 ≥ 20	0,83	2,4	
	< 20 ≥ 15	0,54	1,5	
	< 15 ≥ 10	0,36	1,0	
	< 10 ≥ 2	0,37	1,1	
	< 2 > 0	0,14	0,4	
	Precisión multilaboratorio	< 100 ≥ 95	0,23	0,6
		< 95 ≥ 60	0,77	2,2
		< 60 ≥ 20	1,41	4,0
		< 20 ≥ 15	1,10	3,1
		< 15 ≥ 10	0,73	2,1
< 10 ≥ 2		0,65	1,8	
< 2 > 0	0,31	0,9		
<p>A Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, descritos en la norma ASTM C 670.</p> <p>B La precisión estimada basada en áridos con un tamaño máximo nominal de 19,0 mm .</p>				

(Continúa)

TABLA 4. Datos de precisión para muestras de ensayo de 300 gramos y 500 gramos

Muestra para comparación de árido fino				Dentro del laboratorio		Entre laboratorios	
Resultado del ensayo	Tamaño de la muestra (g)	Números de laborat.	Promedio	1s	d2s	1s	d2s
Norma ASTM C 136 / AASHTO No. T 27	500	285	99,992	0,027	0,066	0,037	0,104
	300	276	99,990	0,021	0,060	0,042	0,117
Total de material pasante por el tamiz No. 4 (%)	500	281	84,10	0,43	1,21	0,63	1,76
	300	274	84,32	0,39	1,09	0,69	1,92
Total de material pasante por el tamiz No. 8 (%)	500	286	70,11	0,53	1,49	0,75	2,10
	300	272	70,00	0,62	1,74	0,76	2,12
Total de material pasante por el tamiz No. 16 (%)	500	287	48,54	0,75	2,10	1,33	3,73
	300	276	48,44	0,87	2,44	1,36	3,79
Total de material pasante por el tamiz No. 30 (%)	500	286	13,52	0,42	1,17	0,98	2,73
	300	275	13,51	0,45	1,25	0,99	2,76
Total de material pasante por el tamiz No. 50 (%)	500	287	2,55	0,15	0,42	0,37	1,03
	300	270	2,52	0,18	0,52	0,32	0,89
Total de material pasante por el tamiz No. 100 (%)	500	278	1,32	0,11	0,32	0,31	0,85
	300	266	1,30	0,14	0,39	0,31	0,85

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154	<i>Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigones y áridos para elaborar hormigón. Terminología</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos para hormigón. Muestreo .</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 697	<i>Áridos para hormigón. Determinación de los material es más finos que 75µm.</i>
Norma ASTM C 136	<i>Método de ensayo para el análisis por tamizado de áridos finos y gruesos</i>
Norma ASTM C 637	<i>Especificaciones para áridos para hormigón para protección de la radiación.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica Para la Preparación de Informes de Precisión y Desviación para Métodos de Ensayo para Materiales de Construcción</i>
Norma ASTM C 702	<i>Práctica para reducción de muestras de árido hasta el tamaño de ensayo.</i>
Norma AASHTO No. T 27	<i>Análisis por tamizado de áridos finos y gruesos</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 136 – 06. *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2006.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 696 Primera revisión	TÍTULO: ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.	Código: CO 02.03-301
---	--	--------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 484 del 1983-09-19 publicado en el Registro Oficial No. 597 del 1983-10-12 Fecha de iniciación del estudio: 2009-10-05
--	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: **Hormigones, áridos y morteros**

Fecha de iniciación: 2009-10-08 Fecha de aprobación: 2009-10-22 Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Ing. Guillermo Realpe (Presidente)	FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
Ing. José Arce	HORMIGONES HÉRCULES S. A.
Ing. Jaime Salvador	INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. INECYC.
Ing. Raúl Ávila	ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR. APRHOPEC.
Ing. Hugo Egúez	HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS
Ing. Raúl Cabrera	HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES
Sr. Carlos Aulestia	LAFARGE CEMENTOS S. A.
Ing. Xavier Arce	CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE GUAYAQUIL.
Ing. Marlon Valarezo	UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
Arq. Soledad Moreno	INTACO ECUADOR S. A.
Ing. Carlos González	INTACO ECUADOR S. A.
Ing. Víctor Buri	HORMIGONES HÉRCULES S. A.
Ing. Douglas Alejandro	MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.
Ing. Verónica Miranda	COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA / HORMIGONES EQUINOCCIAL
Ing. Diana Sánchez	FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
Ing. Stalin Serrano	HORMIGONES EQUINOCCIAL.
Ing. Xavier Herrera	HORMIGONERA QUITO
Ing. Mireya Martínez	CAMINOSCA CIA. LTDA.
Ing. Rubén Vásquez	CEMENTO CHIMBORAZO C. A.
Ing. Víctor Luzuriaga	INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.
Ing. Patricio Torres	DICOPLAN CIA. LTDA.
Ing. Luis Balarezo	CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO
Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)	INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. INECYC.

Otros trámites: ♦⁴ La NTE INEN 696:1983 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 696:2011 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 696:1983

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-12-17

Oficializada como: Voluntaria Por Resolución No. 150-2010 de 2010-12-17
 Registro Oficial No. Edición especial 151 de 2011-05-26

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gob.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenlaboratorios@inen.gob.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gob.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gob.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gob.ec
URL: www.inen.gob.ec**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 856:2010
Primera revisión

ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO.

Primera Edición

STANDARD TEST METHOD FOR DENSITY, RELATIVE DENSITY (SPECIFIC GRAVITY), AND ABSORPTION OF FINE AGGREGATE.

First Edition

DESCRIPTORES: Árido, árido fino, determinación de la densidad.
CO 02.03-307
CDU: 691.322
CIU: 2901
ICS: 91.100.15

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO	NTE INEN 856:2010 Primera revisión 2010-12
---	---	---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casi Ila 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar: la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido fino .

2. ALCANCE

2.1 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. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad es expresada como: seca al horno (SH), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. De la misma manera, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, es expresada como SH, SSS o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y la densidad relativa SH se determinan luego de secar el árido. La densidad SSS, densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de saturar el árido en agua por un periodo definido.

2.2 Este método de ensayo es utilizado para determinar la densidad de la porción sólida de un número grande de partículas de árido y proporcionar un valor promedio, que representa la muestra. La diferencia entre la densidad de las partículas del árido, determinadas por éste método, y la masa unitaria (peso volumétrico) de los áridos, determinada de acuerdo al procedimiento de la NTE INEN 858, radica en que éste último método incluye el volumen de los vacíos entre las partículas del árido.

2.3 Este método de ensayo no es aplicable para ser utilizado con áridos livianos.

2.4 El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo. Estas notas, exceptuando aquellas ubicadas en tablas y figuras, no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.

2.5 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694 y además las siguientes:

3.1.1 *Absorción* . Incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado periodo de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca.

3.1.2 *Densidad*. Masa por unidad de volumen de un material, expresada en kilogramos por metro cúbico.

3.1.2.1 *Densidad (SH)*. 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.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Árido, árido fino, determinación de la densidad.

3.1.2.2 Densidad (SSS). Masa de las partículas del 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.

3.1.2.3 Densidad aparente. Masa por unidad de volumen, de la porción impermeable de las partículas del árido.

3.1.3 Seco al horno (SH), relacionado a las partículas del árido. Condición en la cual los áridos han sido secados por calentamiento en un horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por el tiempo necesario para conseguir una masa constante.

3.1.4 Densidad relativa (gravedad específica). Relación entre la densidad de un material y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada; los valores son adimensionales.

3.1.4.1 Densidad relativa (gravedad específica) (SH). Relación entre la densidad (SH) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

3.1.4.2 Densidad relativa (gravedad específica) (SSS). Relación entre la densidad (SSS) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

3.1.4.3 Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). Relación entre la densidad aparente del árido y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

3.1.5 Saturado superficialmente seco (SSS), relacionado a las partículas del árido. Condición en la cual los poros permeables de las partículas del árido se llenan con agua al sumergirlos por un determinado período de tiempo, pero sin agua libre en la superficie de las partículas.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente utilizada para el cálculo del volumen ocupado por el árido en las mezclas que contienen áridos, incluyendo hormigón de cemento portland, hormigón bituminoso y otras mezclas que son dosificadas o analizadas en base al volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica) también se la utiliza para el cálculo de vacíos entre partículas en el árido, de acuerdo a la NTE INEN 858. La densidad relativa (gravedad específica) (SSS) se la utiliza en la determinación de la humedad superficial del árido fino mediante desplazamiento de agua de acuerdo a la NTE INEN 859. La densidad relativa (gravedad específica) se la utiliza si el árido está húmedo, esto es, si ha alcanzado su absorción; por el contrario, la densidad relativa (gravedad específica) (SH) se la utiliza para los cálculos cuando el árido está seco o se asume que está seco.

4.2 La densidad aparente y la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) corresponden al material sólido que conforman las partículas constitutivas, sin incluir los vacíos de poros dentro de las partículas, a los cuales es accesible el agua. Este valor no es muy utilizado en la tecnología de construcción con áridos.

4.3 Los valores de absorción se utilizan para calcular los cambios en la masa de un árido debido al agua absorbida por los poros de las partículas constitutivas, comparado con la condición seca, cuando se considera que el árido ha estado en contacto con agua el suficiente tiempo para satisfacer la mayoría del potencial de absorción. El valor de absorción determinado en el laboratorio, se consigue después de sumergir en agua el árido seco por un determinado período. Los áridos extraídos de una mina bajo la superficie del agua, comúnmente tienen un contenido de humedad mayor que la absorción determinada por este método, si se utilizan sin secarlos. Por el contrario, algunos áridos que no han sido conservados en una condición continua de humedad hasta ser utilizados, probablemente contendrán una cantidad de agua absorbida menor que en la condición de saturado en 24 horas. Para un árido que ha estado en contacto con agua y que tiene humedad libre en las superficies de las partículas, el porcentaje de humedad libre se determina restando el valor de la absorción, del valor total de humedad que contiene el árido, determinado por secado según la NTE INEN 862.

(Continúa)

4.4 Los procedimientos generales descritos en este método de ensayo son válidos para la determinación de la absorción de áridos que han sido sometidos a condiciones de saturación diferentes que la inmersión en agua por 24 horas, tales como agua en ebullición o saturación al vacío. Los valores de absorción obtenidos mediante otros métodos de ensayo, serán diferentes de los valores obtenidos mediante la saturación indicada en este método, así como también los valores de densidad (SSS) o de densidad relativa (gravedad específica) (SSS).

4.5 Los poros en los áridos livianos, después de la inmersión por 24 horas, no están necesariamente llenos con agua. En realidad, la absorción potencial para muchos de estos áridos no se alcanza luego de algunos días inmersos en agua. Por lo tanto, este método de ensayo no es apropiado para uso con áridos livianos.

5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 Resumen. 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 la muestra (o parte de esta) 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.

5.2 Equipos

5.2.1 Balanza. Que tenga 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 en cualquier punto dentro del rango de uso para este método de ensayo. La diferencia entre lecturas debe tener una precisión dentro de 0,1 g, en cualquier rango de 100 g de carga.

5.2.2 Picnómetro (para uso con el procedimiento gravimétrico). Matraz u otro 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 $\pm 0,1 \text{ cm}^3$. El volumen del contenedor lleno hasta la marca debe ser por lo menos 50% mayor que el requerido para acomodar la muestra de ensayo. Para una muestra de ensayo de 500 g del árido más fino, es adecuado un matraz o un recipiente de 500 cm^3 de capacidad, adaptado con un picnómetro en la parte superior.

5.2.3 Matraz (para uso con el procedimiento volumétrico). Para una muestra de ensayo de aproximadamente 55 g, es adecuado un frasco de Le Chatelier, como el que se describe en la NTE INEN 156.

5.2.4 Molde y compactador para ensayo de humedad superficial. El molde metálico debe tener la forma de un cono truncado, con las siguientes dimensiones: 40 mm \pm 3 mm de diámetro interno superior, 90 mm \pm 3 mm de diámetro interno en la base y 75 mm \pm 3 mm de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. El compactador metálico debe tener una masa de 340 g \pm 15 g y una cara compactadora circular y plana, de 25 mm \pm 3 mm de diámetro.

5.2.5 Horno. De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

5.3 Muestreo. Tomar las muestras del árido, de acuerdo a la NTE INEN 695. Mezclar íntegramente la muestra y reducirla hasta obtener una muestra de ensayo de aproximadamente 1 kg, utilizando el procedimiento indicado en la NTE INEN 2 566.

5.4 Preparación de la muestra de ensayo

5.4.1 Colocar la muestra en una bandeja o en otro recipiente apropiado y secarla en el horno a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, hasta conseguir una masa constante, dejarla que se enfríe hasta una temperatura que sea confortable para su manipulación (aproximadamente $50 \text{ }^\circ\text{C}$), luego cubrirla con agua, ya sea por inmersión o por adición de agua, hasta alcanzar al menos 6% de humedad en el árido fino y dejar que repose por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$.

(Continúa)

5.4.1.1 Cuando se utilizan los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) en la dosificación de mezclas de hormigón, en las que el árido estará en condición de humedad natural; el requisito del numeral 5.4.1 sobre el secado inicial es opcional y si la superficie de las partículas de la muestra ha sido conservada húmeda continuamente hasta el ensayo, el requisito del numeral 5.4.1 sobre la inmersión por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, también es opcional (ver nota 1)

5.4.2 Decantar el exceso de agua, evitando la pérdida de finos (ver apéndice X), extender la muestra sobre una superficie plana, no absorbente, expuesta a una corriente suave de aire caliente y moverla frecuentemente para asegurar un secado homogéneo. Si se desea, se pueden utilizar equipos mecánicos como un agitador, para ayudar a alcanzar la condición saturada superficialmente seca. Continuar esta operación hasta que la muestra se aproxime a una condición de flujo libre. Seguir el procedimiento indicado en el numeral 5.4.3 para determinar si la humedad superficial todavía está presente en las partículas constituyentes del árido fino. Realizar el primer ensayo para esta determinación cuando todavía exista agua superficial en la muestra. Continuar secando con agitación constante y probar a intervalos frecuentes hasta que el ensayo indique que la muestra ha alcanzado la condición de superficie seca. Si el primer ensayo de determinación de humedad superficial indica que la humedad no está presente en la superficie, significa que se ha secado más allá de la condición saturada superficialmente seca; en este caso, mezclar íntegramente el árido fino con algunos cm^3 de agua y dejar que la muestra repose en un recipiente cubierto por 30 minutos. A continuación, reanudar el proceso de secado y ensayos a intervalos frecuentes hasta determinar el inicio de la condición de superficie seca.

5.4.3 *Ensayo para determinar la humedad superficial.* Mantener firmemente el molde sobre una superficie lisa no absorbente, con el diámetro mayor hacia abajo. Colocar en el molde en forma suelta, una porción del árido fino parcialmente seco, hasta llenarlo colocando material adicional en la parte superior manteniendo firme el molde con la mano, compactar el árido fino con 25 golpes ligeros del compactador. Cada caída debe iniciar aproximadamente 5 mm sobre la superficie del árido. Permitir que el compactador caiga libremente bajo la atracción gravitacional en cada golpe. Ajustar la altura de inicio a la nueva elevación de la superficie después de cada golpe y distribuirlos sobre la superficie. Remover el árido fino que ha caído alrededor de la base y levantar el molde verticalmente. Si la humedad superficial todavía está presente, el árido fino mantendrá la forma del molde. Cuando el árido fino se desmorona ligeramente, ello indica que se ha alcanzado la condición de superficie seca.

5.4.3.1 Algunos áridos finos con partículas de forma predominantemente angular o con una alta proporción de finos, pueden no desmoronarse en el ensayo del cono, al alcanzar la condición de superficie seca. Este problema se puede verificar si al dejar caer desde una altura de 100 mm a 150 mm sobre una superficie, un puñado de árido fino, tomado de la muestra ensayada, se pueden observar partículas individuales muy finas. Para estos materiales, se considera que han alcanzado la condición saturada superficialmente seca, en el punto en que, luego de remover el molde, un lado del árido fino apenas se derrumba. En el Apéndice W se describen algunos criterios que se han utilizado en materiales que no se desmoronan fácilmente.

5.5 Procedimiento

5.5.1 Ensayar, ya sea por el procedimiento gravimétrico indicado en el numeral 5.5.2 o por el procedimiento volumétrico indicado en el numeral 5.5.3. Realizar todas las determinaciones de masa con una aproximación al 0,1 g.

5.5.2 *Procedimiento gravimétrico (picnómetro):*

5.5.2.1 Llenar parcialmente el picnómetro con agua. Introducir en el picnómetro $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ de árido fino saturado superficialmente seco, preparado como se describe en el numeral 5.4 y llenar con agua adicional hasta aproximadamente el 90% de su capacidad. Agitar el picnómetro como se describe, manualmente en el literal a) o mecánicamente en el literal b) de este numeral.

NOTA 1. Los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) (SSS) pueden ser significativamente más altos en áridos que no se los ha secado en el horno antes de la inmersión, respecto al mismo árido tratado de acuerdo con el numeral 5.4.1.

(Continúa)

- a) Manualmente: rodar, invertir y agitar el picnómetro (o utilizar una combinación de estas tres acciones) para eliminar las burbujas visibles de aire (ver nota 2).
- b) Mecánicamente: agitar el picnómetro mediante una vibración externa, de una forma que no degrade la muestra. Para promover la eliminación de aire sin degradación, es suficiente un nivel de agitación ajustado para solamente mantener las partículas individuales en movimiento. Se puede considerar aceptable un agitador mecánico, si en sayos de comparación para cada período de seis meses de uso, muestra variaciones menores que el rango aceptable de dos resultados (2ds) indicados en la tabla 1, respecto a los resultados de la agitación manual en el mismo material.

5.5.2.2 Luego de eliminar todas las burbujas de aire, ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$, si es necesario mediante inmersión parcial en agua circulante; y llevar el nivel de agua en el picnómetro hasta la marca de calibración. Determinar la masa total del picnómetro, muestra y agua.

5.5.2.3 Retirar el árido fino del picnómetro, secarlo en el horno a una temperatura de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, hasta conseguir una masa constante y enfriarlo a temperatura ambiente por $1\text{ h} \pm \frac{1}{2}\text{ h}$, determinar su masa.

5.5.2.4 Determinar la masa del picnómetro lleno hasta la marca de calibración, con agua a $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$.

5.5.3 *Procedimiento volumétrico (frasco de Le Chatelier):*

5.5.3.1 Llenar el frasco, inicialmente con agua hasta un punto en el cuello, entre las marcas 0 cm^3 a 1 cm^3 . Registrar esta lectura inicial con el frasco y su contenido dentro de un rango de temperatura de $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$. Añadir $55\text{ g} \pm 5\text{ g}$ de árido fino en condición saturado superficialmente seco (u otra cantidad medida, según sea necesario). Después de que todo el árido fino ha sido introducido, colocar el tapón en el frasco y rodarlo en posición inclinada o hacerlo girar suavemente en círculos horizontales, de manera de desalojar todo el aire atrapado, continuando hasta que no suban a la superficie más burbujas (ver nota 3). Tomar la lectura final con el frasco y su contenido a una temperatura dentro de 1 °C respecto de la inicial.

5.5.3.2 Para la determinación de la absorción, utilizar una porción separada de $500\text{ g} \pm 10\text{ g}$ de árido fino en condición saturada superficialmente seca, secarlo hasta conseguir una masa constante y determinar su masa seca.

5.6 Cálculos

5.6.1 Símbolos

- A = masa de la muestra seca al horno, g
 B = masa del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración, g
 C = masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca de calibración, g
 R_1 = lectura inicial del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier, cm^3
 R_2 = lectura final del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier, cm^3
 S = masa de muestra saturada superficialmente seca (utilizada en el procedimiento gravimétrico, para determinar la densidad y la densidad relativa (gravedad específica) o para determinar la absorción, con ambos procedimientos), g
 S_1 = masa de la muestra saturada superficialmente seca (utilizada en el procedimiento volumétrico, para determinar la densidad y la densidad relativa (gravedad específica)), g

5.6.2 Densidad relativa (gravedad específica):

5.6.2.1 Densidad relativa (gravedad específica) (SH). Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición seco al horno, de la siguiente manera:

NOTA 2. Normalmente se necesita alrededor de 15 min a 20 min, para eliminar las burbujas de aire, por métodos manuales. Para dispersar la espuma que algunas veces se genera cuando se eliminan las burbujas

NOTA 3. Para eliminar la espuma que aparece en la superficie, se puede utilizar una pequeña cantidad medida de alcohol isopropílico (no mayor a 1 cm^3). El volumen de alcohol utilizado debe ser restado de la lectura final registrada. (R_2).

(Continúa)

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SH)} = \frac{A}{(B + S - C)} \quad (1)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SH)} = \frac{A}{S_1 \left(\frac{S}{S_1} \right)} = \frac{A}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (2)$$

5.6.2.2 Densidad relativa (gravedad específica) (SSS). Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)} = \frac{S}{(B + S - C)} \quad (3)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)} = \frac{S_1}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (4)$$

5.6.2.3 Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). Calcular la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)} = \frac{A}{(B + A - C)} \quad (5)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)} = \frac{A}{S_1 \left(\frac{S}{S_1} \right) - \left[\left(\frac{S}{S_1} \right) (S - A) \right]} = \frac{A}{0,9975(R_2 - R_1) - \left[\left(\frac{S}{S_1} \right) (S - A) \right]} \quad (6)$$

5.6.3 Densidad:

5.6.3.1 Densidad (SH). Calcular la densidad del árido en condición seco al horno, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(B + S - C)} \quad (7)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 S_1 \left(\frac{S}{S_1} \right)}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (8)$$

(Continúa)

5.6.3.2 Densidad (SSS). Calcular la densidad del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 S}{(B + S - C)} \quad (9)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 S_1}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (10)$$

5.6.3.2 Densidad aparente. Calcular la densidad aparente de la siguiente

manera: a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad aparente (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(B + A - C)} \quad (11)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad aparente (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 S_1 \left(\frac{A}{S} \right)}{0,9975(R_2 - R_1) - \left[\left(\frac{A}{S} \right) (S - A) \right]}$$

5.6.4 Absorción . Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(S - A)}{A} \times 100 \quad (13)$$

(Ver nota 4)

5.7 Informe de resultados. Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Fecha de muestreo y ensayo,
- b) Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- c) Identificación de la muestra de árido fino,
- d) Resultados de densidad con una aproximación de 10 kg/m³, resultados de densidad relativa (gravedad específica) con una aproximación de 0,01 e indicar la condición del árido para densidad o densidad relativa (gravedad específica), ya sea (SH), (SSS) o aparente,
- e) Resultado de absorción con una aproximación de 0,1%,
- f) Si los valores de densidad, densidad relativa (gravedad específica) fueron determinados sin el secado preliminar del árido, según lo permitido en el numeral 5.4.1.1, registrar este particular en el informe,
- g) Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

NOTA 4. El valor constante (997,5 kg/m³), utilizado en los cálculos de los numerales 5.6.2 a 5.6.4 es la densidad del agua destilada a 23 °C. Algunas autoridades recomiendan utilizar la densidad del agua destilada a 4 °C (1 000 kg/m³ o 1,000 Mg/m³), valores suficientemente precisos.

(Continúa)

5.8 Precisión y desviación

5.8.1 Precisión. La estimación de la precisión de este método de ensayo, que figura en la tabla 1, se basa en los resultados del Programa de muestras de referencia del laboratorio de materiales de la AASHTO, los ensayos fueron realizados de acuerdo a la norma ASTM C 128 y a la norma AASHTO T 84. La diferencia significativa entre estos métodos es que la norma ASTM C 128 requiere un período de saturación de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ mientras que la norma AASHTO T 84 requiere un período de saturación de 15 h a 19 h. Se ha encontrado que esta diferencia tiene un efecto insignificante sobre los índices de precisión. Los datos se basan en el análisis de más de 100 pares de resultados de ensayos de 40 a 100 laboratorios. La estimación de la precisión para densidad fue calculada a partir de valores determinados de densidad relativa (gravedad específica), utilizando la densidad del agua destilada a $23 \text{ }^\circ\text{C}$ para la conversión.

TABLA 1. Precisión

	Desviación estándar (1s) ^A	Rango aceptable de dos resultados (d2s) ^A
Precisión para un solo operador:		
Densidad (SH), kg/m ³	11	13
Densidad (SSS), kg/m ³	9,5	27
Densidad aparente, kg/m ³	9,5	27
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,011	0,032
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,0095	0,027
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,0095	0,027
Absorción, % ^B	0,11	0,31
Precisión multilaboratorio:		
Densidad (SH), kg/m ³	23	64
Densidad (SSS), kg/m ³	20	56
Densidad aparente, kg/m ³	20	56
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,023	0,066
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,020	0,056
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,020	0,056
Absorción, % ^B	0,23	0,66
^A Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670. La estimación de la precisión fue obtenida del análisis de los resultados de las muestras de referencia combinadas del laboratorio de materiales de la AASHTO, obtenidos de laboratorios que utilizaron un tiempo de saturación de 15 h a 19 h y otros laboratorios que utilizaron $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ de saturación. El ensayo se realizó en áridos de masa normal y comenzó con los áridos en condición seca al horno.		
^B La estimación de la precisión está basada en áridos con absorciones menores de 1% y pueden variar en áridos finos producto de trituración, así como en áridos que tengan valores de absorción mayores de 1%.		

5.8.2 Desviación. Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

(Continúa)

APÉNDICE W
(Información opcional)

CRITERIOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR LA CONDICIÓN SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA, EN MATERIALES QUE NO SE DESMORONAN FÁCILMENTE

W.1 En materiales que no se desmoronan fácilmente se han utilizado los siguientes criterios:

W.1.1 *Ensayos provisionales de cono.* Realizar el ensayo del molde cónico como se describe en el numeral 5.4.3, excepto que se debe aplicar solamente 10 golpes. Añadir más árido fino y aplicar 10 golpes nuevamente. A continuación, agregar material dos veces más, aplicando 3 y 2 golpes del compactador, respectivamente. Nivelar el material al ras de la parte superior del molde, retirar el material suelto en la base y levantar el molde verticalmente.

W.1.2 *Ensayo provisional de la superficie.* Si se observan los finos en el aire cuando se tiene un árido fino que no se desmorona cuando se encuentra en una condición de humedad, agregar más humedad al árido fino y cuando se considera que el material está en la condición de superficie seca, colocar con la mano aproximadamente 100 g de material sobre una superficie plana, no absorbente, seca, limpia, oscura o gris, como una plancha de caucho, una superficie de acero, galvanizada o una superficie de metal pintada de negro. Después de 1 s a 3 s, retirar el árido fino. Si se muestra humedad visible en la superficie de ensayo por más de 1 s a 2 s, entonces se considera que la humedad superficial está aún presente en el árido fino.

W.1.3 Procedimientos colorimétricos, descritos por Kandhal y Lee, en Highway Research Record No. 307, página 44.

W.1.4 Para alcanzar la condición saturada superficialmente seca en un material de un solo tamaño, que se desmorona cuando está húmedo, se pueden utilizar toallas de papel con textura áspera para secar la superficie del material hasta el punto donde se alcanza la condición, que es cuando la toalla de papel no parece estar recogiendo humedad de las superficies de las partículas del árido fino.

(Continúa)

APÉNDICE X
(Información opcional)

DIFERENCIAS POTENCIALES EN LA DENSIDAD RELATIVA Y LA ABSORCIÓN DEBIDO A LA PRESENCIA DE MATERIAL MÁS FINO QUE 75 μm

X.1 Se ha encontrado que puede haber diferencias significativas en la densidad relativa y la absorción, entre muestras de árido fino ensayadas con material más fino que 75 μm (tamiz No. 200) presente y no presente en las muestras. Las muestras en las que no se ha retirado el material más fino que 75 μm , por lo general dan una mayor absorción y una menor densidad relativa en comparación con el resultado del ensayo del mismo árido fino del cual se ha retirado el material más fino que 75 μm , siguiendo los procedimientos de la NTE INEN 697. En las muestras que contienen material más fino que 75 μm , se puede crear una capa que recubre las partículas más gruesas del árido fino, durante el proceso de secado superficial. El resultado de la medición de la densidad relativa y absorción, es el de las partículas aglomeradas y recubiertas y no el del material original. La diferencia en la absorción y en la densidad relativa determinada entre las muestras en las que no se ha retirado el material más fino que 75 μm y las muestras en las que sí se lo ha retirado, depende tanto de la cantidad presente del material más fino que 75 μm como de la naturaleza del material. Cuando la presencia del material más fino que 75 μm es menor que aproximadamente el 4% en masa, la diferencia en la densidad relativa entre las muestras lavadas y sin lavar es inferior a 0,03. Cuando la presencia del material más fino que 75 μm es mayor que aproximadamente el 8% en masa, la diferencia en la densidad relativa obtenida entre las muestras lavadas y sin lavar puede ser tan grande como 0,13. Se ha encontrado que la densidad relativa determinada en áridos finos de los cuales se ha retirado el material más fino que 75 μm antes del ensayo, refleja con mayor precisión la densidad relativa del material.

X.2 Se puede suponer que el material más fino que 75 μm , que se extrae, tiene la misma densidad relativa del árido fino. Alternativamente, la densidad relativa (gravedad específica) del material más fino que 75 μm puede ser también evaluada, utilizando el procedimiento descrito en la norma ASTM D 854, sin embargo, este ensayo determina la densidad relativa aparente y no la densidad relativa.

(Continúa)

APÉNDICE Y
(Información opcional)

**INTERRELACIÓN ENTRE DENSIDADES RELATIVAS (GRAVEDADES ESPECÍFICAS) Y
ABSORCIÓN, SEGÚN SE DEFINEN EN LAS NTE INEN 857 Y NTE INEN 856**

Y.1 Este apéndice proporciona relaciones matemáticas entre los tres tipos de densidad relativa (gravedad específica) y la absorción. Estos valores pueden ser útiles para controlar la correspondencia de los datos reportados o calcular un valor que no se ha reportado mediante el uso de otros datos reportados.

Y.2 Donde:

S_d = densidad relativa (gravedad específica) (SH),

S_s = densidad relativa (gravedad específica) (SSS),

S_a = densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), y

A = absorción en %.

Calcular los valores de cada uno, de la siguiente manera:

$$S_s = \left(1 + \frac{A}{100}\right) S_d \quad (Y.1)$$

$$S_s = \frac{1}{\frac{S_d - 100}{100}} = \frac{S_d}{1 - \frac{A}{100}} \quad (Y.2)$$

$$\text{ó } S_a = \frac{1}{\frac{S_s}{100} - \frac{A}{100}} = \frac{S_s}{1 - \frac{A}{100}(S_s - 1)} \quad (Y.3)$$

$$A = \left(\frac{S_s}{S_d} - 1\right) 100 \quad (Y.4)$$

$$A = \left(\frac{S_a - S_s}{S_a(S_s - 1)}\right) 100 \quad (Y.5)$$

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 156	<i>Cemento hidráulico. Determinación de la densidad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 697	<i>Áridos. Determinación del material más fino que pas a el tamiz con aberturas de 75 μM (No. 200), mediante lavado.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 857	<i>Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 858	<i>Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 859	<i>Áridos para hormigón. Determinación de la humedad superficial en el árido fino.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 862	<i>Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566	<i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo</i>
Norma ASTM C 128	<i>Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del árido fino.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción</i>
Norma ASTM D 854	<i>Método de ensayo para determinar la gravedad específica de los suelos sólidos por medio del picnómetro con agua.</i>
Norma AAASHTO T 84	<i>Gravedad específica y absorción del árido fino.</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 128 – 07a. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2007.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: **TÍTULO:** **ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA** **Código:**
NTE INEN 856 **DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD** **CO 02.03-307**
Primera revisión **ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO**

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo Ministerial No. 504 del 1983-09-27 publicado en el Registro Oficial No. 598 del 1983-10-13 Fecha de iniciación del estudio: 2010-02-25
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: **HORMIGONES, ÁRIDOS Y MORTEROS**
Fecha de iniciación: 2010-03-09 Fecha de aprobación: 2010-03-25 Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)

Ing. José Arce (Vicepresidente)
Ing. Jaime Salvador

Ing. Raúl Ávila

Ing. Hugo Egüez
Ing. Raúl Cabrera
Sr. Carlos Aulestia
Ing. Xavier Arce
Ing. Marlon Valarezo
Arq. Soledad Moreno
Ing. Carlos González
Ing. Víctor Buri
Ing. Douglas Alejandro
Ing. Verónica Miranda

Ing. Diana Sánchez

Ing. Stalin Serrano
Ing. Xavier Herrera
Ing. Mireya Martínez
Ing. Rubén Vásquez
Ing. Víctor Luzuriaga
Ing. Patricio Torres
Ing. Luis Balarezo
Ing. Eric Galarza
Ing. Nelson Alvear
Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
HORMIGONES HÉRCULES S. A.
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL
HORMIGÓN. INECYC.
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN
PREMEZCLADO DEL ECUADOR, APRHOPEC.
HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS
HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES
LAFARGE CEMENTOS S. A.
CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE GUAYAQUIL.
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
INTACO ECUADOR S. A.
INTACO ECUADOR S. A.
HORMIGONES HÉRCULES S. A.
MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.
COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA /
HORMIGONERA EQUINOCCIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
HORMIGONERA EQUINOCCIAL.
HORMIGONERA QUITO
CAMINOSCA CIA. LTDA.
CEMENTO CHIMBORAZO C. A.
INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.
DICOPLAN CIA. LTDA.
CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO
SIKA ECUATORIANA S. A.
SIKA ECUATORIANA S. A.
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL
HORMIGÓN. INECYC

Otros trámites: ♦⁴ La NTE INEN 856:1983 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 856:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 856:1983

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-10-29

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 347 de 2010-12-23

Por Resolución No. 127-2010 de 2010-11-30

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815**

Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec

Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inencati@inen.gov.ec

Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec

Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec

Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec

URL: www.inen.gov.ec



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE IN EN 639:2012
Segunda revisión

BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN. MUESTREO Y ENSAYOS.

Primera Edición

STANDARD TEST METHODS FOR SAMPLING AND TESTING HOLLOW CONCRETE BLOCKS.

First Edition

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, hormigón y productos de hormigón, bloques huecos de hormigón, muestreo, ensayos.
CO 02.08-201
CDU: 691.328
CIU: 3699
ICS: 91.100.30

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN. MUESTREO Y ENSAYOS.	NTE INEN 639:2012 Segunda revisión 2012-05
---	--	---

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los procedimientos de muestreo y de ensayo que deben ser utilizados para evaluar las características de los bloques huecos de hormigón.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica para evaluar los bloques huecos de hormigón hidráulico que se emplean en la construcción de muros portantes, tabiques divisorios no portantes y en losas alivianadas de hormigón armado. Se excluyen los paneles o bloques de hormigón espumoso, fabricados con materiales especiales destinados a obtener una densidad muy reducida (ver nota 1).

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de las normas ASTM C 1 232 y ASTM E 6.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 **Resumen.** En esta norma se proporcionan los requisitos generales para: muestreo, medición de dimensiones, resistencia a la compresión, absorción, densidad y contenido de humedad de bloques huecos de hormigón.

5.2 Muestreo

5.2.1 Selección de especímenes :

5.2.1.1 Para propósitos de los ensayos, el comprador o su representante autorizado debe seleccionar especímenes enteros. Los especímenes seleccionados deben tener forma y dimensiones similares y ser representativos de todo el lote de bloques de hormigón del cual han sido seleccionados.

5.2.1.2 El término "lote" se refiere a un número de bloques de hormigón de cualquier forma o dimensión, fabricados por el productor utilizando los mismos materiales, diseño de mezcla de hormigón, proceso de fabricación y método de curado.

NOTA 1. Se recomienda que el laboratorio que utiliza este método de ensayo, sea evaluado de acuerdo con la NTE INEN-ISO/IEC 17 025.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, hormigón y productos de hormigón, bloques huecos de hormigón, muestreo, ensayos.

5.2.2 Número de especímenes:

5.2.2.1 El conjunto de especímenes debe estar compuesto por seis unidades enteras.

5.2.2.2 Para los ensayos de: resistencia a compresión, absorción, densidad y contenido de humedad, se debe seleccionar un conjunto de especímenes de cada lote de 10 000 unidades o fracción y para lotes de más de 10 000 y menos de 100 000 unidades dos conjuntos de especímenes. Para lotes mayores a 100 000 unidades, se debe seleccionar un conjunto de especímenes por cada 50 000 unidades o fracción de éstas contenidas en el lote. Si el comprador lo solicita se pueden tomar especímenes adicionales.

5.2.3 Eliminar el material suelto de los especímenes (incluyendo las celdas) antes de determinar la masa tal como se recibe (ver nota 2).

5.2.4 *Identificación* . Rotular cada espécimen de manera que se puedan identificar en cualquier momento. El rotulado no debe cubrir más del 5% de la superficie del espécimen.

5.2.5 *Masa tal como se recibe*. Determinar la masa de cada espécimen inmediatamente después del muestreo y de la identificación y registrarla como M_r (masa tal como se recibe). Registrar la hora y lugar en que se determinó M_r (ver nota 3).

5.3 Medición de las dimensiones

5.3.1 Equipos:

5.3.1.1 *Aparatos de medición* : Los dispositivos utilizados para medir las dimensiones del espécimen deben tener divisiones no mayores a 1 mm, cuando la dimensión a ser informada tiene una aproximación a 1 mm, y no mayores a 0,1 mm, cuando la dimensión a ser informada tiene una aproximación a 0,1 mm.

5.3.1.2 Los aparatos de medición deben ser legibles y con una exactitud de las divisiones requerida para el informe. La precisión debe ser verificada al menos una vez al año. El registro de verificación debe incluir la fecha de la verificación, la persona o entidad que la realizó, identificación de la norma de referencia utilizada, los puntos de ensayo utilizados durante la verificación y las lecturas en los puntos de ensayo.

5.3.2 *Especímenes*. Para la medición de las dimensiones, se deben seleccionar tres unidades enteras.

5.3.3 *Mediciones*. Medir los especímenes de acuerdo con lo indicado en el Anexo A. Documentar la ubicación de cada medición con un dibujo o fotografía del espécimen (ver notas 4 y 5).

NOTA 2. Normalmente se utiliza una piedra abrasiva o un cepillo de alambre para eliminar el material suelto.

NOTA 3. Las masas tal como se reciben frecuentemente tienen relación directa con otras propiedades de los bloques de hormigón y son, por lo tanto, un método útil para evaluar resultados o para efectos de clasificación. La masa de un espécimen cambia con el tiempo y con las condiciones de exposición, principalmente a causa de la humedad interna del mismo. Por lo tanto, para entender el contexto del valor de la masa tal como se recibe, también es importante entender el momento y las condiciones donde se determinó la masa. Los términos "hora y lugar" no se refieren a cuándo y dónde fueron muestreados los especímenes sino a cuándo y dónde fueron determinadas las masas tal como se recibe. Además de las referencias de fecha y hora, es importante conocer si esas masas se determinaron después de que los especímenes alcanzaron el equilibrio con las condiciones ambientales del laboratorio o antes de que los bloques sean enviados o luego de entregarlos en la obra y así sucesivamente.

NOTA 4. Los especímenes utilizados para la medición de las dimensiones, pueden ser utilizados en otros ensayos.

NOTA 5. Se debe demostrar que los calibradores, micrómetros y balanzas de acero, y sus divisiones con la exactitud y legibilidad adecuada, son apropiados para estas mediciones.

(Continúa)

5.4 Resistencia a compresión

5.4.1 Equipos de ensayo:

5.4.1.1 La máquina de ensayo debe tener una exactitud de $\pm 1,0\%$ del rango de carga esperado. La placa superior de transferencia de carga, de metal endurecido, debe estar apoyada sobre una esfera y debe estar firmemente unida al cabezal superior de la máquina. El centro de la esfera debe coincidir con el centro de la superficie que se apoya sobre su asiento esférico, pero debe tener libertad de girar en cualquier dirección y su perímetro debe tener una holgura de al menos 6,3 mm desde el cabezal de la máquina con el fin de poder acomodar los especímenes cuyas superficies de apoyo no sean paralelas. El diámetro de la placa superior (determinado de acuerdo con el Anexo B) debe ser de al menos 150 mm. Se puede utilizar una placa adicional de metal endurecido bajo el espécimen, para minimizar el desgaste de la placa inferior de la máquina.

5.4.1.2 Cuando el área de carga de las placas superior e inferior no es suficiente para cubrir el área del espécimen, se debe colocar entre la placa de carga y el espécimen refrentado, una única placa adicional de acero con un espesor de al menos la distancia del borde de la placa a la esquina más distante del espécimen. La longitud y el ancho de la placa adicional de acero debe ser al menos 6 mm mayor que la longitud y el ancho de los especímenes.

5.4.1.3 Las superficies de la placa de carga o de la placa adicional, que va a estar en contacto con el espécimen deben tener una dureza no menor a HRC 60 (BHN 620) y no presentar desviaciones del plano en más de 0,03 mm en cualquier dimensión de 150 mm (ver notas 6 y 7).

5.4.1.4 La máquina de ensayo debe ser verificada de acuerdo con la norma ASTM E 4, con la frecuencia definida en la norma ASTM C 1 093.

5.4.2 Especímenes de ensayo:

5.4.2.1 Se ensayarán a compresión tres especímenes.

5.4.2.2 Cuando sea posible y a menos que se especifique de otra manera en el Anexo A, los especímenes deben ser unidades enteras. Cuando los especímenes no puedan ser ensayados enteros, debido a su forma o a los requisitos de la máquina de ensayo, se puede reducir el tamaño del espécimen de acuerdo con el Anexo A.

5.4.2.3 Después de la entrega al laboratorio, almacenar los especímenes para ensayos a compresión uno a continuación de otro y al aire (sin apilarlos y separados entre sí por al menos 13 mm por todos sus lados), a una temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa inferior al 80% por al menos 48 h. Sin embargo, si se necesitan resultados de compresión más rápidamente, almacenar los especímenes, sin apilarlos y en las mismas condiciones descritas anteriormente, con una corriente de aire proveniente de un ventilador eléctrico que pase por ellos, por un período de al menos 4 h. Continuar pasando el aire sobre los especímenes hasta que dos determinaciones sucesivas de masa, a intervalos de 2 horas, demuestren que la masa del espécimen no disminuye en más del 0,2% respecto a la masa del espécimen previamente determinada y hasta que no haya humedad visible en cualquier superficie de la unidad. No se debe utilizar el horno para secar los especímenes (ver nota 8).

NOTA 6. La investigación ha demostrado que el espesor de las placas adicionales de carga tiene un efecto significativo en el ensayo de resistencia a compresión de bloques de hormigón, cuando el área de carga de las placas no es suficiente para cubrir el área del espécimen. La deformación de la placa adicional implica distribuciones no uniformes de esfuerzos que pueden influir en los mecanismos de falla de los especímenes ensayados. La magnitud de este efecto es controlada por la rigidez de la placa adicional, el tamaño y la resistencia del espécimen ensayado. Los resultados de resistencias a compresión generalmente se incrementan con el aumento del espesor de la placa adicional y con la reducción de la distancia a la esquina más alejada del espécimen. Algunos laboratorios de ensayo tienen limitaciones que restringen la viabilidad de eliminar completamente la deformación de la placa adicional, por lo tanto, los requisitos para el espesor de la placa adicional indicados en el numeral 5.4.1 están destinados a proporcionar un adecuado nivel de exactitud en los resultados del ensayo a compresión para conformar los límites de viabilidad del laboratorio de ensayo.

NOTA 7. El Anexo B incluye una guía para determinar el espesor requerido de la placa adicional, basándose en la configuración del espécimen y la máquina de ensayo.

NOTA 8. En esta norma, el área neta (a diferencia de ciertas unidades sólidas, ver el numeral 5.6.4) se determina a partir de especímenes diferentes de los sometidos al ensayo de compresión. El ensayo de resistencia a compresión se basa en la suposición de que las unidades utilizadas para determinar el volumen neto (especímenes para determinar la absorción) tienen el mismo volumen neto que las unidades utilizadas para el ensayo a compresión. Cuando se muestrean especímenes con las caras separadas en su fabricación, los cuales tienen superficies irregulares, deben ser separados al momento que son muestreados del lote, y cortados de manera que los especímenes para el ensayo de absorción tengan un volumen neto que sea representativo visualmente y una masa que sea representativa de los especímenes para el ensayo a compresión.

(Continúa)

5.4.2.4 Cuando esta norma o el Anexo A permiten o requieren el corte con sierra de los especímenes, el aserrado debe realizarse de una manera exacta y competente, sometiendo al espécimen a la menor vibración de aserrado posible. Utilizar una hoja de sierra de diamante con dureza adecuada. Si el espécimen está húmedo durante el aserrado, dejar que el espécimen se seque hasta que se equilibre con las condiciones ambientales del laboratorio antes del ensayo, utilizando los procedimientos descritos en el numeral 5.4.2.3.

5.4.2.5 Si los especímenes para ensayo a compresión han sido aserrados de las unidades enteras y no se puede determinar su área neta mediante el procedimiento descrito en el numeral 5.6.4.1, aserrar tres unidades adicionales con las dimensiones y la forma de los tres especímenes para el ensayo de compresión. Se debe considerar el área neta promedio de los especímenes aserrados para compresión, como el área neta promedio de las tres unidades aserradas adicionales, calculada de acuerdo a lo indicado en el numeral 5.6.4. El cálculo del volumen neto de los especímenes aserrados no debe ser utilizado en el cálculo de espesor equivalente.

5.4.3 Refrentado. Refrentar los especímenes para ensayo de acuerdo con la NTE INEN 2619.

5.4.4 Procedimiento para el ensayo a compresión :

5.4.4.1 Posición de los especímenes . Ensayar los especímenes con los centroides de sus superficies de soporte, alineados verticalmente con el centro de aplicación de carga del bloque de acero con soporte esférico asentado en la máquina de ensayo (ver nota 9). Todos los especímenes deben ser ensayados con sus celdas en posición vertical, excepto las unidades especiales destinadas para ser usadas con sus celdas en dirección horizontal. Las unidades de mampostería que son 100% sólidas y las unidades huecas especiales para uso con sus celdas en dirección horizontal, deben ser ensayadas en la misma posición que van a tener durante el servicio. Antes de ensayar cada espécimen, asegurarse que el bloque superior de carga se mueva libremente dentro de su asiento esférico para lograr un asiento uniforme durante el ensayo.

5.4.4.2 Condición de humedad de los especímenes . Al momento de su ensayo, estos deben estar libres de humedad visible.

5.4.4.3 Velocidad de ensayo. Aplicar la carga (hasta la mitad de la carga máxima esperada), a cualquier velocidad conveniente, luego se deben ajustar los controles de la máquina, según sea necesario, para proporcionar una velocidad uniforme de desplazamiento del cabezal móvil, de tal manera que la carga restante se aplica en un periodo de tiempo entre 1 min y 2 min.

5.4.4.4 Carga máxima. Registrar la carga máxima de compresión, en newtons, como P_{max} .

5.5 Absorción

5.5.1 Equipo. Una balanza con una exactitud dentro del 0,5% de la masa del espécimen más pequeño ensayado.

5.5.2 Especímenes para ensayo:

5.5.2.1 El ensayo de absorción se realizará en tres especímenes.

5.5.2.2 A menos que se especifique de otra manera en el Anexo A, se deben realizar los ensayos en especímenes enteros o en especímenes cortados de unidades enteras. Los valores calculados de absorción y densidad de especímenes de tamaño reducido deben ser considerados como representativos del espécimen entero.

NOTA 9. En las unidades que son simétricas con respecto a un eje, se puede determinar la localización de dicho eje geoméricamente, dividiendo la dimensión perpendicular a ese eje (pero en el mismo plano) para dos. En las unidades que no son simétricas con respecto a un eje, se puede determinar la localización de dicho eje balanceando la unidad sobre una varilla de metal colocada paralelamente a dicho eje, esta debe ser recta, cilíndrica (capaz de rodar libremente sobre una superficie plana), tener un diámetro de al menos 6,4 mm pero no mayor a 19,1 mm y su longitud debe ser suficiente para que sobresalga de cada extremo del espécimen cuando esté colocado sobre ella. La varilla metálica debe ser colocada sobre una superficie lisa, plana y nivelada. Una vez determinado el eje del centroide, se lo debe marcar en el borde del espécimen, utilizando un lápiz o un marcador que tenga un ancho de marcación no mayor a 1,3 mm. Frecuentemente se emplea como varilla para el balanceo, a la varilla de compactación utilizada para compactar el hormigón y el grout en el ensayo de asentamiento de acuerdo con la NTE INEN 1 578.

(Continúa)

5.5.3 Procedimiento:

5.5.3.1 Saturación. Sumergir en agua los especímenes para ensayo, a una temperatura entre 16 °C y 27 °C durante un lapso de 24 h a 28 h. Determinar la masa de los especímenes mientras están suspendidos por un alambre de metal y totalmente sumergidos en el agua y registrar este valor como M_i (masa del espécimen sumergido). Retirarlos del agua y dejar que se escurran durante 60 s \pm 5 s, colocándolos sobre una malla de alambre de al menos 9,5 mm de diámetro, retirar el agua visible de la superficie con un paño húmedo, determinar su masa y registrar este valor como M_s (masa del espécimen saturado).

5.5.3.2 Secado. Luego de la saturación, secar todos los especímenes en un horno ventilado entre 100 °C y 115 °C durante al menos 24 horas, hasta que dos determinaciones sucesivas de masa, a intervalos de 2 horas, demuestren que la masa del espécimen no disminuye en más del 0,2% respecto de la última determinación. Registrar la masa de los especímenes secos como M_d (masa del espécimen seco al horno).

5.6 Cálculos

5.6.1 Absorción. Calcular la absorción de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_s - M_d}{M_s - M_i} \times 1\,000 \quad (1)$$

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

Donde:

M_s = masa del espécimen saturado, (kg)
 M_i = masa del espécimen sumergido, (kg)
 M_d = masa del espécimen seco al horno, (kg)

5.6.2 Contenido de humedad. Calcular el contenido de humedad del espécimen al momento en que se realiza el muestreo (cuando se mide M_r) de la siguiente manera (ver nota 10):

$$\text{Contenido de humedad, (\% del total de absorción)} = \frac{M_r - M_d}{M_s - M_d} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

M_r = masa del espécimen tal como se recibe, (kg)
 M_d = masa del espécimen seco al horno, (kg)
 M_s = masa del espécimen saturado, (kg)

5.6.3 Densidad. Calcular la densidad del espécimen seco al horno de la siguiente manera:

$$\text{Densidad (D), (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_d}{M_s - M_i} \times 1\,000 \quad (3)$$

Donde:

M_d = masa del espécimen seco al horno, (kg)
 M_s = masa del espécimen saturado, (kg)
 M_i = masa del espécimen sumergido, (kg)

NOTA 10. Cuando se determina el contenido de humedad de un espécimen o un conjunto de especímenes, el valor determinado es una medida del contenido de agua del espécimen, basándose en la masa tal como se recibe del espécimen M_r , por lo tanto, el cálculo anterior de contenido de humedad solo es aplicable al contenido de humedad del espécimen al momento en que se determina la masa tal como se recibe M_r .

(Continúa)

5.6.4 Área neta promedio . Calcular el área neta promedio de la siguiente manera:

$$\text{Volumen neto } (V_n), (\text{mm}^3) = \frac{M_d}{D} = (M_s - M_i) \times 10^6 \quad (4)$$

$$\text{Área neta promedio } (A_n), (\text{mm}^2) = \frac{V_n}{H}$$

Donde:

V_n = volumen neto del espécimen, (mm^3)
 M_d = masa del espécimen seco al horno, (kg)
 D = densidad del espécimen seco al horno, (kg/m^3)
 M_s = masa del espécimen saturado, (kg)
 M_i = masa del espécimen sumergido, (kg)
 A_n = área neta promedio del espécimen, (mm^2), y
 H = altura promedio del espécimen, (mm).

5.6.4.1 Calcular el área neta de los especímenes enteros o de las fracciones, cuya área neta transversal en cada plano paralelo a la superficie de soporte es el área bruta de la sección transversal medida en el mismo plano, a excepción de los especímenes con forma irregular tales como aquellos con superficies separadas en su fabricación, de la siguiente manera:

$$\text{Área neta } (A_n), (\text{mm}^2) = L \times W \quad (5)$$

Donde:

A_n = área neta de la fracción o del espécimen entero, (mm^2)
 L = longitud promedio de la fracción o del espécimen entero, (mm), y
 W = ancho promedio de la fracción o del espécimen entero, (mm)

5.6.5 Área bruta . Calcular el área bruta de la siguiente manera:

$$\text{Área bruta } (A_g), (\text{mm}^2) = L \times W \quad (6)$$

Donde:

A_g = área bruta del espécimen entero, (mm^2)
 L = longitud promedio del espécimen entero, (mm), y
 W = ancho promedio del espécimen entero, (mm)

5.6.5.1 El área bruta de la sección transversal de un espécimen es el área total de la sección perpendicular a la dirección de la carga, incluidas las áreas dentro de las celdas y los espacios entre las salientes, a menos que estos espacios vayan a ser ocupados por porciones de mampostería adyacente.

5.6.6 Resistencia a compresión :

5.6.6.1 Resistencia a compresión del área neta. Calcular la resistencia a compresión del área neta del espécimen, de la siguiente manera:

$$\text{Resistencia a compresión del área neta, (MPa)} = \frac{P_{\max}}{A_n} \quad (7)$$

Donde:

P_{\max} = carga máxima de compresión, (N), y
 A_n = área neta del espécimen, (mm^2)

5.6.6.2 Resistencia a compresión del área bruta. Calcular la resistencia a compresión del área bruta del espécimen, de la siguiente manera:

(Continúa)

$$\text{Resistencia a compresión del área bruta, (MPa)} = \frac{P_{\max}}{A_g} \quad (8)$$

Donde:

P_{\max} = carga máxima de compresión, (N), y
 A_g = área bruta del espécimen, (mm²)

5.7 Informe de resultados

5.7.1 En el informe de resultados de ensayo, todos los valores observados o calculados deben ser redondeados mediante el siguiente procedimiento:

5.7.1.1 Cuando el dígito inmediatamente posterior a la última posición que va a ser considerada es menor que 5, mantener sin cambios el dígito de la última posición considerada.

5.7.1.2 Cuando el dígito inmediatamente posterior a la última posición que va a ser considerada es mayor o igual a 5, incrementar en 1 el dígito de la última posición considerada (ver nota 11).

5.7.2 Un informe completo debe incluir la siguiente información general:

5.7.2.1 Nombre y dirección del laboratorio de ensayo,

5.7.2.2 Identificación del informe y la fecha de su expedición,

5.7.2.3 Nombre y dirección del cliente o identificación del proyecto,

5.7.2.4 Descripción e identificación del espécimen para ensayo,

5.7.2.5 Fecha de recepción del espécimen,

5.7.2.6 Fecha (s) del desarrollo del ensayo,

5.7.2.7 Identificación de la norma utilizada y registro de cualquier desviación conocida del método de ensayo,

5.7.2.8 Nombre del (los) responsable (s) técnico (s) del informe de ensayo,

5.7.2.9 Edad de los especímenes para ensayo, si se conoce,

5.7.2.10 Identificación de los resultados de los ensayos subcontratados, y

5.7.2.11 Una fotografía, dibujo o descripción de la forma del espécimen.

5.7.3 Un informe completo debe incluir los siguientes resultados de los ensayos realizados:

5.7.3.1 Las dimensiones promedio: ancho, alto y longitud, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 1 mm.

5.7.3.2 El área neta, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 10 mm².

5.7.3.3 La carga máxima, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados. Registrar la carga como se indica, con una aproximación de 5 N o con la exactitud mínima de la máquina de ensayo que se utiliza, la que sea mayor.

5.7.3.4 La resistencia a compresión del área neta, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 0,1 MPa.

NOTA 11. Como ejemplo, en el numeral 5.7.3.7 se requiere que los resultados de densidad sean informados con una aproximación de 1 kg/m³. El valor calculado de 2 096,5 kg/m³ debe ser informado como 2 097 kg/m³. Ver la NTE INEN 52.

(Continúa)

5.7.3.5 Las masas del espécimen sumergido, saturado y seco al horno (M_i , M_s y M_d); con una aproximación de 0,05 kg, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados.

5.7.3.6 La absorción, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 1 kg/m³.

5.7.3.7 La densidad, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 1 kg/m³.

5.7.3.8 El volumen neto, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 0,0002 m³.

5.7.3.9 Cuando sea necesario, informar la masa tal como se recibe (M_r), con una aproximación de 0,05 kg y el contenido de humedad con una aproximación de 0,1%, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados. Además informar la hora en que se determina el contenido de humedad (cuando se mide M_r).

5.7.3.10 El tamaño y forma de los especímenes ensayados a compresión y a absorción.

5.7.4 Un informe completo debe incluir también los requisitos adicionales del literal A.6 del Anexo A.

(Continúa)

ANEXO A
(Información obligatoria)

PROCEDIMIENTOS PARA ENSAYOS DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN

A.1 Alcance. En este anexo se incluyen los requisitos para ensayo de bloques huecos de hormigón, que se fabrican de acuerdo con las especificaciones de las normas ASTM C 90 y ASTM C 129.

A.2 Medición

A.2.1 En cada unidad medir y registrar: el ancho (W) a través de las superficies de contacto; en el centro de la longitud; la altura (H) en el centro de la longitud de cada cara y la longitud (L) en el centro de la altura de cada cara, con la aproximación requerida para el informe.

A.2.2 En cada unidad medir el espesor de cara (E_p) y el espesor del tabique (E_t) en el punto más delgado de cada elemento, 12 mm por debajo de la superficie superior de la unidad tal como se la fabrica (por lo general la superficie inferior de la unidad tal como se la coloca) y registrar con la aproximación requerida para el informe. En las mediciones ignorar surcos, protuberancias y detalles similares.

A.2.3 En cada unidad, cuando el punto más delgado de la cara opuesta tenga una diferencia de espesor menor a 3 mm, calcular el espesor mínimo de la cara 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 cara es el menor valor entre las dos mediciones registradas.

A.2.4 En cada unidad calcular el espesor mínimo promedio del tabique promediando todas las mediciones del espesor del tabique que tengan un espesor igual o mayor a 19 mm (ver nota A.1).

A.3 Ensayo de resistencia a compresión

A.3.1 Especímenes para ensayo. Los especímenes deben ser unidades enteras, excepto por la modificación indicada en los literales A.3.1.1 a A.3.1.3.

A.3.1.1 Extensiones no compatibles que tengan una longitud mayor que su espesor deben ser eliminadas mediante aserrado (ver figura A.1). En unidades con tabiques empotrados, la cara de extensión sobre el tabique debe ser eliminada mediante aserrado (ver figura A.2), para proporcionar una superficie de soporte total sobre la sección transversal neta de la unidad. Cuando la altura resultante de la unidad se reduce en más de un tercio de la altura original de la unidad, se ensaya solamente una fracción de esta de acuerdo con el literal A.3.1.3.

FIGURA A.1. Extensiones en que la longitud es mayor que el espesor

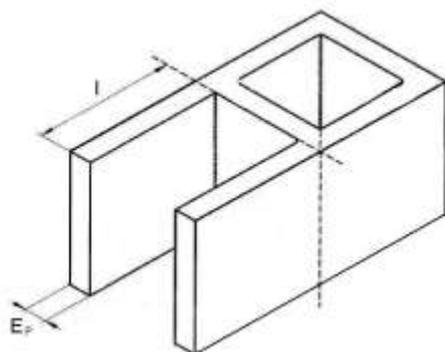
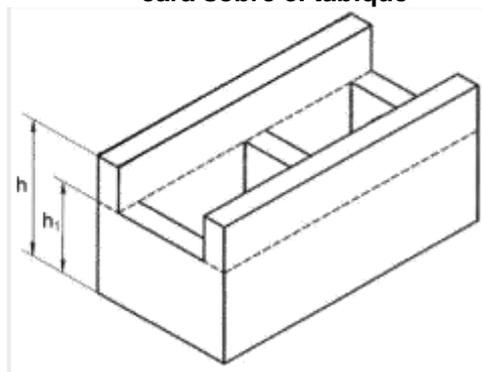


FIGURA A.2. Extensiones de la cara sobre el tabique



NOTA A.1. Tabiques con un espesor menor a 19 mm no contribuyen a la estabilidad estructural de la unidad. Tales tabiques no deben ser incluidos en el cálculo del espesor mínimo promedio del tabique.

(Continúa)

A.3.1.2 Cuando se ensaya a compresión especímenes enteros que son demasiado grandes para las placas de carga de la máquina de ensayo y las placas adicionales de carga, o se encuentran fuera de la capacidad de carga de la máquina de ensayo, se deben cortar las unidades hasta un tamaño apropiado que se ajuste a la capacidad de la máquina de ensayo. El espécimen resultante no debe tener extensiones de cara ni tabiques irregulares y debe estar conformado por una o varias celdas de cuatro lados. Se debe considerar que la resistencia a compresión de la fracción es la resistencia a compresión del espécimen entero.

A.3.1.3 Cuando los especímenes para ensayo a compresión tienen tamaño y forma inusuales (ver nota A.2), los especímenes deben ser cortados para eliminar cualquier tipo de extensiones. El espécimen resultante debe estar conformado por una o varias celdas de cuatro lados que garanticen una superficie de soporte del 100%. Cuando el corte no da como resultado una unidad cerrada por cuatro lados, el espécimen debe ser una fracción cortada de una cara de cada unidad. La fracción debe tener una relación altura a espesor de 2 a 1 antes del refrentado y una relación longitud a espesor de 4 a 1. El espesor de la fracción debe ser lo más grande posible, basándose en la configuración de la unidad y las capacidades de la máquina de ensayo y no debe ser menor de 30 mm. La fracción debe ser cortada de la unidad de manera que su altura quede en la misma dirección que la altura de la unidad. Se debe considerar que la resistencia a compresión de la fracción es la resistencia a compresión del área neta del espécimen entero.

A.3.2 *Ensayo.* Refrentar y ensayar los especímenes de acuerdo con los numerales 5.4.3 y 5.4.4.

A.4 Ensayo de absorción

A.4.1 *Especímenes de ensayo.* Los especímenes deben cumplir los requisitos del numeral 5.5.2, excepto por la modificación indicada en el literal A.4.1.1.

A.4.1.1 Cuando los resultados van a ser utilizados para determinar el contenido de humedad de acuerdo con el numeral 5.6.2 o el espesor equivalente de acuerdo con el literal A.5.3, los ensayos deben realizarse en unidades enteras.

A.4.2 *Ensayo.* Realizar el ensayo de absorción de acuerdo al numeral 5.5.3.

A.5 Cálculos

A.5.1 Calcular la absorción, contenido de humedad, densidad, área neta promedio y resistencia a compresión del área neta, de acuerdo con el numeral 5.6.

A.5.2 *Espesor de tabique equivalente.* El espesor de tabique equivalente de cada unidad (en mm por mm de longitud de la unidad), es igual a la suma de los espesores medidos en todos los tabiques del espécimen, cuyo espesor individual sea igual o mayor de 19 mm y dividido para la longitud de la unidad (ver nota A.3).

A.5.3 *Espesor equivalente.* El espesor equivalente para bloques de hormigón se define como el espesor promedio de material sólido en la unidad y se calcula de la siguiente manera:

$$E_e, (\text{mm}) = \frac{V_n}{L \times H} \quad (\text{A.1})$$

Donde:

E_e = Espesor equivalente (mm)

V_n = Volumen neto promedio (mm³), (ver numeral 5.6.4)

L = Longitud promedio de las unidades enteras (mm), (ver el literal A.2.1)

H = altura promedio de las unidades enteras (mm), (ver literal A.2.1)

NOTA A.2. Ejemplos de unidades con tamaños o formas inusuales incluyen unidades para vigas, unidades de extremo abierto y unidades para columnas, pero no están limitados solo a estos tipos.

NOTA A.3. El espesor de tabique equivalente no se aplica a la porción de la unidad que se va a llenar con mortero. La longitud de tal porción debe ser deducida de la longitud total de la unidad.

(Continúa)

A.5.3.1 El espesor equivalente solo debe ser calculado e informado para los especímenes enteros.

A.5.4 *Porcentaje sólido* . Calcular el porcentaje sólido de la siguiente manera (ver nota A.4):

$$\text{Porcentaje sólido, (\%)} = \frac{V_n}{L \times W \times H} \times 100 \quad (\text{A.2})$$

Donde:

V_n = Volumen neto del espécimen (mm³), (ver numeral 5.6.4)

L = Longitud promedio del espécimen (mm), (ver el literal A.2.1)

H = altura promedio del espécimen (mm), (ver literal A.2.1)

W = ancho promedio del espécimen (mm), (ver literal A.2.1)

A.5.5 *Variación máxima de las dimensiones especificadas*

A.5.5.1 Determinar la variación de cada dimensión especificada, mediante el cálculo del promedio del ancho, alto y longitud de cada espécimen y comparando cada promedio con la dimensión especificada respectiva, dando lugar a tres resultados de variación para cada unidad y nueve resultados para un conjunto de especímenes. Determinar la variación máxima del conjunto, identificando el máximo de los nueve valores.

A.5.5.2 Las dimensiones especificadas deben ser obtenidas del fabricante del espécimen.

A.6 Informe

A.6.1 Los informes de ensayo deben incluir toda la información de los numerales 5.7.2 y 5.7.3 y además lo siguiente:

A.6.1.1 El espesor de cara mínimo, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 0,1 mm.

A.6.1.2 El espesor de tabique mínimo, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 1 mm.

A.6.1.3 El espesor de tabique equivalente, el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 1 mm.

A.6.1.4 El espesor equivalente, el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 1 mm.

A.6.1.5 El resultado del porcentaje sólido, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 0,1%.

A.6.1.6 La variación máxima de las dimensiones especificadas, para el conjunto de especímenes ensayados, con una aproximación de 1 mm.

A.6.1.7 El área bruta, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 10 mm².

A.6.1.8 La resistencia a compresión del área bruta, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 0,1 MPa.

A.6.1.9 El volumen neto con una aproximación de 0,0002 m³, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados.

NOTA A.4. Este cálculo determina el porcentaje de hormigón en el volumen total de la unidad. Este es un valor de referencia útil, pero no es un requisito de la especificación es de la unidad. Este valor no es comparable con la definición de una unidad sólida de la norma ASTM C 90 y ASTM C 129, que se refieren al área neta de la sección transversal de cada plano paralelo a la superficie de soporte respecto al área bruta de la sección transversal del mismo plano.

(Continúa)

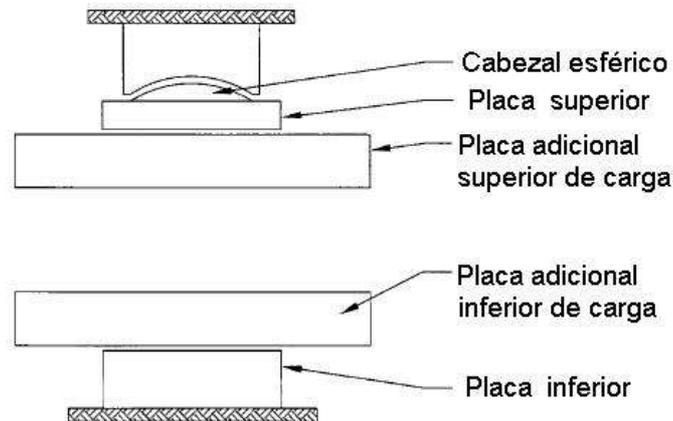
ANEXO B
(Información obligatoria)

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR REQUERIDO DE LA PLACA ADICIONAL PARA EL ENSAYO A COMPRESIÓN

B.1 Alcance. Este anexo proporciona información adicional para ayudar a determinar el espesor requerido de la placa adicional para el ensayo a compresión, como se indica en el numeral 5.4.

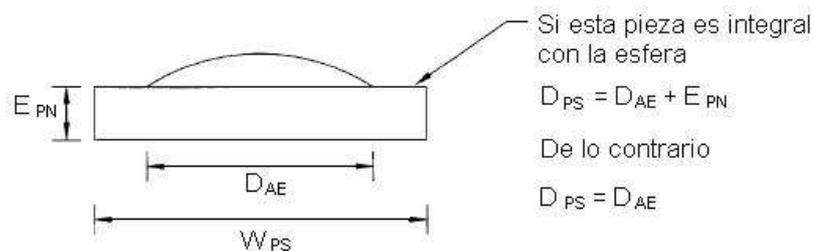
B.2 Definiciones. La figura B.1 indica la localización del equipo de ensayo referido, tal como se utiliza para el ensayo a compresión de bloques de hormigón.

FIGURA B.1 Equipo utilizado en el ensayo a compresión



B.3 Determinación del diámetro de la placa superior. Como se muestra en la figura B.2, para este método de ensayo se considera que el diámetro de la placa superior debe ser igual a la dimensión máxima horizontal medida a través del círculo creado por la porción esférica de la placa superior (este diámetro medido puede diferir del diámetro geométrico real de la esfera basado en su curvatura). Si la placa superior incluye una sección no esférica, que ha sido fabricada integralmente con el cabezal esférico a partir de una sola pieza de acero, se debe considerar que el diámetro de la placa superior es el diámetro del asiento esférico de la superficie superior de la placa más el espesor de la sección no esférica (E_{PN}). Sin embargo, el diámetro de la placa superior no debe ser mayor que la dimensión mínima horizontal de la placa superior.

FIGURA B.2. Diámetro de la placa superior



Donde:

D_{AE} = diámetro medido del asiento esférico,

D_{PS} = diámetro calculado de la placa superior,

W_{PS} = ancho mínimo medido de la placa superior,

E_{PN} = espesor medido de la sección no esférica de la placa superior.

B.4 Distancia del borde de la placa a la esquina más distante del espécimen de ensayo (ver la figura B.3)

B.4.1 Determinar la distancia del borde de la placa a la esquina más distante del espécimen de la siguiente manera:

(Continúa)

B.4.2 Localizar el centro de masa del espécimen y marcarlo en el borde superior.

B.4.3 Determinar, con una aproximación de 3 mm, la distancia del centro de masa del espécimen a la esquina más distante del espécimen, registrar esa distancia como A.

B.4.4 La distancia del borde de la placa a la esquina más distante del espécimen se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$d = A - \frac{D_{PS}}{2} \quad (B.1)$$

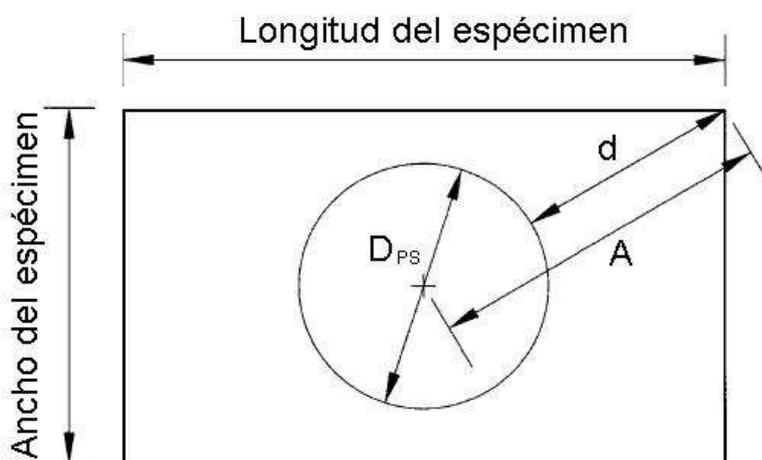
Donde:

d = distancia desde la placa a la esquina más distante del espécimen, (mm)

A = distancia desde el centro de masa del espécimen a la esquina más distante del espécimen (mm)

D_{PL} = diámetro calculado de la placa superior, (mm).

FIGURA B.3. Distancia de la placa a la esquina más distante del espécimen



(Continúa)

FIGURA Y.2. Ejemplo de informe para unidades de mampostería de hormigón

Informe de ensayos de acuerdo a la NTE INEN 2618	Proyecto de laboratorio No.: _____
Cliente: _____	Fecha de informe: _____
Dirección: _____	Laboratorio de ensayo: _____
Especificación del bloque: _____	Dirección: _____
Designación del bloque /descripción:	Lugar de muestreo: _____
	Fecha de recepción: _____

Resumen de resultados de ensayo					
Propiedad física	Valor especificado	Promedio de los resultados del ensayo	Propiedad física	Valor especificado	Promedio de los resultados del ensayo
Resistencia neta a compresión	13,7 MPa	13,7 MPa	Espesor mínimo de cara	32 mm	34 mm
Resistencia bruta a compresión	_____	6,9 MPa	Espesor mínimo de tabique	25 mm	28 mm
Densidad	240 kg/m ³	1792 kg/m ³	Espesor de tabique equivalente	57 mm	66 mm
Absorción	_____	200 kg/m ³	Espesor equivalente	_____	97 mm
Porcentaje sólido	_____	50,3 %	Variación máxima de las dimensiones especificadas	3 mm	2 mm
			Área neta de la sección	_____	38716 mm ²
			Área bruta de la sección	_____	83380 mm ²

Resultados de ensayo de unidades individuales							
Unidades ensayadas a Compresión	Espécimen No.	Masa tal como se recibe (M _r) (kg)	Área de la sección transversal (*)		Carga máxima (N)	Resistencia a compresión	
			Bruta (mm ²)	Neta (mm ²)		Bruta (MPa)	Neta (MPa)
Fecha de ensayo:	1	14,70	76 929	38 716	577 200	7,5	14,9
	2	14,15	76 929	38 716	506 900	6,6	13,1
	3	14,00	76 929	38 716	510 200	6,6	13,2
2011-05-06	Promedio	14,30	76 929	38 716	531 433	6,9	13,7

(*) Áreas determinadas como el promedio de las tres unidades ensayadas a absorción y se asume que son iguales a las de las unidades ensayadas a compresión.

Unidades ensayadas a absorción	Espécimen No.	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Longitud promedio (mm)	Espesor de cara(**) (mm)	Espesor de tabique (mm)
Fecha de ensayo:	4	193	191	396	32	25
	5	193	193	396	35	28
	6	193	196	396	35	30
2011-05-06	Promedio	193	193	396	34	28

(**) Cuando el punto más delgado de la cara opuesta difiere en espesor en menos de 3 mm, se reporta como espesor el promedio de sus mediciones.

	Espécimen No.	Masa tal como se recibe (M _r) (kg)	Masa del esp. sumergido (M _i) (kg)	Masa del esp. saturado (M _s) (kg)	Masa del esp. seco al horno (M _d) (kg)	Absorción (kg/m ³)	Densidad (kg/m ³)	Volumen neto (mm ³)	Porcentaje sólido (%)
Fecha de ensayo:	4	14,55	7,60	15,10	13,70	187	1 837	0,0074	50,7
	5	14,15	7,35	14,85	13,30	207	1 773	0,0076	50,4
	6	14,10	7,30	14,75	13,20	205	1 770	0,0074	49,9
2011-05-06	Prom.	14,25	7,40	14,90	13,40	200	1 793	0,0076	50,3

Firma del técnico del laboratorio

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 52	<i>Reglas para redondear números</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1578	<i>Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2619	<i>Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. Representado para el ensayo a compresión.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana INEN-ISO/IEC 17025	<i>Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.</i>
Norma ASTM C 90	<i>Especificaciones para unidades de mampostería de hormigón portante.</i>
Norma ASTM C 129	<i>Especificaciones para unidades de mampostería de hormigón no portante .</i>
Norma ASTM C 1093	<i>Práctica para la acreditación de laboratorios de ensayo para mampostería.</i>
Norma ASTM C 1232	<i>Terminología aplicada en mampostería.</i>
Norma ASTM E 4	<i>Práctica para la verificación de la presión en máquinas de ensayo.</i>
Norma ASTM E 6	<i>Terminología relacionada con los métodos de ensayo mecánico.</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 140 – 11. *Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units*. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2011.

Norma Técnica Colombiana NTC 4024 – 2001. *Prefabricados de concreto. Muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibrocompactados*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Santa Fé de Bogotá, 2001.

Norma Chilena NCh 182 – 2008. *Bloques de hormigón para uso estructural – Ensayos* .

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

TÍTULO: BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN. MUESTREO		
Documento: NTE INEN 639 Segunda revisión	Y ENSAYOS	Código: CO 02.08-201

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2011-05-05	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1993-09-07 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo Ministerial No. 539 del 1993-11-17 publicado en el Registro Oficial No. 333 del 1993-12-09 Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: de

a

Subcomité Técnico: **Hormigones, áridos y morteros**

Fecha de iniciación: 2011-05-18

Fecha de aprobación: 2011-07-28

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)

Ing. José Arce (Vicepresidente)
Ing. Jaime Salvador

Ing. Raúl Ávila

Ing. Hugo Egüez
Sr. Carlos Aulestia
Ing. Sixto González
Ing. Marlon Valarezo

Ing. Carlos González
Arq. Karla Balladares
Ing. Verónica Miranda

Dr. Juan José Recalde
Ing. Mireya Martínez
Ing. Patricio Torres
Químico Mauricio Canchigña

Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
ECUADOR
HORMIGONES HÉRCULES S. A.
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y
DEL HORMIGÓN. INECYC.
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE
HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR.
APRHOPEC.
HOLCIM ECUADOR S. A. (AGREGADOS)
LAFARGE CEMENTOS S. A.
INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE
LOJA
INTACO ECUADOR S. A.
INTACO ECUADOR S. A.
CONCRETOS V.M./COLEGIODE
INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA
CAMINOSCA S. A.
CAMINOSCA S. A.
DICOPLAN CIA. LTDA.
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
ECUATORIANO. OAE
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y
DEL HORMIGÓN. INECYC.

Otros trámites: ⁴ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20

Esta norma anula y reemplaza a las NTE INEN 640, 641 y 642.

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: **Voluntaria**
Registro Oficial No. 706 de 2012-05-18

Por Resolución No. 12 093 de 2012-04-18

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gob.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenlaboratorios@inen.gob.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gob.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gob.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gob.ec
URL: www.inen.gob.ec**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 573:2010
Primera revisión

HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.

Primera Edición

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS.

First Edition

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales, áridos para hormigón, contenido de arcilla, ensayo .

CO 02.10-301
CDU: 691.32:620.173
CIU: 3699
ICS: 91.100.30

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.	NTE INEN 1 573:2010 Primera revisión 2010-06
---	--	---

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.

2. ALCANCE

2.1 Este método de ensayo se aplica a especímenes cilíndricos tales como cilindros moldeados y núcleos perforados de hormigón de cemento hidráulico, que tengan una densidad mayor que 800 kg/m³.

2.2 Este método de ensayo se utiliza para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico, preparados y curados de acuerdo con las normas ASTM C 31, ASTM C 192, ASTM C 617, ASTM C 1 231, ASTM C 42 y ASTM C 873, mientras no existan normas INEN.

2.3 Los resultados de este método de ensayo se utilizan como base para: control de calidad de la dosificación del hormigón, operaciones de mezclado y colocación; determinación del cumplimiento con las especificaciones, control para evaluación de la efectividad de aditivos y usos similares.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Se debe tener cuidado en la interpretación del significado de la determinación de la resistencia a la compresión con los procedimientos de este método de ensayo, puesto que la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del hormigón elaborado con materiales dados. Los valores obtenidos dependerán del tamaño y la forma del espécimen, dosificación, procedimientos de mezclado, métodos de muestreo, moldeado o fabricación y de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado

3.2 El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo y no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.

3.3 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

3.4 La persona que ensaye los cilindros para aceptación del hormigón, debe cumplir con los requisitos de técnico de laboratorio de hormigón de la norma ASTM C 1 077 y aprobar un examen que demuestre su desempeño, el cual es evaluado por un instituto superior o equivalente (ver nota 1).

3.5 Advertencia. Se debe proveer de los medios para detener los fragmentos de hormigón durante la rotura explosiva de especímenes. La tendencia a una rotura explosiva se incrementa con el aumento de la resistencia del hormigón y es más probable cuando la máquina de ensayo es relativamente flexible. Se recomiendan las precauciones de seguridad dadas en el Manual of Aggregate and Concrete Testing de la ASTM.

NOTA 1. Se puede cumplir con este requisito, con una certificación equivalente a la de Técnico de Resistencia de Hormigón del ACI.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales, áridos para hormigón, contenido de arcilla, ensayo.

4. MÉTODO DE ENSAYO

4.1 Resumen. Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla del espécimen. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen.

4.2 Equipos

4.2.1 Máquina de ensayo. La máquina de ensayo debe tener suficiente capacidad y disponer de las velocidades de carga descritas en el numeral 4.4.5.

4.2.1.1 Se debe verificar la calibración de las máquinas de ensayo, de acuerdo con la norma ASTM E 4, excepto en la verificación de rangos de carga requeridos en numeral 4.2.3. La verificación debe realizarse:

- a) Por lo menos una vez al año, sin exceder los 13 meses,
- b) En la instalación inicial o inmediatamente después de un traslado,
- c) Inmediatamente después de efectuar reparaciones o ajustes que afecten la operación del sistema de aplicación de fuerza o los valores mostrados en el sistema de indicación de carga, excepto en los ajustes a cero que es compensado por la masa de los bloques de carga o probetas, o ambos, o
- d) Cada vez que exista una razón para sospechar de la precisión de las cargas indicadas.

4.2.1.2 Diseño. El diseño de la máquina debe incluir las siguientes características:

- a) La máquina debe ser operada con energía eléctrica y debe aplicar la carga continuamente, no de forma intermitente y sin producir impacto. Si esta solo tiene una velocidad de carga (cumpliendo los requisitos del numeral 4.4.5), debe estar provista con un medio suplementario para aplicar la carga a una velocidad que pueda ser verificada. Este medio suplementario de carga puede ser operado con energía eléctrica o manualmente.
- b) El espacio provisto para los especímenes de ensayo debe ser lo suficientemente grande para acomodar, en una posición que permita leer y operar, un equipo de calibración elástico que tenga suficiente capacidad para cubrir el rango de carga potencial de la máquina de ensayo y que cumpla con los requisitos de la norma ASTM E 74 (ver nota2).

4.2.1.3 Precisión. La precisión de la máquina de ensayo debe cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) El porcentaje de error para las cargas dentro del rango de uso propuesto para la máquina de ensayo, no debe exceder de $\pm 1,0\%$ de la carga indicada.
- b) Se debe verificar la precisión de la máquina de ensayo aplicando cinco ensayos de carga en orden ascendente, en cuatro incrementos aproximadamente iguales. La diferencia entre dos ensayos de carga sucesivos cualquiera, no debe exceder de un tercio de la diferencia entre las cargas de ensayos máxima y mínima.
- c) La carga indicada por la máquina de ensayo y la carga aplicada determinada a partir de las lecturas del equipo de verificación deben ser registradas en cada punto del ensayo. Calcular el error, E, y el porcentaje de error, E_p , para cada punto de la siguiente manera:

$$E = A - B \quad (1)$$

$$E_p = 100 (A - B)/B$$

NOTA 2. Los tipos de equipo de calibración elásticos generalmente disponibles y más comúnmente utiliza dos para este propósito son los anillos circulares de calibración o las celdas de carga.

(Continúa)

Donde:

A = carga indicada por la máquina que es verificada (kN), y

B = la carga aplicada determinada por el equipo de calibración (kN)

- d) El informe sobre la verificación de una máquina de ensayo debe establecer el rango de carga dentro del cual cumple con los requisitos de la norma, en lugar de informar una aceptación o un rechazo generales. En ningún caso se debe declarar el rango de carga incluyendo cargas por debajo del valor 100 veces más pequeño que la carga estimable en el mecanismo indicador de carga de la máquina de ensayo o cargas dentro de la porción del rango por debajo del 10% de la capacidad máxima del rango.
- e) En ningún caso debe ser declarado el rango de carga incluyendo cargas fuera del rango de las cargas aplicadas durante el ensayo de verificación.
- f) No se debe corregir la carga indicada por una máquina de ensayo ni por cálculos ni por el uso de un diagrama de calibración para obtener valores dentro de la variación admisible requerida.

4.2.2 La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga de acero con caras endurecidas (ver nota 3), uno de los cuales es un bloque esférico que se apoya sobre la superficie superior del espécimen y el otro es un bloque sólido sobre el cual se asienta el espécimen. Las caras de contacto de los bloques de carga deben tener una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ser ensayado. Excepto para los círculos concéntricos descritos abajo, las caras de apoyo de los bloques con diámetro de 150 mm o mayor, no deben desviarse de la condición de plano por más de 0,02 mm a lo largo de los 150 mm o por más de 0,02 mm en el diámetro de cualquier bloque más pequeño y los bloques nuevos deben ser fabricados con la mitad de esta tolerancia. Cuando el diámetro de la cara del bloque de carga esférico excede el diámetro del espécimen por más de 13 mm, deben estar inscritos círculos concéntricos de no más de 0,8 mm de profundidad y no más de 1 mm de ancho, para facilitar un centrado adecuado.

4.2.2.1 Los bloques de carga inferior deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) El bloque de carga inferior está especificado con el objetivo de proveer una superficie que se la pueda maquinar fácilmente para realizar el mantenimiento de las condiciones de superficie especificadas (ver nota 4). Las superficies superior e inferior deben ser paralelas entre sí. Si la máquina de ensayo está diseñada de manera que la platina se mantenga fácilmente por sí sola en la condición especificada para la superficie, no se requiere un bloque inferior. Su dimensión horizontal mínima debe ser por lo menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ser ensayado. Los círculos concéntricos descritos en el numeral 4.2.2 son opcionales en el bloque inferior.
- b) El centrado final del espécimen debe ser realizado con respecto al bloque esférico superior. Cuando se utiliza el bloque de carga inferior para ayudar en el centrado, el centro de los círculos concéntricos, cuando existan, o el centro del bloque en sí mismo debe estar directamente debajo del centro de la cabeza esférica. Se deben tomar precauciones respecto a la platina de la máquina para asegurar tal posición.
- c) El bloque de carga inferior, cuando es nuevo, debe tener un espesor de al menos 25 mm y después de cualquier operación de maquinado, un espesor de al menos 22,5 mm.

4.2.2.2 El bloque de carga esférico debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) El diámetro máximo de la cara de contacto del bloque esférico de carga suspendido no debe exceder los valores de la tabla 1 (ver nota 5).

NOTA 3. Es conveniente que las caras de carga de los bloques utilizados para el ensayo de compresión del hormigón, posean una dureza Rockwell mayor o igual a HRC 55.

NOTA 4. El bloque puede ser asegurado a la platina de la máquina de ensayo.

NOTA 5. Se permiten las caras de contacto cuadradas, si el diámetro del círculo inscrito más grande posible no excede los diámetros de la tabla 1.

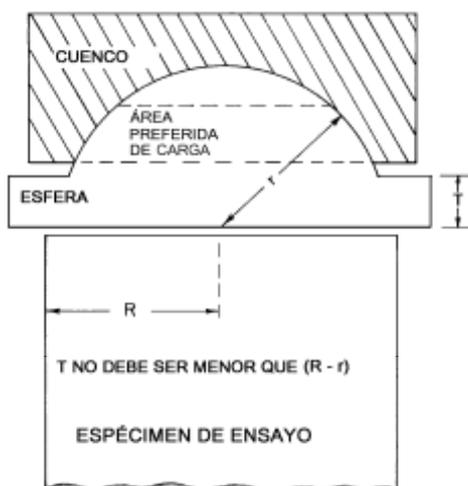
(Continúa)

TABLA 1. Diámetro máximo de la cara de contacto del bloque de carga esférico

Diámetro de los especímenes de ensayo (mm)	Diámetro máximo de la cara de contacto (mm)
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

- b) El centro de la esfera debe coincidir con la superficie de la cara de contacto dentro de una tolerancia de $\pm 5\%$ del radio de la esfera. El diámetro de la esfera debe ser al menos el 75% del diámetro del espécimen a ser ensayado.
- c) La esfera y el cuenco deben ser diseñados de tal manera que el acero, en el área de contacto, no los deformen permanentemente cuando sea cargada a la capacidad de la máquina de ensayo (ver nota 6).
- d) Las superficies curvas del cuenco y de la parte esférica, se deben mantener limpias y lubricadas con un aceite en base de petróleo como el aceite convencional para motores y no con grasa de presión. No es conveniente que después del contacto con el espécimen y de la aplicación de una pequeña carga inicial, exista una inclinación en el bloque de carga esférico.
- e) Si el radio de la esfera es más pequeño que el radio del espécimen más grande a ser ensayado, la parte de la cara de contacto que se extiende más allá de la esfera debe tener un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la esfera y el radio del espécimen. La dimensión mínima de la cara de contacto debe ser al menos tan grande como el diámetro de la esfera (ver figura 1).

FIGURA 1. Gráfico de un bloque de carga esférico picotí



NOTA. Se deben tomar precauciones para mantener la esfera en el cuenco y para mantener la unidad entera en la máquina de ensayo

- f) La parte móvil del bloque de carga, se debe mantener ajustada al apoyo esférico, pero el diseño debe ser tal que la cara de contacto pueda rotar libremente e inclinarse al menos 4° en cualquier dirección.

NOTA 6. El área de contacto más favorable es en forma de arco (descrita como área de "carga" preferida) como se muestra en la figura 1.

(Continúa)

g) Si la parte del bloque de carga superior donde va la esfera está diseñada con dos piezas, compuesto de una parte esférica y una placa de carga, este debe estar provisto de un mecanismo que asegure que la parte esférica esté fija y centrada sobre la placa de carga.

4.2.3 Indicador de carga:

4.2.3.1 Si la carga aplicada por la máquina de compresión es registrada en un dial, el dial debe tener una escala graduada que pueda ser leída al menos, al 0,1% más cercano de la carga total de la escala (ver nota 7). El dial debe ser legible dentro del 1% de la carga indicada a cualquier nivel de carga dada, dentro del rango de carga. En ningún caso, el rango de cargas de un dial debe ser considerado para incluir cargas bajo un valor 100 veces el más pequeño cambio de carga que pueda ser leído en la escala. La escala debe estar provista con una línea de graduación que señale el cero y así numerada. El puntero del dial debe ser de suficiente longitud para alcanzar las marcas de graduación; el ancho del extremo del puntero no debe exceder la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada dial debe estar equipado con un ajuste a cero que sea fácilmente accesible desde el exterior de la caja del dial y con un dispositivo adecuado que en todo momento, hasta que sea encerrado, indique la carga máxima aplicada al espécimen con una precisión dentro del 1%.

4.2.3.2 Si la carga de la máquina de ensayo es indicada en forma digital, el visor numérico debe ser lo suficientemente grande para ser leído fácilmente. El incremento numérico debe ser igual o menor que el 0,10% de la carga total de la escala de un rango de cargas dado. En ningún caso, el rango de cargas verificado debe incluir cargas menores que el menor incremento numérico multiplicado por 100. La precisión de la carga indicada debe estar dentro del 1,0% de cualquier valor visualizado dentro del rango de carga verificado. Se debe tomar precauciones para hacer los ajustes que indiquen el verdadero cero a una carga cero. Debe estar provisto de un indicador de carga máxima que en todo momento, hasta que sea encerrado, indique la carga máxima aplicada al espécimen dentro del 1% de la precisión del sistema.

4.3 Especímenes

4.3.1 Los especímenes no deben ser ensayados si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más del 2% (ver nota 8).

4.3.2 Antes de ser ensayados, ningún extremo de los especímenes de ensayo debe apartarse de la perpendicularidad a los ejes en más de 0,5° (aproximadamente equivalente 1 mm en 100 mm). Los extremos de los especímenes para ensayo de compresión que no estén planos dentro de 0,050 mm deben ser cortados o limados para cumplir esta tolerancia o se deben refrentar con mortero de azufre de acuerdo con la norma ASTM C 617 o, cuando se permita, con la norma ASTM C 1 231. El diámetro utilizado para calcular el área de la sección transversal del espécimen de ensayo debe determinarse con una aproximación de 0,25 mm promediando dos diámetros medidos alrededor de la altura media del espécimen y que formen ángulos rectos entre sí.

4.3.3 Se permite reducir el número de cilindros individuales medidos para determinación del diámetro promedio, a uno por cada diez especímenes o tres especímenes por día, el que sea mayor, si se conoce que todos los cilindros han sido fabricados de un solo lote de moldes reusables o moldes para un solo uso, que siempre producen especímenes de diámetros promedio dentro de un rango de 0,5 mm. Cuando los diámetros promedio no caen dentro del rango de 0,5 mm o cuando los cilindros no están fabricados de un solo lote de moldes, el diámetro de cada cilindro ensayado debe ser medido y este valor utilizado en el cálculo de la resistencia a la compresión unitaria de ese espécimen.

NOTA 7. Se considera que lo más preciso que se puede leer es 0,5 mm a lo largo del arco descrito por el extremo de la aguja. También lo más cerca que se puede leer razonablemente, cuando el espaciamiento del mecanismo indicador de carga está entre 1 mm y 2 mm, es alrededor de la mitad del intervalo de la escala. Cuando el espaciamiento está entre 2 mm y 3 mm, un tercio del intervalo de carga puede ser leído con razonable certeza. Cuando el espaciamiento es 3 mm o más, un cuarto del intervalo de carga puede ser leído con razonable certeza.

NOTA 8. Esto puede ocurrir cuando los moldes que son para un solo uso se dañan o deforman durante el envío, cuando los moldes flexibles que son para un solo uso se deforman durante el moldeo o cuando un extractor de núcleos se desliza o desvía durante la perforación.

(Continúa)

4.3.4 Si el usuario de los servicios de ensayo solicita la medición de la densidad de los especímenes de ensayo, se debe retirar cualquier humedad superficial mediante una toalla para luego determinar la masa de los especímenes antes del refrentado. Determinar la masa del espécimen utilizando una balanza que tenga una precisión dentro del 0,3% de la masa que está siendo medida. Medir la longitud del espécimen con una precisión de 1 mm en tres posiciones espaciadas regularmente alrededor de la circunferencia. Calcular la longitud promedio y registrarla con una precisión de 1 mm. Alternativamente, determinar la densidad del cilindro registrando la masa del cilindro en el aire y luego, sumergido en el agua a $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$ y calcular el volumen de acuerdo al numeral 4.5.3.1.

4.3.5 Cuando no se requiere la determinación de la densidad y la relación de la longitud al diámetro es menor que 1,8 o mayor que 2,2, medir la longitud del espécimen con una aproximación de 0,05 D.

4.4 Procedimiento

4.4.1 Se deben realizar los ensayos de compresión de especímenes curados en húmedo, tan pronto como sea posible luego de extraerlos del almacenamiento húmedo.

4.4.2 Los especímenes deben ser ensayados en condición húmeda. Se deben mantener húmedos utilizando cualquier método conveniente durante el período comprendido entre la remoción del almacenamiento húmedo y el ensayo.

4.4.3 Todos los especímenes de ensayo para una edad de ensayo dada, deben romperse dentro de las tolerancias de tiempo admisibles, señaladas en la tabla 2:

TABLA 2. Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de especímenes

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	$\pm 0,5\text{ h}$ o 2,1%
3 días	2 horas o 2,8%
7 días	6 horas o 3,6%
28 días	20 horas o 3,0%
90 días	2 días o 2,2%

4.4.4 Colocación del espécimen. Colocar el bloque de carga plano (inferior), con su cara endurecida hacia arriba, sobre la mesa o platina de la máquina de ensayo directamente bajo del bloque de carga esférico (superior). Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y del espécimen de ensayo y colocar el espécimen de ensayo sobre el bloque de carga inferior. Cuidadosamente alinear el eje del espécimen con el centro de carga del bloque de carga esférico.

4.4.4.1 Verificación del ajuste a cero y asentamiento del bloque. Previo al ensayo del espécimen, verificar que el indicador de carga esté ajustado a cero. En los casos en los que el indicador no está adecuadamente colocado en cero, ajustar el indicador (ver nota 9). Puesto que se lleva el bloque de carga esférico hasta apoyar sobre el espécimen, girar con la mano y suavemente su parte móvil de tal modo de obtener un asentamiento uniforme.

4.4.5 Velocidad de carga. Aplicar la carga continuamente y sin impacto.

4.4.5.1 La carga debe ser aplicada a una velocidad de movimiento (medida desde la platina a la cruceta) correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre el espécimen de $0,25 \pm 0,05\text{ MPa/s}$ (ver nota 10). Se debe mantener la velocidad de movimiento señalada al menos durante la última mitad de la fase de la carga esperada.

NOTA 9. La técnica utilizada para verificar y ajustar el indicador de carga a cero puede variar dependiendo del fabricante de la máquina. Consultar el manual del propietario o al calibrador de la máquina de compresión para una técnica adecuada.

NOTA 10. Para una máquina de ensayo milimétrica o de desplazamiento controlado, será necesario un ensayo preliminar para establecer la velocidad de movimiento requerida para lograr la velocidad de esfuerzo especificada. La velocidad de movimiento requerida dependerá del tamaño del espécimen de ensayo, del módulo elástico del hormigón y de la rigidez de la máquina de ensayo.

(Continúa)

4.4.5.2 Se permite una velocidad de carga mayor durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga esperada. La velocidad de carga mayor debe ser aplicada de manera controlada de modo tal que el espécimen no esté sometido a una carga de impacto.

4.4.5.3 No se debe hacer ajustes en la velocidad de movimiento (desde la platina a la cruceta) cuando la carga última está siendo alcanzada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fisuración en el espécimen.

4.4.6 Aplicar la carga de compresión hasta que el indicador de carga muestre que está decreciendo constantemente y el espécimen muestre un patrón de fractura bien definido (Tipos 1 a 4 en la figura 2 del Anexo A). Para una máquina de ensayo equipada con un detector de rotura de espécimen, no se permite el apagado automático de la máquina de ensayo hasta que la carga haya decrecido hasta un valor menor al 95% de la carga máxima. Cuando se ensaya con cabezales con almohadillas no adherentes (neoprenos), puede ocurrir una fractura en la esquina, similar a los modelos tipo 5 o 6 mostrados en la figura 2 del Anexo A, antes que se haya alcanzado la capacidad última del espécimen, en estos casos se debe continuar comprimiendo el espécimen hasta que el laboratorista esté seguro de que se ha alcanzado la capacidad última. Registrar la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo y anotar el tipo de modelo de fractura de acuerdo a la figura 2 del Anexo A. Si el modelo de fractura no es uno de los modelos típicos mostrados en la figura 2 del Anexo A, dibujar y describir brevemente el modelo de fractura. Si la resistencia obtenida es menor de lo esperado, examinar el hormigón fracturado y anotar la presencia de grandes cavidades de aire, evidencia de segregación, comprobar si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas de árido grueso y verificar si la preparación de los extremos del cilindro fue realizada de acuerdo con las normas ASTM C 617 o ASTM C 1 231.

4.5 Cálculos

4.5.1 Calcular la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, para el promedio del área de la sección transversal, determinada como se describe en el numeral 4.3 y expresar el resultado con una aproximación a 0,1 MPa.

4.5.2 Si la relación de la longitud al diámetro del espécimen es de 1,75 o menos, corregir el resultado obtenido en el numeral 4.5.1 multiplicando por el factor de corrección apropiado mostrado en la tabla 3 (ver nota 11).

TABLA 3. Factor de corrección según la relación de longitud al diámetro del espécimen

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87

4.5.2.1 Para determinar los factores de corrección para los valores L/D intermedios entre los valores dados en la tabla 3, se debe interpolar.

4.5.3 Cuando se ha solicitado, calcular la densidad del espécimen con una aproximación de 10 kg/m³, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad} = \frac{W}{V} \quad (2)$$

Donde:

W = Masa del espécimen en kg, y

V = Volumen del espécimen, calculado a partir del diámetro promedio y la longitud promedio, o determinado mediante la obtención de su masa al aire y sumergido, en m³.

NOTA 11. Los factores de corrección dependen de varias condiciones tales como condiciones de humedad, resistencia y módulo de elasticidad. En la tabla se dan los valores promedio. Estos factores de corrección se aplican al hormigón de baja densidad entre 1 600 kg/m³ y 1 920 kg/m³ y al hormigón de densidad normal. Estos son aplicables al hormigón seco o húmedo al momento de la carga y para resistencias nominales del hormigón en un rango de 14 MPa a 42 MPa. Para resistencias mayores a 42 MPa los factores de corrección pueden ser mayores que los valores mostrados en la tabla. Revisar Bartlett, F.M. y MacGregor, J.G., "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength," ACI Materials Journal, Vol 91, N° 4, Julio-Agosto, 1994, páginas: 339-348.

4.5.3.1 Cuando el volumen sea determinado mediante la obtención de su masa sumergida, calcular el volumen de la siguiente manera:

$$V = \frac{W - W_s}{\gamma_w} \quad (3)$$

Donde:

W_s = Masa aparente del espécimen sumergido, en kg, y

γ_w = Densidad del agua a 23 °C = 997,5 kg/m³.

4.6 Informe de resultados. Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- Laboratorio y fecha de ensayo,
- Número de identificación,
- Diámetro (y longitud, si se encuentra fuera del rango de 1,8 D a 2,2 D), en milímetros,
- Área de la sección transversal, en milímetros cuadrados,
- Carga máxima, en kilonewtons,
- Resistencia a la compresión calculada con una aproximación de 0,1 MPa,
- Tipo de fractura, si es diferente que el cono habitual (ver figura 2 del Anexo A),
- Defectos en cada espécimen o refrentado,
- Edad del espécimen, y,
- Densidad, cuando se lo determine, con una aproximación de 10 kg/m³.
- Observaciones: señalar responsabilidades sobre los procedimientos de muestreo, transporte y curado de especímenes, además de cualquier variación a los procedimientos señalados en esta norma.

4.7 Precisión y desviación

4.7.1 Precisión .

4.7.1.1 Precisión dentro del ensayo. La tabla 4 proporciona la precisión dentro del ensayo en ensayos de cilindros de 150 mm por 300 mm y de 100 mm por 200 mm moldeados de una muestra de hormigón correctamente mezclada en condiciones de laboratorio y en condiciones de campo (ver el numeral 4.7.1.2).

TABLA 4. Precisión dentro del ensayo

	Coeficiente de variación (ver nota 12)	Rango aceptable de variación de resistencia de cilindros individuales (ver nota 12)	
		2 cilindros	3 cilindros
Cilindros de 150 por 300 mm			
Condiciones de laboratorio	2,4%	6,6%	7,8%
Condiciones de campo	2,9%	8,0%	9,5%
Cilindros de 100 por 200 mm			
Condiciones de laboratorio	3,2%	9,0%	10,6%

NOTA 12. Estos números representan respectivamente los límites (1s%) y (d2s%), como se describen en la norma ASTM C 670.

(Continúa)

4.7.1.2 El coeficiente de variación dentro del ensayo representa la variación esperada de la resistencia medida de los cilindros compañeros preparados con la misma muestra de hormigón y ensayados por un laboratorio a la misma edad. Los valores dados para el coeficiente de variación dentro del ensayo de cilindros de 150 mm por 300 mm son aplicables para resistencias a compresión en un rango de 15 MPa a 55 MPa y para los cilindros de 100 mm por 200 mm son aplicables para resistencias a compresión en un rango de 17 MPa a 32 MPa. Los coeficientes de variación dentro del ensayo para cilindros de 150 mm por 300 mm se obtienen de los datos del CCRL (Concrete Proficiency Sample Data), para condiciones de laboratorio y una compilación de 1 265 informes de ensayos de 225 laboratorios de ensayos comerciales en 1978 (ver nota 13). El coeficiente de variación dentro del ensayo para cilindros de 100 mm por 200 mm se obtienen de los datos del CCRL (Concrete Proficiency Sample Data), para condiciones de laboratorio (ver nota 14).

4.7.1.3 *Precisión multilaboratorio* . Se ha encontrado que el coeficiente de variación multilaboratorio para los resultados de ensayo de resistencia a la compresión en cilindros de 150 mm por 300 mm es de 5,0% (ver nota 12); por lo tanto, los resultados de los ensayos apropiadamente realizados por dos laboratorios en especímenes preparados de la misma muestra de hormigón, no deben diferir en más del 14% (ver nota 12) del promedio, (ver nota 15). El resultado de un ensayo de resistencia es el promedio de dos cilindros ensayados a la misma edad.

4.7.1.4 Los datos multilaboratorio fueron obtenidos de seis ensayos de resistencia separados, organizados a través de programas de todos contra todos (ver nota 14) donde los especímenes cilíndricos de 150 mm por 300 mm fueron preparados en una sola ubicación y ensayados por diferentes laboratorios. El rango de resistencia promedio de estos programas fue de 17,0 MPa a 90 MPa.

4.7.2 *Desviación* . Dado que no hay un material de referencia aceptado, no se hace ninguna declaración de desviación.

NOTA 13. Los datos de apoyo han sido archivados en las oficinas de ASTM Internacional y pueden obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: C09-1006.

NOTA 14. Los datos de apoyo han sido archivados en las oficinas de ASTM Internacional y pueden obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: C09-1027.

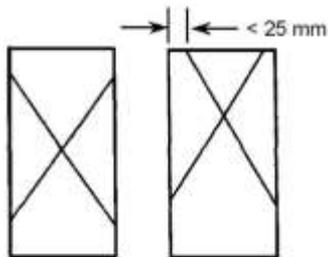
NOTA 15. La precisión multilaboratorio no incluye variaciones asociadas con diferentes laboratoristas que preparan especímenes de ensayos de muestras de hormigón divididas o independientes. Es posible que estas variaciones incrementen el coeficiente de variación multilaboratorio.

(Continúa)

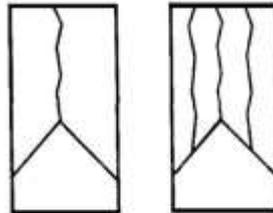
ANEXO A

(Información obligatoria)

FIGURA 2. Esquema de los modelos típicos de fractura



Tipo 1
Conos en ambos extremos razonablemente bien formados, fisuras a través de la cabecera menor a 25 mm



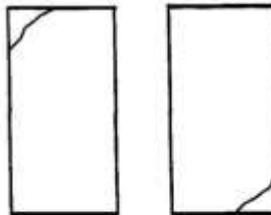
Tipo 2
Cono bien formado en uno de los extremos, fisuras verticales que recorren a través de la cabecera, cono no muy definido en el otro extremo.



Tipo 3
Fisura vertical columnar a través de ambos extremos, conos no muy definidos.



Tipo 4
Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes; golpear con un martillo para distinguir del Tipo 1



Tipo 5
Fracturas a los lados, en el extremo superior o en el fondo (ocurren comúnmente cuando se ensaya con neoprenos)



Tipo 6
Similar al Tipo 5, pero el extremo del cilindro está en punta

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

- Norma ASTM C 31 *Práctica para hacer y curar especímenes de ensayo de hormigón en el campo .*
- Norma ASTM C 42 *Método de ensayo para obtener y ensayar núcleos cadosl y vigas aserradas de hormigón.*
- Norma ASTM C 192 *Práctica para hacer y curar especímenes de ensayo de hormigón en el laboratorio.*
- Norma ASTM C 617 *Práctica para refrentar especímenes cilíndricos dehormigón .*
- Norma ASTM C 670 *Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción*
- Norma ASTM C 873 *Método de ensayo para determinar la resistencia a al compresión de cilindros de hormigón tomados en la obra en moldes cilíndrico s.*
- Norma ASTM C 1077 *Práctica para laboratorios de ensayo de hormigón y áridos para hormigón para uso en la construcción y criterios para la evaluaci ón de laboratorios .*
- Norma ASTM C 1231 *Práctica para uso de cabezales no adherentes en la determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de hormigó n endurecido.*
- Norma ASTM E 4 *Prácticas para la verificación de la presión en máquinas de ensayo.*
- Norma ASTM E 74 *Práctica para la calibración de los instrumentos que miden la presión para verificar el indicador de presión en las máquinas de ensayo.*

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 39 – 05. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2005.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1 573 Primera Revisión	TÍTULO: HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO	Código: CO 02.10-301
---	---	---------------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1990-06-26 Oficialización con el Carácter de Obligatoria - Emergente por Acuerdo Ministerial No. 414 de 1990-08-20 publicado en el Registro Oficial No. 524 de 1990-09-18 Fecha de iniciación del estudio: 2009-09-17
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: HORMIGÓN, ÁRIDOS Y MORTEROS
 Fecha de iniciación: 2009-09-24 Fecha de aprobación: 2009-10-01 Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)

 Ing. José Arce (Vicepresidente)
 Ing. Jaime Salvador

 Ing. Raúl Ávila

 Ing. Hugo Egúez
 Ing. Raúl Cabrera
 Sr. Carlos Aulestia
 Ing. Xavier Arce
 Ing. Marlon Valarezo

 Arq. Soledad Moreno
 Ing. Carlos González
 Ing. Víctor Buri
 Ing. Douglas Alejandro
 Ing. Verónica Miranda

 Ing. Diana Sánchez

 Ing. Stalin Serrano
 Ing. Xavier Herrera
 Ing. Mireya Martínez
 Ing. Rubén Vásquez
 Ing. Víctor Luzuriaga
 Ing. Patricio Torres
 Ing. Luis Balarezo
 Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
 ECUADOR
 HORMIGONES HÉRCULES S. A.
 INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y
 DEL CONCRETO. INECYC.
 ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE
 HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR.
 APRHOPEC.
 HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS
 HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES
 LAFARGE CEMENTOS S. A.
 CÁMARA CONSTRUCCIÓN GUAYAQUIL.
 UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE
 LOJA
 INTACO ECUADOR S. A.
 INTACO ECUADOR S. A.
 HORMIGONES HÉRCULES S. A.
 MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.
 COLEGIO INGENIEROS CIVILES PICHINCHA /
 HORMIGONES EQUINOCCIAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA
 UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
 HORMIGONES EQUINOCCIAL.
 HORMIGONERA QUITO
 CAMINOSCA CIA. LTDA.
 CEMENTO CHIMBORAZO C. A.
 INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.
 DICOPLAN CIA. LTDA.
 CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO
 INECYC.

Otros trámites: ♦⁵ La NTE INEN 1 573:1990 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA-EMERGENTE a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 236 de 1998-01-08 publicado en el Registro Oficial No. 321 de 1998-05-20.

Esta NTE INEN 1 573:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 1573:1990

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-03-26

Oficializada como: **Voluntaria**
 Registro Oficial No. 213 de 2010-06-14

Por Resolución No. 035-2010 de 2010-04-02

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815**

Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec

Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inencati@inen.gov.ec

Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec

Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec

Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec

URL: www.inen.gov.ec



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 578:2010
Primera revisión

HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO.

Primera Edición

STANDART TEST METHOD FOR SLUMP OPF HYDRAULIC – CEMENT CONCRETE.

First Edition

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, hormigón y productos de hormigón, asentamiento, ensayo.
CO 02.10-304
CDU: : 691.32:620.163.1
CIU: 3699
ICS: 91.100.30

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO	NTE INEN 1 578:2010 Primera revisión 2010-06
---	---	---

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar el asentamiento del hormigón de cemento hidráulico tanto en el laboratorio como en el campo.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma tiene por objeto proporcionar al usuario un procedimiento para determinar el asentamiento de hormigones de cemento hidráulico en estado plástico, (ver nota 1).

2.2 Este método de ensayo se aplica al hormigón en estado plástico, preparado con árido grueso con tamaño de hasta 37,5 mm. Si el tamaño del árido grueso es mayor a 37,5 mm, este método de ensayo se aplica cuando se realiza sobre la fracción de hormigón que pasa el tamiz de 37,5 mm, con la eliminación de las partículas de árido de mayor tamaño, de acuerdo con el numeral 7 de la NTE INEN 1 763.

2.3 Este método de ensayo no se aplica al hormigón no plástico y no cohesivo, (ver nota 2).

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo y no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.

3.2 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

3.3 **Advertencia.** Las mezclas frescas de cemento hidráulico son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas a la piel y tejidos bajo exposición prolongada

4. MÉTODO DE ENSAYO

4.1 **Resumen.** Una muestra de hormigón recién mezclado se coloca dentro de un molde con forma de un cono truncado y se compacta con una varilla. Se levanta el molde permitiendo que el hormigón se asiente. Se mide la distancia vertical entre la altura original y la del centro desplazado de la superficie superior del hormigón, luego de su deformación. Este valor se reporta como el asentamiento del hormigón.

NOTA 1. Este método de ensayo fue desarrollado originalmente para proporcionar una técnica para monitorear la consistencia del hormigón en estado plástico. Se ha encontrado que por lo regular, en condiciones de laboratorio y con un estricto control de todos los materiales del hormigón, el asentamiento aumenta proporcionalmente con el contenido de agua en una mezcla dada de hormigón y por lo tanto es inversamente proporcional a la resistencia del hormigón; sin embargo, en condiciones de campo, dicha relación con la resistencia no se aprecia en forma clara o de manera consistente. Es por ello que se debe tener cuidado al correlacionar los resultados de asentamientos obtenidos en condiciones de campo con la resistencia.

NOTA 2. Hormigones que tienen asentamientos menores a 15 mm pueden no ser suficientemente plásticos y hormigones que tienen asentamientos mayores a 230 mm pueden no ser suficientemente cohesivos para que este ensayo sea significativo. Se debe tener precaución en la interpretación de tales resultados.

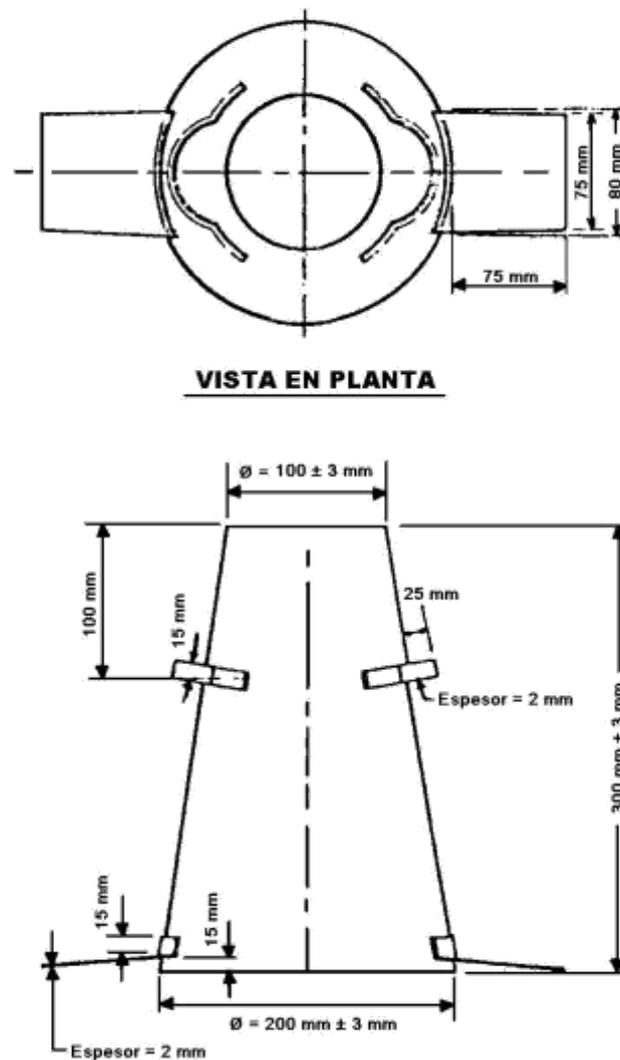
(Continúa)

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, hormigón y productos de hormigón, asentamiento, ensayo

4.2 Equipos

4.2.1 Molde. El espécimen para ensayo debe ser elaborado en un molde de metal que no sea fácilmente atacado por la pasta de cemento. El meta l no debe tener un espesor menor a 1,5 mm y si se forma por el proceso de rolado, no debe haber ningún punto en el molde en el que el espesor sea inferior a 1,15 mm. El molde debe tener la forma de un cono truncado, con diámetros internos de 200 mm en la base, 100 mm en la parte superior y altura de 300 mm. Los diámetros y alturas individuales deben tener una tolerancia de ± 3 mm de las dimensiones especificadas. La base y la parte superior del cono deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje longitudinal del cono. El molde debe estar provisto de dos estribos para apoyar los pies y manijas similares a los mostrados en la figura 1. Debe construirse sin costura. El interior debe estar relativamente liso y libre de imperfecciones, abolladuras, deformaciones o de mortero adherido. Puede aceptarse un molde que se sujete a una placa base no absorbente, siempre que el sistema de fijación sea tal que pueda ser liberado completamente sin movimiento del molde y que la base sea lo suficientemente grande para contener todo el volumen del hormigón asentado, para un ensayo aceptable.

FIGURA 1. Molde para ensayo de asentamiento



4.2.1.1 Verificar y registrar la conformidad de las dimensiones del molde con las especificadas, al momento de su compra o en la primera puesta en servicio y al menos una vez por año.

(Continúa)

4.2.1.2 Molde fabricado con materiales alternativos.

- a) Se permite el uso de moldes diferentes al metálico si satisfacen los siguientes requisitos: el molde debe cumplir con la forma, altura y los requisitos de dimensiones internas del numeral 4.2.1; debe ser lo suficientemente rígido para mantener las dimensiones y tolerancias especificadas durante el uso, resistente a las fuerzas de impacto y además de material no absorbente; debe demostrar que proporciona resultados comparables a los que se obtienen cuando se utiliza un molde de metal que reúne los requisitos del numeral 4.2.1, esta demostración debe ser realizada por el fabricante en un laboratorio de ensayos independiente. Los ensayos comparativos deben estar compuestos al menos por 10 pares consecutivos de comparaciones realizados con tres hormigones con asentamientos diferentes, comprendidos en el rango de 50 mm a 200 mm (ver nota 3). Ningún resultado de ensayo individual debe variar en más de 15 mm respecto al que se obtiene utilizando el molde de metal. El promedio de los resultados de ensayo de cada rango de asentamiento obtenido con el molde de material alternativo no debe variar en más de 6 mm del promedio de los resultados de ensayo obtenidos usando el molde de metal. Los datos del ensayo de comparación del fabricante deben estar a disposición de los usuarios y de las autoridades de inspección del laboratorio (ver nota 4). Si se realiza cualquier cambio en el material o en el método de fabricación se debe repetir los ensayos de comparación.
- b) Si se sospecha que cualquier molde individual está fuera de tolerancia con relación de la condición de fabricación, se debe realizar un solo ensayo comparativo. Si los resultados difieren en más de 15 mm de los obtenidos utilizando el molde de metal, el molde debe ser retirado del servicio.

4.2.2 Varilla de compactación. Debe ser una varilla recta, lisa, de acero, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo el extremo de compactación o los dos extremos redondeados con punta semiesférica, cuyo diámetro es de 16 mm.

4.2.3 Instrumento de medida. Puede utilizarse una regla, cinta de medir enrollada de metal o un instrumento similar de medición rígido o semirrígido, marcado en incrementos de 5 mm o menos. La longitud del instrumento debe ser de al menos 300 mm.

4.2.4 Cucharón. De un tamaño lo suficientemente grande para que cada cantidad de hormigón obtenida del recipiente de muestreo sea representativa y lo suficientemente pequeño como para que no se derrame durante la colocación en el molde.

4.3 Muestreo. La muestra de hormigón para elaborar los especímenes de ensayo debe ser representativa de toda la amasada. Debe ser obtenida de acuerdo con los procedimientos descritos en la NTE INEN 1 763.

4.4 Procedimiento

4.4.1 Humedecer el molde y colocarlo sobre una superficie plana, rígida, húmeda y no absorbente. El operador debe sostener firmemente el molde en su lugar durante el llenado y la limpieza del perímetro, parándose sobre los dos estribos o fijándolo a la placa base como se describe en el numeral 4.2.1. Inmediatamente después de obtener la muestra de hormigón, de conformidad con el numeral 4.3, llenar el molde en tres capas, cada una de aproximadamente un tercio del volumen del molde (ver nota 5). Colocar el hormigón en el molde utilizando el cucharón descrito en el numeral 4.2.4. Mover el cucharón siguiendo el perímetro de la abertura del molde para asegurar una distribución uniforme del hormigón con una mínima segregación.

NOTA 3. La frase "pares consecutivos de comparaciones" no significa sin interrupción o en un solo día. En una programación seleccionada por la entidad que realiza los ensayos, los pares de ensayos que conducen a 10 pares consecutivos puede llevarse a cabo en grupos pequeños. La palabra "consecutivos" no significa ignorar los pares de ensayos que no cumplan con los criterios.

NOTA 4. Debido a que el asentamiento del hormigón disminuye con el tiempo y con temperaturas elevadas, es ventajoso realizar los ensayos de comparación alternando el uso de conos de metal y los de material alternativo y la utilización de algunos técnicos para minimizar el tiempo entre los procedimientos de ensayo.

NOTA 5. El primer tercio del volumen del molde de asentamiento, se llena a una altura de 70 mm, el segundo tercio del volumen se llena a una altura de 160 mm, medidos desde la base.

(Continúa)

4.4.2 Compactar cada capa con 25 golpes utilizando la varilla de compactación. Distribuir de manera uniforme los golpes sobre la sección transversal de cada capa. Para la capa inferior, es necesario inclinar la varilla ligeramente y dar aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y luego continuar con golpes verticales en espiral hacia el centro. Compactar la capa inferior en toda su profundidad. Compactar la segunda capa y la capa superior, cada una en toda su profundidad, de tal manera que los golpes apenas penetren en la capa anterior.

4.4.3 Al llenar la capa superior, mantener un excedente de hormigón sobre la parte superior del molde antes de empezar la compactación. Si durante la operación de compactación, la superficie del hormigón queda por debajo del borde superior del molde, agregar más hormigón para mantener en todo momento un exceso de hormigón sobre la parte superior del molde. Después de haber compactado la capa superior, enrasar la superficie del hormigón rodando la varilla de compactación sobre el borde superior del molde. Continuar presionando el molde firmemente hacia abajo y retirar el hormigón del área que rodea la base del molde para evitar interferencias con el movimiento de asentamiento del hormigón. De inmediato retirar el molde del hormigón levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. Levantar el molde en su altura de 300 mm en $5 \text{ s} \pm 2 \text{ s}$ con un movimiento ascendente uniforme y sin movimientos laterales o de torsión. Completar todo el ensayo desde el inicio del llenado hasta la remoción del molde sin interrupción dentro de un periodo de $2 \frac{1}{2}$ minutos.

4.4.4 Inmediatamente medir el asentamiento determinando la diferencia vertical entre la parte superior del molde y el centro original desplazado de la superficie superior del espécimen. Si ocurre un desprendimiento o corte del hormigón de una parte o porción de la masa (ver nota 6), desechar el ensayo y hacer un nuevo ensayo con otra porción de la muestra.

4.5 Informe de resultados. Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Fecha y lugar de ensayo,
- b) Nombre del laboratorio y del laboratorista que realizó el ensayo,
- c) Identificación de la muestra,
- d) Tipo de molde utilizado,
- e) Informar si el hormigón se ha tamizado en húmedo, para retirar partículas de tamaño mayor a 37,5 mm,
- f) El asentamiento en milímetros, con una aproximación de 5 mm de asentamiento del espécimen durante el ensayo,
- g) Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

4.6 Precisión y desviación

4.6.1 Precisión. Las estimaciones de precisión de este método de ensayo se basan en los resultados de los ensayos realizados en Fayetteville, Arkansas por 15 técnicos de 14 laboratorios, que representan a 3 estados. Todos ensayados en 3 rangos de asentamiento diferentes desde 25 mm a 160 mm, fueron realizados utilizando la misma amasada de hormigón premezclado. El hormigón fue entregado y ensayado con un bajo asentamiento, para producir un hormigón de asentamiento moderado y finalmente de alto asentamiento, se le agregó agua y se lo mezcló nuevamente. En la mezcla de hormigón se utilizó una piedra caliza triturada de 19 mm (No. 67) y arena de río lavada, contenía 297 kg de material cementante por metro cúbico. Los 297 kg se dividieron por igual entre un cemento que cumple los requisitos del Tipo I / II y cenizas volantes de clase C. Se utilizó una dosis doble de un retardante químico en un intento de minimizar las pérdidas de asentamiento y mantener la trabajabilidad del hormigón. Las temperaturas del hormigón variaron desde 30°C a 34°C. Las pérdidas de asentamiento promediaron 17 mm durante los 20 minutos necesarios para realizar una serie de 6 pruebas a un rango de asentamiento. Los ensayos se realizaron usando moldes de metal y plástico alternadamente, que fueron previamente seleccionados para producir resultados comparables. Los datos de precisión por lo tanto se aplican a los moldes de metal y de plástico. Se realizaron un total de 270 pruebas de asentamiento.

4.6.1.1 Medición de variabilidad. Se determinó que la desviación estándar era la medida más coherente de la variabilidad y se encontró que varía con el valor del asentamiento.

NOTA 6. Si dos ensayos consecutivos en una muestra de hormigón presentan una caída o un corte de la masa del espécimen, el hormigón probablemente carece de la plasticidad y la cohesión necesarias para que sea aplicable el ensayo de asentamiento

(Continúa)

4.6.1.2 Precisión para un solo operador . La desviación estándar para un solo operador representada por (1s) se muestra en la tabla 1 mediante valores promedio de asentamiento. Los resultados finales para las lecturas de ensayos de repetición, se aplican a los ensayos realizados por el mismo operador, llevando a cabo ensayos sucesivos, uno inmediatamente después del otro. Los resultados aceptables de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador en el mismo material (ver nota 7) no deben diferir entre sí en más del valor (d2s) de la última columna de la tabla 1 para el valor apropiado de asentamiento.

4.6.1.3 Precisión multilaboratorio . La desviación estándar multilaboratorio representada por (1s) se muestra en la tabla 1 mediante valores promedio de asentamiento. Los resultados finales para las lecturas de ensayos de repetición se aplican a los ensayos realizados por diferentes operadores de diferentes laboratorios, desarrollando ensayos a intervalos menores de 4 minutos. Por lo tanto, los resultados aceptables de dos ensayos de asentamiento correctamente realizados en el mismo material (ver nota 7) por dos laboratorios diferentes, no deben diferir entre sí en más del valor (d2s) de la última columna de la tabla 1 para el valor apropiado de asentamiento.

4.6.2 Desviación . Este método de ensayo no presenta desviación, debido a que el asentamiento es definido solamente en términos de este método de ensayo.

TABLA 1. Precisión

Asentamiento e índice de tipo	Desviación estándar (1s)^A	Rango aceptable de dos resultados (d2s)^A
Precisión para un solo operador:		
Asentamiento 30 mm	6 mm	17 mm
Asentamiento 85 mm	9 mm	25 mm
Asentamiento 160 mm	10 mm	28 mm
Precisión multilaboratorio:		
Asentamiento 30 mm	7 mm	20 mm
Asentamiento 85 mm	10 mm	28 mm
Asentamiento 160 mm	13 mm	37 mm
^A Estos números representan, respectivamente, los límites (1s) y (d2s) descritos en la norma ASTM C 670.		

NOTA 7. "El mismo material" es utilizado para designar a una mezcla de hormigón fresco de una misma amasada.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 763 *Hormigón fresco. Muestreo.*
Norma ASTM C 670 *Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción.*

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 143 – 08. *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2008.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento:	TÍTULO: HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.	Código:
NTE INEN 1 578	DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO	CO 02.10-304
Primera revisión		

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1990-06-26 Oficialización con el Carácter de Obligatoria y Emergente por Acuerdo Ministerial No. 413 de 1990-08-20 publicado en el Registro Oficial No. 524 de 1990-09-18 Fecha de iniciación del estudio: 2009-09-14
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: HORMIGÓN, ÁRIDOS Y MORTEROS
 Fecha de iniciación: 2009-09-18 Fecha de aprobación: 2009-10-01 Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Ing. Guillermo Realpe (Presidente)	FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
Ing. José Arce (Vicepresidente)	HORMIGONES HÉRCULES S. A.
Ing. Jaime Salvador	INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. INECYC.
Ing. Raúl Ávila	ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR. APRHOPEC.
Ing. Hugo Egüez	HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS
Ing. Raúl Cabrera	HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES
Sr. Carlos Aulestia	LAFARGE CEMENTOS S. A.
Ing. Xavier Arce	CÁMARA CONSTRUCCIÓN GUAYAQUIL.
Ing. Marlon Valarezo	UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
Arq. Soledad Moreno	INTACO ECUADOR S. A.
Ing. Carlos González	INTACO ECUADOR S. A.
Ing. Víctor Buri	HORMIGONES HÉRCULES S. A.
Ing. Douglas Alejandro	MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.
Ing. Verónica Miranda	COLEGIO INGENIEROS CIVILES PICHINCHA / HORMIGONES EQUINOCCIAL
Ing. Diana Sánchez	FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
Ing. Stalin Serrano	HORMIGONES EQUINOCCIAL.
Ing. Xavier Herrera	HORMIGONERA QUITO
Ing. Mireya Martínez	CAMINOSCA CIA. LTDA.
Ing. Rubén Vásquez	CEMENTO CHIMBORAZO C. A.
Ing. Víctor Luzuriaga	INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.
Ing. Patricio Torres	DICOPLAN CIA. LTDA.
Ing. Luis Balarezo	CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO
Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)	INECYC.

Otros trámites: ♦⁴ La NTE INEN 1 578:1990 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 1 578:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 1 578:1990

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-03-26

Oficializada como: Voluntaria	Por Resolución No. 036-2010 de 2010-04-02
Registro Oficial No. 213 de 2010-06-14	

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815**

Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec

Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inencati@inen.gov.ec

Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec

Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec

Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec

URL: www.inen.gov.ec