

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL



TESIS DE GRADO

“UTILIZACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS TIPO PET COMO UNIDAD

ESTRUCTURAL PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA”

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL

Carlos Alfredo Valle Mayorga.

Riobamba – Ecuador 2013

AGRADECIMIENTO

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

Agradezco a mi familia, a la Dra. Magdy Echeverría por los consejos, el apoyo y el ánimo que me brindó además por sus comentarios en todo el proceso de elaboración de la Tesis y sus atinadas correcciones.

Gracias también a mis queridos compañeros, que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida durante estos casi cinco años de convivir dentro y fuera del salón de clase.

DEDICATORIA

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mi esposa, mí adorada hija, mis hermanos, tíos, primos, abuelos y amigos.

Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

CARLOS ALFREDO VALLE MAYORGA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: “UTILIZACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS TIPO PET COMO UNIDAD ESTRUCTURAL PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA”, de responsabilidad de la señor , Carlos Alfredo Valle Mayorga, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. SILVIO ÁLVARES
DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

Dra. NANCY VELOZ
DIRECTORA DE ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

Dra. MAGDY ECGEVERRIA
DIRECTORA DE TESIS

DR. ROBERT CAZAR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lic. CARLOS RODRÍGUEZ
DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN

NOTA DE TESIS ESCRITA

Yo, Carlos Alfredo Valle Mayorga, soy responsable de las Ideas y resultados expuestos en la siguiente Tesis; y el Patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DECHIMBORAZO.

INDICE DE ABREVIATURAS

cm	Centímetros
	Densidad
a	Densidad Aparente
° C	Grados Centígrados
gr	Gramos
g/cm ³	Gramos por cada centímetro cúbico
g/cc	Gramos por cada centímetro cúbico
Has	Hectáreas
h	Horas
Kg	Kilogramo
km	kilómetros
Kg/día	Kilogramo por cada día
Kg/fa	Kilogramo por cada familia
Kg/cm ²	Kilogramos por cada centímetro cuadrado
Kg/m ³	Kilogramos por cada metro cúbico
Kg/TM	Kilogramo por cada tonelada métrica
kg/fa/ día	Kilogramo por cada familia por cada día
m ³	Metro cúbico
mm	Milímetros
#	Número

Nt	Número total de personas
W	Peso del bloque
W1	Peso del recipiente vacío
W2	Peso del recipiente lleno
N	Población
%	Porcentaje
RS	Residuos sólidos
RSU	Residuos sólidos urbanos
TM	Tonelada métrica
TM/ha	Tonelada métrica por cada hectárea
Ton/día	Toneladas por cada día
PET	Polietilentereftalato
PCS	Poder Calorífico Superior
PCI	Poder Calorífico Inferior
Cal/gr	Caloría por gramo
Kcal/kg	Kilocaloría por kilogramo
RSO	Residuos Sólidos Orgánicos
Ton	Toneladas
O2	Oxígeno
O3	Ozono
PS	Poliestireno
PP	Polipropileno
U/h	Unidades por hora
SPI	<u>S</u> ociety of The Plastics industry
PEAD	Polietileno de alta densidad

PVC	Cloruro de polivinilo
PEBD	Polietileno de baja densidad
CO2	Dióxido de Carbono
pH	Potencial de Hidrogeno
mg/l	Miligramo por litro
m	Masa
V	Volumen

INDICE GENERAL

CARATULA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
INDICE DE ABREVIATURAS	<i>i</i>
INDICE GENERAL	<i>ii</i>
INDICE DE TABLAS	<i>iii</i>
INDICE DE GRÁFICOS	<i>iv</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>v</i>
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	<i>vi</i>
INDICE DE ANEXOS	<i>vii</i>
RESUMEN	<i>viii</i>
SUMMARY	<i>ix</i>
INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVOS	27
OBJETIVO GENERAL	27
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
HIPÓTESIS	27
CAPITULO I	28
1. MARCO TEÓRICO	28
1.1 RESIDUOS SÓLIDOS	28
1.1.2 ORIGENES Y TIPOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	28
1.1.3 TIPOS DE MATERIALES RECUPERABLES DE LOS RSU	28
1.1.3.1 ORGÁNICOS.	29
1.1.3.2 METALES FERREOS.	29
1.1.3.3 METALES NO FERREOS.	29
1.1.3.4 PLÁSTICOS.	29

1.1.3.4.1 ¿QUÉ ES EL PLÁSTICO?	30
1.1.3.4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PLÁSTICO	30
1.1.3.4.4 TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN	31
1.1.3.4.5 RESIDUOS PLÁSTICOS UN PROBLEMA AMBIENTAL.	32
1.1.3.4.6 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN CON PLÁSTICO	33
1.1.3.4.7 LAS BOTELLAS PET EN ECUADOR	35
1.1.3.4.8 CLASIFICACIÓN DE PLÁSTICOS.	36
1.1.3.4.8.1 TERMOS FIJOS Y TERMOPLÁSTICOS.	36
1.1.3.4.8.2 CODIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS.	37
1.1.3.4.8.2.1 POLIETILENO DE TEREFTALATO	39
1.1.3.4.8.2.2 USOS	40
1.1.3.4.8.2.3 ASPECTOS POSITIVOS Y PROPIEDADES DEL USO DEL POLIETILENO DE TEREFTALATO	40
1.2 MAMPOSTERÍA	41
1.2.1 MAMPOSTERÍA LIVIANA	42
1.3 HORMIGÓN	42
1.4 FUNCIONES DEL AGREGADO PÉTREO EN EL HORMIGÓN	43
1.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS	44
1.4.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS POR EL TAMAÑO	44
1.4.1.2 CLASIFICACIÓN POR MODO DE FRAGMENTACIÓN DE LAS PARTÍCULAS	45
1.4.1.2.3 FUNCIONES DE LOS AGREGADOS	45
1.4.1.2.4 ARENA O ARIDO FINO	46
1.4.1.2.5 GRAVA, RIPIO O ARIDO GRUESO	46
1.4.2 EL AGUA	47
1.4.2.1 CLASIFICACIÓN DEL AGUA Y SUS EFECTOS EN EL HORMIGÓN	48
1.4.2.2 CLASIFICACIÓN DEL AGUA Y SU INCIDENCIA EN EL USO DEL CONCRETO	49
1.4.3 LOS ADITIVOS	49
1.4.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS	50
1.4.4 MATERIALES CEMENTANTES	51
1.4.5 BLOQUE DE HORMIGÓN	51
1.4.5.1 PROCESO DE FABRICACIÓN	52
1.4.5.2 CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES SEGÚN SU FORMA	52
1.4.5.3 CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES SEGÚN SUS USOS	54

1.4.5.4 POROSIDAD	54
1.4.5.5 DENSIDAD	55
1.5 PESO UNITARIO	56
1.6 NORMAS INEN 639- 643	56
1.7 NORMAS ASTM	57
1.8. MARCO LEGAL EXISTENTE RELACIONADO A RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ECUADOR	57
1.9 ESTUDIOS REALIZADOS	58
CAPITULO II	61
2. PARTE EXPERIMENTAL	61
2.1 LUGAR DE INVESTIGACIÓN	61
2.2 METODOLOGÍA.	62
2.2.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS	62
2.2.1.1. MÉTODOS	62
2.2.1.1.1. DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BOTELLAS PET EN LA PARROQUIA LA MATRIZ DEL CANTÓN QUERO.	62
2.3.1.1.2 ELABORACIÓN DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES PARA MAMPOSTERÍA A PARTIR DE BOTELLAS PLÁSTICAS TIPO PET	64
2.3.1.1.3 CARACTERIZACIÓN	64
2.3.1.1.4 DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS	65
2.3.1.2 TÉCNICAS	66
2.3.1.2.1 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA	66
2.3.1.2.1.1 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LA MUESTRA	66
2.3.1.2.1.3 SELECCIÓN DE LA MUESTRA	66
2.3.1.3. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE INFORMACION	67
2.3.1.3.1 PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE INFORMACIÓN	67
2.3.1.4. ELABORACIÓN DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES:	67
2.3.1.4.1. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS.	68
2.3.1.2.9 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS.	68
2.4. DATOS EXPERIMENTALES	68
2.4.1. DIAGNÓSTICO	68
2.4.2. DOSIFICACIONES UTILIZADAS EN LAS BLOQUERAS DE LA ZONA	69
2.4.2.1 TIPOS Y DIMENSIONES DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES	70
2.5 DATOS ADICIONALES	70

2.5.1 MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES CONVENCIONALES	70
2.5.2 PESO UNITARIO DE LOS BLOQUES CONVENCIONALES	71
2.5.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	71
2.5.4 EDAD A LA QUE LOS BLOQUES ESTAN LISTOS PARA LA VENTA Y DISTRIBUCION	72
2.5.5 RESISTENCIA DE UNIDADES ESTRUCTURALES FABRICADAS CON CABELLO HUMANO RECICLADO, Y BAGAZO DE CAÑA	72
CAPITULO III	73
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	73
3.1 RESULTADOS	73
3.1.1 DOSIFICACIONES	73
3.1.1.1. RESULTADOS DE PRODUCCIÓN DE BOTELLAS PET EN LA PARROQUIA LA MATRIZ DEL CATÓN QUERO	74
3.1.2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES.	74
3.1.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES	75
3.1.2.2. DENSIDAD PROMEDIO DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES	76
3.1.3. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES.	76
3.1.3.1. Prueba estadística para verificar la existencia de diferencia significativa entre las resistencias de las unidades estructurales y los bloques convencionales.	80
3.1.4. COSTO DE PRODUCCIÓN DE LA UNIDAD ESTRUCTURAL.	82
3.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	83
3.2.1. PRODUCCIÓN DE BOTELLAS PLASTICAS TIPO PET EN EL CANTÓN QUERO.	83
3.2.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS BLOQUES.	83
3.2.2.1. DENSIDAD PROMEDIO DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES	84
3.2.2.2 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES	84
3.2.2.3 PESO HUMEDO Y VOLUMEN DE AGUA	85
3.2.3 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES.	85
3.2.3.1 PRUEBA ESTADÍSTICA PARA VERIFICAR LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS RESISTENCIAS DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES Y LOS BLOQUES CONVENCIONALES.	86
3.2.4. COSTO DE PRODUCCIÓN DE LA UNIDAD ESTRUCTURAL.	86
CAPITULO IV	87
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87

4.1 CONCLUSIONES	87
4.2 RECOMENDACIONES:	88
BIBLIOGRAFÍA	90
ANEXOS	94

INDICE DE TABLAS

Tabla No1. Clasificación de los áridos naturales.....	44
Tabla No2. Clasificación de las partículas por fragmentación	45
Tabla No 3. Clasificación del agua y sus efectos en el hormigón	48
Tabla No 4. Clasificación de los aditivos	50
TABLA No 5. Clasificación de los bloques según sus usos.....	54
Tabla No 6. Densidad de materiales	56
Tabla No 8. Dosificaciones de material utilizadas en el sector para la fabricación de bloques	69
Tabla No 9. Dosificaciones de cantidades para elaborar unidades estructurales para ensayo de compresión. Bloque control	74
Tabla No 10. Propiedades físicas de las unidades estructurales	75
Tabla No 11. Capacidad de absorción de las unidades estructurales.....	75
Tabla No 12. Densidad de las unidades estructurales.....	76
Tabla No 13. Resultados de la prueba mecánica de los bloques a los 15 días de edad ..	77
Tabla No 14. Resultados de la prueba mecánica de los bloques a los 20 días de edad ..	77
Tabla No 15. Resultados de la prueba mecánica de los bloques a los 28 días de edad ..	78
Tabla No16. Resultados de la prueba mecánica de bloques normales (control)	78
Tabla No 17. Esfuerzo de compresión.....	79
Tabla No 18. Cargas de las unidades estructurales y los bloques convencionales a menor edad.....	80
Tabla No 19. Estadística Descriptiva de las unidades estructurales vs los bloques convencionales.....	81
Tabla No 20. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales.....	81
Tabla No 21. Costo de producción de 25 unidades estructurales	82

INDICE DE GRÁFICOS

Grafico No1. Sectorización del cantón Quero	61
Grafico No 2. Resistencia de las unidades estructurales vs tiempo	79
Grafico No 3. Bloques convencionales vs unidades estructurales a partir de botellas PET	80

~ v ~

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No1 Experimentación sobre la unidad estructural para mampostería liviana.	63
FIGURA No2 Determinación de la resistencia a tracción por compresión diametral en cilindros	65

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTO No 1. Botellas utilizadas en la elaboración de las unidades estructurales.....	132
FOTO NO 2 Y 3. Transporte de las unidades estructurales para las pruebas físicas y mecánicas.....	132
FOTO No 4. Inspección de las unidades estructurales por parte del ingeniero civil encargado del laboratorio.....	133
FOTO No 5. Pesaje de las unidades estructurales	134
FOTO No 6. Pesaje de los bloques tradicionales.....	134
FOTO No 7 y 8. Sumergido de las unidades estructurales para la medición de las pruebas físicas.....	135
FOTO No 9 y 10. Medición de las unidades estructurales para el ensayo de compresión	136
FOTO No 11. Preparación de las unidades estructurales para el ensayo	137
FOTO No 12, 13, 14 y 15 Ensayo de compresión	137
FOTO No 16. Medición de la compresión	139
FOTO No 17. Compresión de los bloques convencionales	139
FOTO No 18, 19 Y 20. Compresión de las botellas vacías	140
FOTO No 21, 22 y 23. Acumulación de botellas PET en el rio Quero	142

INDICE DE ANEXOS

ANEXO No.1 Norma ASTM C-140-75, especificaciones estándar, esfuerzo de compresión en bloques de concreto	95
ANEXO No2.Método estándar de prueba para la resistencia a la Compresión de elementos cilíndricos de concreto, regido por la Norma C39M-01 de la ASTM internacional.....	97
ANEXO No3. Norma INEN 638 bloques huecos de hormigón, definiciones, clasificación y condiciones generales	101
ANEXO No 4. Norma ASTM C-90-75 especificaciones estándar para pruebas de absorción en bloques de concreto	106
ANEXO No5.Norma INEN 639, bloques huecos de hormigón, muestreo ensayos.....	108
ANEXO No 6. Ensayo de compresión de las unidades estructurales a los 15 días de edad	125
ANEXO No 7. Ensayo de compresión de las unidades estructurales a los 20 días de edad.....	126
ANEXO NO 8. Ensayo de compresión de las unidades estructurales a los 28 días de edad.....	127
ANEXO No 9. Ensayo de compresión de bloques normales	128
ANEXO No 10. Ensayo de compresión de unidades estructurales elaboradas con bagazo de caña y cabello humano a diferentes proporciones.	129
ANEXO No 11. Cálculos para producción de botellas PET en la parroquia la matriz del cantón Quero.....	129

RESUMEN

En la utilización de botellas plásticas tipo PET como unidad estructural para mampostería liviana realizada en el cantón Quero provincia de Tungurahua.

El procedimiento consistió en el muestreo, recolección y limpieza de las botellas plásticas tipo PET de tres litros; desarrollo del material y diseño de las unidades estructurales, preparación de la mezcla con las siguientes relaciones en volumen: cemento 0.8, agua 6, arena 1.2 y cascajo 6, se rellenaron las botellas con esta mezcla. Para evaluar la resistencia mecánica del material, se elaboraron unidades estructurales a las edades de 15, 20 y 28 días, tiempo en el cual alcanzan la máxima resistencia, además se evaluó la resistencia de las botellas vacías y bloques control en base a la Norma ASTM-C-39 (Método estándar de prueba para la resistencia a la compresión de elementos cilíndricos de concreto) y la norma técnica INEN 639 (bloques huecos de hormigón, muestreos y ensayos). Para las pruebas físicas se prepararon las unidades estructurales y a la muestra control para la determinación de humedad, porosidad y peso unitario (densidad). En las pruebas mecánicas se reportó una carga promedio de: 31.07, 31.12 y 31.23 kg/m^2 a los 15 20 y 28 días respectivamente, en los bloques control se reporto una carga promedio de 7.60 kg/cm^2 en las botellas vacías fue inferior a 0.2 kg/cm^2 ,mientras que en las pruebas físicas, el peso húmedo y absorción y peso unitario fueron menores que en los bloques de control o convencionales, comprobándose que la utilización de botellas plásticas tipo

PET como unidad estructural para mampostería livianas es posible ya que presento mejores características tanto físicas como mecánicas que los bloques normales o convencionales, además de reducir el impacto ambiental que tiene el plástico en la contaminación de los suelos con la reutilización del PET.

Se recomienda que la mezcla utilizada puede ser mejorada sustituyendo parte de la arena por algún aditivo que mejore la adherencia entre los componentes haciéndolo más rígido y que ayude a reducir considerablemente el peso de la unidad estructural.

SUMMARY

In the use of PET plastic bottles as lightweight structural unit masonry held in the Quero Canton, province of Tungurahua.

The procedure consisted of sampling, collection and cleaning of PET plastic bottles of three liters of material and design development of the structural units, preparation of the mixture with the following volume ratios: cement 0.8, used needle 6, 1.2 and sand gravel 6, the bottles were filled with this mixture. To evaluate the mechanical resistance of the material, structural units produced at ages 15, 20 and 28 days, at which time they reach maximum strength, the strength was evaluated in addition empty bottles and based control blocks ASTM -C- 39 (Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete elements) and the technical standard INEN 639 (concrete blocks, sampling and testing).

For physical testing were prepared structural units as the control sample for the determination of humidity, porosity and unit weight (density). In the mechanical tests reported an average load of 31.07, 31.12 and 31.23 kg/cm² in the empty bottles was less than 0.2 kg/cm², while in the physical tests, and wet weight absorption and unit weight were lower than in the control blocks or conventional, proving that the use of PET plastic bottles as lightweight structural unit masonry possible as presented better physical and mechanical characteristics that normal or conventional blocks, besides reducing the environmental impact plastic having the pollution of soils pet reuse.

It is recommended that the mixture used can be improved by replacing part of the sand by some additive to enhance adhesion between components making it more rigid and that helps significantly reduce the weight of the structural unit.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador a través de los años el uso de materiales para la construcción no ha experimentado una variación considerable, de piedra, adobe a bloques y ladrillos que son los productos más utilizados en la actualidad, pero la utilización de materiales alternativos es limitada, ya sea por la falta de variedad en el mercado de la construcción o por costumbre¹.

El producto que más se utiliza es el bloque de concreto del cual existe una amplia diversidad, existiendo así bloques para: muros con funciones estructurales, bloques que precisan de una cara especialmente preparada para no requerir de revestimiento, etc. El uso de botellas plásticas tipo PET para mampostería permite disminuir significativamente el volumen de los residuos sólidos generados en los botaderos, además de tener una alternativa económica y duradera para la construcción así como amigable con el ambiente. Ya que estos residuos no se están tratando constituyen un serio problema ecológico, higiénico, sanitario, político, social y económico, pues el costo de la recolección, transporte, y eliminación es cada vez más caro; desde el punto de vista estructural, desaprovechando su potencial uso como materia prima para la construcción. La incorporación de botellas plásticas (PET) en la construcción, surge con el propósito de transformar y aprovechar los desperdicios disponibles en el lugar así como brindar una fuente de empleo a la población local.

¹ Visor de Servicios Inmobiliarios, *El Comercio*, fin de semana, 2006 y 2008 (3) (4) (5) (6)

El bloque que a continuación se propone (unidad estructural) es elaborado utilizando plástico PET reciclado, el cual es usado como molde para el encapsulamiento de la unidad.

El procedimiento que se utiliza para la construcción del bloque es igual a la de un normal revestido por una botella PET de 3 litros.

El mortero resulta de la mezcla de arena, cemento y agua se vierte en las botellas PET, se realiza la compactación y luego se procede a curar con agua.

El impacto ambiental que tiene el plástico en la contaminación de los suelos es grave, porque el plástico dependiendo de su clase demora muchos años en degradarse, por ejemplo: El polietileno de Tereftalato (PET) se demora 500 años en destruirse, y lo peor, al ser enterrado dura más, afectando así a la productividad agrícola de los suelos, lo que afecta directamente en la economía de los pueblos, incidiendo así en su calidad de vida².

Proyectos como este ya son aplicados en otros países como Argentina, que realiza bloques similares. En la ciudad de Córdoba se trabaja con la comunidad, haciendo que los futuros propietarios de las viviendas colaboren con la elaboración de los bloques y obviamente con el proceso de reciclaje necesario para este procedimiento, de esta manera bajan los precios del bloque que de no ser así sería demasiado costoso³. En Europa también hay una tecnología parecida que convierte los polímeros termoplásticos en aglutinante que puede ser mezclado con arena para dar lugar a un hormigón polimérico sin cemento, pero en fin estas son algunas de las ideas que se exponen en otros lugares del mundo, todas con el

² Espín, Dra. Guadalupe. Plásticos y Contaminación ambiental. *Academia de Ciencia Morelos A.C.2007,30*

³ El País. Ruiz de Elvira, Malen, Madrid: Edición Futuro, 12 de mayo del 2004.

objetivo de reutilizar los desechos que producimos y de generar alternativas para la construcción. Los productos actuales no podrán mantenerse en el mercado por mucho tiempo debido a que están hechos de materiales que por su origen tienden a aumentar el precio del producto final, puesto que un bloque es elaborado a partir de cemento, arena, piedra pómez y agua, materiales que se extraen de las canteras que con el tiempo se van acabando haciendo que sea necesario buscar canteras cada vez más lejanas, aumentando el recorrido, influyendo en el precio de los productos extraídos y de los que de ellos se derivan, además al incrementarse el recorrido también se contribuye con la contaminación ambiental por parte de la emanación de óxidos de carbono del medio de transporte.

Por otro lado según las estadísticas realizadas en Quito EMASEO se produce un aproximado de 1300 toneladas de basura al día que son sepultadas en rellenos sanitarios, el 15 % son plásticos⁴, se habla entonces de unas 71175 toneladas de plásticos al año, lo cual implica una contaminación ambiental a gran escala.

Además cabe recalcar que el plástico reciclado es un producto que también se lo reutilizar como fibra de poliéster, madera plástica, aditivos para pavimentos, fabricación de botellas nuevas multicapa, combustible para la generación de energía, etc.

Aprender a clasificar los residuos para su reutilización sin pensar solo en desaparecerlos de nuestras casas enviando el problema a los tiraderos genera algunas ventajas, por mencionar algunos: El apoyo a la economía doméstica, la disminución de los costos de operación a los municipios; limpieza, recolección, transporte, trasbordo y disposición final, el mejoramiento de vida de los recolectores de basura, la preservación de los recursos naturales, la creación de una conciencia ecológica en la población, la

⁴ EMASEO. informe estudio *Termo pichincha*, agosto 2003.

eliminación de las posibilidades de contaminación del suelo y los acuíferos subterráneos, el mejoramiento de la imagen de la ciudad, la estimulación de una disminución del consumismo en la población.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Utilizar botellas plásticas tipo PET de tres litros como unidad estructural para mampostería liviana.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características mecánicas de las botellas tipo PET
- Elaborar las unidades estructurales de mampostería a partir de botellas plásticas tipo PET.
- Analizar las Características físico mecánicas de las unidades estructurales de mampostería elaboradas a partir de botellas plásticas tipo PET.

HIPÓTESIS

La unidad de mampostería liviana construida a partir de botellas PET de tres litros presenta iguales características estructurales que la mampostería liviana tradicional construida con bloques.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 RESIDUOS SÓLIDOS

Material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, El residuo se puede clasificar de varias formas, tanto por estado, origen o características.

1.1.2 ORIGENES Y TIPOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los orígenes de los Residuos Sólidos (RS) en una comunidad están, en general, relacionados con el USO DE SUELO y su LOCALIZACIÓN. Pueden desarrollarse numerosas clasificaciones sobre los orígenes aquí consideraremos la siguiente: Doméstico y comercial, Institucional, Construcción y demolición, servicios municipales, industrial, patológico y agrícola. Como referencia en el trabajo considerará la definición de los diferentes tipos de residuos que se generan. En cuanto a los tipos de RS es importante tener en cuenta que las definiciones de la terminología y las clasificaciones varían considerablemente en la bibliografía referente al tema.

1.1.3 TIPOS DE MATERIALES RECUPERABLES DE LOS RSU

El propósito es identificar los tipos de materiales que en la actualidad pueden separarse de los RSU para el reciclaje y la importancia que tiene la problemática para su procesamiento y comercialización.

Algunos de los materiales que en la actualidad pueden recuperarse para el reciclaje se presentan a continuación:

1.1.3.1 ORGÁNICOS.

Los residuos orgánicos, en su mayoría restos de comida constituyen el mayor porcentaje de los RSU con un 60 % representando aproximadamente 33 ton. Semanales, unas 1600 ton. Anuales. Estas pueden reciclarse como productos de conversión con la producción de compost.

1.1.3.2 METALES FERREOS.

Los metales que pueden reciclarse son de objetos voluminosos. En muchos basurales existen grandes montones de chatarra desorganizados y con los metales mezclados, situación poco atractivos para los compradores de chatarra.

1.1.3.3 METALES NO FERREOS.

Los metales no férreos que pueden reciclarse provienen de artículos domésticos comunes (muebles, utensilios, electrodomésticos, ferretería), de productos de construcción y demolición, etc.

Prácticamente todos los metales no férreos pueden reciclarse si están libres de elementos extraños.

1.1.3.4 PLÁSTICOS.

Los plásticos representan un 10 % de los RSU en peso en todos los tipos mezclados.

1.1.3.4.1 ¿QUÉ ES EL PLÁSTICO?

Los plásticos son polímeros, es decir, compuestos constituidos por grandes moléculas (macromoléculas), formadas por la unión de moléculas más sencillas que se repiten una y otra vez. Los plásticos se caracterizan por una alta relación resistencia/densidad, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico.

1.1.3.4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PLÁSTICO

Los plásticos se caracterizan por una relación de resistencia /densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes⁵. Las enormes moléculas de las cuales que están compuestos pueden ser lineales y ramificadas son termoplástico (se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termo endurecibles (se endurecen con el calor). Además la baja densidad, alta resistencia a la corrosión y baja conductividad térmica y eléctrica, todo al contrario de los materiales metálicos, es por ello que su aplicación en la industria moderna es cada día más creciente. Las características antes mencionadas hacen posible su amplia aplicación y uso de tipo industrial, tal es así que en la actualidad existen plásticos con elevada resistencia al calor y a la tracción, con valores próximos a los aceros.

⁵ **Monografías S.A.** Monografias.com. [en línea] 1997. [citado el: 30 d abril del 2009.] <http://www.monografias.com>

Los plásticos, bajo carga, tienen un comportamiento diferente al de cualquier otro material industrial, la razón es que en forma especial los termoplásticos tienen un comportamiento visco elástico, es decir tienen una reacción viscosa y elástica, al contrario de los metales que tiene una reacción ante las cargas de una falla por deformación. Esta deformación visco elástica se debe, en forma principal, a la estructura molecular de cadena larga. Cuando las cadenas largas están bajo cargas, se mueven una a lo largo de la otra y la cantidad de movimiento se debe al tipo de enlace.

Los plásticos con enlaces débiles se deforman con más facilidad que los que tienen enlaces fuertes.

1.1.3.4.4 TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN

En particular los plásticos se descomponen en 400 años aproximadamente, siendo uno de los desechos que más perjudica el Ambiente. Según datos estadísticos mundiales, Greenpeace estima que cada año se producen alrededor de 150 millones de toneladas de desperdicios plásticos, entre botellas, fundas y otro tipo de envases. El programa de las Naciones Unidas para el Ambiente ya en 1995 calculó que el 80% de los desechos plásticos terminan en el mar y entre otros impactos adversos, la fauna muere al consumir o enredarse en ellos¹. Particularmente uno de los productos que genera mayor cantidad de basura por su demanda mundial son los plásticos de Polietilen tereftalato (PET), materia prima derivada del petróleo, comúnmente utilizada en envases para gaseosas, dentífricos, aguas, jugos, vinos, aceites, fármacos, entre otros.

⁶ BBC mundo [en línea] 7 de mayo del 2004[citado el: 30 de abril del 2009.]
<http://bbcmundo.com>

1.1.3.4.5 RESIDUOS PLÁSTICOS UN PROBLEMA AMBIENTAL.

En el mundo, existe una preocupación por la contaminación del agua, aire y suelo, ocasionada en gran medida, por los volúmenes de residuos que se generan a diario y que recibe escaso o nulo tratamiento adecuado. Por sus características, los plásticos sintéticos no representan un riesgo para el ambiente, sin embargo si son un problema aun mayor, porque no pueden ser degradados por el entorno.

Los plásticos son sustancias orgánicas de alto peso molecular que se sintetizan a partir de compuestos de bajo peso molecular; se caracterizan por una alta relación resistencia/densidad, que son propiedades óptimas para el aislamiento térmico y eléctrico, también son resistentes a los ácidos, álcalis y solventes. Dichos materiales, entraron al mundo industrial durante la segunda guerra mundial, hasta expandirse también en el campo de la construcción. En la actualidad ya se emplean utilizándolos en diferentes formas, ya sea en elementos constructivos tales como pisos, cubiertas de muebles, tragaluces, falsos plafones, etcétera, o en utensilios desechables, como recipientes, botellas, frascos, bolsas, entre otras aplicaciones. Sin embargo a causa del crecimiento exponencial de la industria de los plásticos, han creado una dependencia sobre estos utensilios, generando un problema de tipo ambiental, debido a la acumulación de plásticos como desecho, ya que, aun sabiendo que pueden transformarse y reutilizarse, son tirados discriminadamente a basureros sin importar si son plásticos considerados como reciclables (termoplásticos).

Para entender lo anterior debemos saber que los plásticos se clasifican en dos grupos, de acuerdo a su comportamiento térmico, en termo fijo o termoestable y termoplásticos (6). Los termo fijos se endurecen y descomponen en presencia de temperatura, y los termoplásticos son aquellos que al someterse a calentamiento se reblandecen y es

posible modificar su forma. Estos últimos son a los que hacemos referencia en el párrafo anterior y de los cuales puede darse un aprovechamiento reciclando y reutilizando los desechos para darle nuevas aplicaciones. Esto sería en beneficio del medio ambiente ya que los desperdicios plásticos tienen velocidades de degradación extremadamente lentas que varían desde 5 años, para plásticos que se consideran como biodegradables, hasta más de 5000 años, para plásticos no degradables. Aun así los plásticos considerados biodegradables necesitan condiciones específicas para facilitar su degradación, como son determinadas cantidades de luz solar y humedad. Algunos de los plásticos que son considerados no degradables como el poliestireno (PS), polipropileno (PP), polietilentereftalato (PET), son los que podemos encontrar comúnmente en los utensilios desechables, por lo que necesitamos darle un nuevo uso para evitar la basura que causa contaminación en el medio ambiente

1.1.3.4.6 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN CON PLÁSTICO

La basura generada por las actividades humanas hasta mediados del siglo XX consistía principalmente en desechos biodegradables o reciclables. Al incorporarse el plástico a la vida cotidiana, una parte considerable de los desechos producidos comenzó a acumularse en el ambiente, precisamente por la resistencia de los plásticos a la corrosión, a la intemperie y la degradación por microorganismos (biodegradación). Anualmente se producen varios millones de toneladas de plásticos a nivel mundial.

La degradación de los plásticos sintéticos es muy lenta. La descomposición de productos orgánicos tarda 3 o 4 semanas; la de telas de algodón 5 meses; mientras que la del plástico puede tardar 500 años.

La degradación de estos plásticos simplemente genera partículas de plásticos más pequeñas que a pesar de ya no ser evidentes, se acumulan en los ecosistemas.

En el año 1996 se elaboró un informe que arrojó que 267 ejemplares de todo el mundo fueron afectados por residuos plásticos, en algunos casos llegando a depositarse en el lecho marino impidiendo el intercambio de gases y como consecuencia disminuyendo la cantidad de oxígeno.

También al respecto se han realizado estudios recientes sobre la presencia de microplásticos o fragmentos de plásticos de tamaño inferior a 5 mm, que probablemente provienen de la fragmentación de objetos de plástico más grandes, han demostrado que estos se están acumulando de forma considerable en los mares. Para ver los posibles efectos de esta contaminación en el fondo marino, los investigadores pusieron tres especies de algunos de los organismos que lo habitan, como gusanos y anfípodos (camarones bentónicos), que se alimentan de lo presente en los sedimentos, en acuarios en los que depositaron fragmentos microscópicos de plástico. A los pocos días, los animales empezaron a ingerir el plástico.

En arena de playas y estuarios son muy abundantes los micro fragmentos de acrílico, polipropileno, polietileno, poliamida, (nylon), poliéster, polimetacrilato, etc. La presencia de estos plásticos en los mares es más que un problema estético, pues representa un peligro para los organismos marinos que sufren daños por la ingestión y atragantamiento. Se calcula en cientos de miles las muertes de mamíferos marinos al año por esta causa. En aves se determinó que 82 de 144 especies estudiadas contenían fragmentos de plásticos en sus estómagos y en algunas

especies hasta el 80 % de individuos lo presentan⁷.

Además se ha demostrado que los plásticos acumulan compuestos químicos tóxicos como los bifenilos policloratos, el diclorodifenil, dicloroetano y los nonifenoles, que no son muy solubles en el agua y por esta razón se adhieren y se acumulan en los plásticos. Se ha demostrado que organismos marinos planctónicos, animales filtradores y aquellos que se alimentan de detritos, ingieren estos plásticos y en muchos casos estos quedan atrapados en sus tejidos. Aún no se ha determinado si de esta manera es posible que compuestos tóxicos contaminantes se bio acumulen y entren en la cadena alimenticia pero se piensa que es posible.

1.1.3.4.7 LAS BOTELLAS PET EN ECUADOR

En Ecuador, el mercado de gaseosas mueve 10,6 millones de dólares americanos mensuales. Estas ganancias son disputadas por cuatro embotelladoras: Ecuador Bottling Company (EBC), International and Ecuatoriana de Refrescos (Pepsi), Embotelladoras Nacionales (Embona), y Aje group. EBC, distribuidor exclusivo de las bebidas gaseosas Coca Cola, Fioravanti, Fanta, Sprite, Inca Kola y agua Dassani, cubre el 75% del mercado de bebidas carbonatadas a nivel nacional. Esta empresa produce botellas PET de gaseosa de 3 litros a una capacidad de 17 500 u/h y botellas de 1,35 litros a una capacidad de 28 000 u/h.

Aunque el ritmo de vida de nuestra sociedad, el avance de la tecnología y la idea errónea de que los recursos naturales son inagotables (economía de frontera COLBI 1990) sean las principales causas de la producción de residuos sólidos en gran cantidad,

⁷ **Affeld, Marlene.** *Discoveryarticles.* [en línea], 8 de septiembre del 2008. [citado el: 30 de abril del 2009.]<http://www.discoveryarticles.com/es/authors/9263/Marlene-Affeld>

es el momento de generar una cultura a nuestra sociedad para que ayuden a convertir estos desechos en productos útiles, reciclando. Somos la pieza clave para la difusión y el desarrollo de nuevas tecnologías que favorezcan a la preservación de nuestro medio ambiente.

1.1.3.4.8 CLASIFICACIÓN DE PLÁSTICOS.

Los materiales plásticos se pueden clasificar en términos generales como.

1.1.3.4.8.1 TERMOS FIJOS Y TERMOPLÁSTICOS.

Los compuestos Termo fijos son formados mediante calor y con o sin presión, resultando un producto que es permanentemente duro. El calor ablanda primero al material, pero al añadirle más calor o sustancias Químicas especiales, se endurecen por un cambio químico conocido como polimerización y no puede ser reblandecido.

La polimerización es un proceso químico que da como resultado la formación de un nuevo compuesto cuyo peso molecular es un múltiplo del de la sustancia original. Los procesos utilizados para plásticos termofraguantes, incluyen compresión o moldeo de transferencia, colado, laminado, e impregnado, así mismo, algunos son usados para estructuras rígidas o Flexibles de espuma.

Los materiales termoplásticos son procesados principalmente por inyección o moldeo soplado, extrusión, termo formado y Termoplásticos (Son materiales que por acción del calor se funden y pueden moldearse repetidas veces. En cada transformación se pierde parte de sus propiedades originales).

1.1.3.4.8.2 CODIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS.

La codificación nos sirve para diferenciar el material plástico, ya que en algunas aplicaciones es muy semejante por lo que nos es difícil identificar el plástico y por lo consiguiente se cuenta con un sistema. Esta simbología permite en el proceso de recolección y reciclaje identificar para separar los diferentes productos plásticos. El código es grabado en el fondo del recipiente en forma de triángulo que lleva un número correspondiente dependiendo del tipo de plástico. Este sistema fue desarrollado por “The society of The Plastics industry” (SPI) y se reconoce en todo el mundo.

- ✓ Son tres flechas que forman un triángulo que tiene como significado el reciclaje.
- ✓ En el centro lleva un número que distingue el tipo de plástico.
- ✓ Son las iniciales que tiene el nombre del plástico.

a) POLIETILENO TEREFTALATO (PET).

Se utilizan para identificar los productos que contienen polietileno. Este es transparente y resistente. Sus usos son muy variados, desde envases hasta textiles. Ejemplos: envases de bebidas carbonatadas; goma de almohadas y cojines; sleeping bags; fibras textiles.

b) POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD).

Indica la presencia de polímeros de alta densidad. Este material se utiliza en diferentes envases, detergentes y muchos otros productos de uso personal. Ejemplos: bolsas de

basura, bolsas de supermercado, envases de jugo y de leche, blanqueadores y detergentes.

c) CLORURO DE POLIVINILO (PVC).

Identifica la presencia de polivinilo. Este material puede procesarse de modo que sea claro, rígido y duro; o claro, flexible y resistente. Ejemplos: suela de zapatos, conductores electrónicos y tubos, envases de limpiadores, aceite de cocinar, y condimentos.

d) POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (PEBD).

Indica la presencia de polímeros de baja densidad. Este material es liviano, flexible, transluciente y de superficie cerosa. Ejemplos: agitadores y sorberos, bolsas de basura de patio, bolsas para cubiertos plásticos.

e) POLIPROPILENO (PP).

Identifica materiales a base de polipropileno. Este material es duro, a la vez que es flexible y transluciente. Se presta para una variedad de usos, tales como bolsas para diferentes propósitos, pañales desechables y productos de belleza. Ejemplos: bolsas de papas, bolsas de microondas, pañales desechables, bolsitas para conservar meriendas, bolsas de basura (que emiten un sonido peculiar).

f) **POLIESTIRENO (PS).**

Corresponde a los materiales hechos de poli estireno. Este plástico es transparente u opaco, según sea procesado. Es muy versátil e imita el cristal. Se emplea en la fabricación de diferentes envases utilizados para servir alimentos y en materiales para proteger equipos delicados. Ejemplos: vasos y platos plásticos, envases y tapas plásticas, empaque. Envases de foami, cubiertos plásticos, materiales”.

1.1.3.4.8.2.1 POLIETILENO DE TEREFTALATO

El Tereftalato de Polietileno es un derivado del petróleo de la familia de los termoplásticos, se puede modificar varias veces con fuerza mecánica o calorífica, haciéndolo un plástico 100% reciclable. El PET se puede inyectar, extruir, laminar y soplar. Es uno de los plásticos favoritos de la industria, principalmente la de envases.

Existen 3 métodos para reciclarlo; el mecánico, que hace productos diferentes a los envases; el químico, que da lugar a nuevos envases, y el de incineración, donde se aprovecha la energía de su combustión.

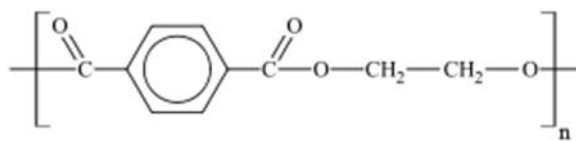
La fórmula química del polietileno Tereftalato o politereftalato de etileno, en resumen, PET, es la siguiente:



C = Átomos carbono O = Átomos Oxígeno

H = Átomos Hidrógeno Subíndice = cantidad de átomos

El PET es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, reciclable 100% y con posibilidad de producir envases reutilizables, lo cual ha llevado a desplazar a otros materiales como por ejemplo, el PVC⁸.



1.1.3.4.8.2.2 USOS

Envases para gaseosas, aceites, agua mineral, Cosmética, Frascos varios (mayonesa, salsas, etc.), películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera (productos alimenticios), envases al vacío, bolsas para hornos, bandejas para microondas, Cintas de video y de audio, geo textiles (pavimentación, caminos), películas radiográficas.

1.1.3.4.8.2.3 ASPECTOS POSITIVOS Y PROPIEDADES DEL USO DEL POLIETILENO DE TEREFTALATO

Como algunos de los aspectos positivos que encontramos para el uso de este material, principalmente empleado en envases de productos destinados a la venta, podemos destacar:

⁸ Wikipedia ®. [en línea] Wikipedia foundation.inc, 30 de Noviembre del 2012. [citado el: 14 de mayo del 2012.] <http://www.es.wikipedia.org>

- Que actúa como barrera para los gases, como el CO₂, humedad y el O₂.
- Es transparente y cristalino, aunque admite algunos colorantes.
- Irrompible.
- Liviana.
- Impermeable.
- No tóxica, cualidad necesaria para este tipo de productos que están al alcance del público en general (Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios).
- Inerte (al contenido).
- Resistencia esfuerzos permanentes y al desgaste, ya que presenta alta rigidez y dureza.
- Alta resistencia química y buenas propiedades térmicas, posee una gran indeformabilidad al calor.
- Totalmente reciclable.
- Superficie barnizable.
- Estabilidad a la intemperie
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.

1.2 MAMPOSTERÍA

La mampostería es un sistema constructivo que se compone de elementos individuales prefabricados (bloques), colocados de acuerdo a determinado orden y unidos por medio

de mortero. Si se utilizan bloques huecos, algunas de las celdas se deben rellenar con concreto.

1.2.1 MAMPOSTERÍA LIVIANA

Ladrillos o bloques cuyo diseño tiene como objetivo reducir su peso o sus dimensiones para aligerar las cargas muertas en las edificaciones.

Estas unidades son de libre diseño y no tienen restricciones en cuanto a su peso y medidas más allá de las que resulten de su aplicación, sean inherentes a ellas o de las restricciones para elementos no estructurales contenidas en las regulaciones de construcciones sismo resistentes.

1.3 HORMIGÓN

El Hormigón es un conglomerado creado artificialmente y formado por la mezcla apropiado de partículas inertes (arena y grava) con un cementante (ej. Cemento portland), y agua.

Un buen hormigón debe cumplir con ciertas cualidades, por mencionar algunas como las siguientes:

- Moldeable en estado fresco a temperatura normal
- Resistente a los esfuerzos
- Impermeable al agua
- Fácil de obtener el aspecto superficial deseado
- Durable
- Relación de costo-beneficio favorable

El cemento Portland es un polvo muy fino, de color grisáceo, que se compone principalmente de silicatos de calcio y de aluminio, que provienen de la combinación de calizas, arcillas o pizarras, y yeso, mediante procesos especiales. El color parecido a las piedras de la región de Portland, en Inglaterra, dio origen a su nombre⁹.

Existen diversas clases de cemento Portland, teniendo así la siguiente clasificación:

- Tipo I: Se lo conoce como cemento Portland ordinario, que es el de mayor utilización en el mercado. Se lo utiliza en hormigones normales que no estarán expuestos a sulfatos en el ambiente, en el suelo o en el agua del subsuelo.
- Tipo II: Son cementos con propiedades modificadas para cumplir propósitos especiales, como cementos antibacteriales que pueden usarse 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, etc.

1.4 FUNCIONES DEL AGREGADO PÉTREO EN EL HORMIGÓN

Los áridos en el hormigón tienen las siguientes funciones:

⁹ **Wikipedia** ®. [en línea]Wikipedia foundation.inc, 28 de abril del 2009. [citado el: 3 de mayo del 2009.] <http://www.es.wikipedia.org>

- Proveer un relleno relativamente barato.
- Proporcionar un elemento resistente a la aplicación de cargas, abrasión y acción de agentes atmosféricos.
- Disminuir las retracciones de fraguado del hormigón y por cambios de humedad en la pasta agua cemento¹⁰

1.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS

- Por el tamaño de las partículas:

Los áridos naturales clasifican en finos y gruesos. Los áridos finos o arenas pasan por el tamiz # 4. Los áridos gruesos no atraviesan el tamiz # 4 y se conocen como gravas (ripió en nuestro medio), como se muestra en la siguiente tabla

Tabla No1. Clasificación de los áridos naturales

Agregado fino(arena)	0.075 - 4.75	Nº 200 – Nº 4
Agregado grueso(ripió)	4.75 – variable	Nº 4

Fuente: Materiales de la Construcción. Quito: s.n., 2007.

1.4.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS POR EL TAMAÑO

- Por el modo de fragmentación

Los áridos gruesos presentan mejores propiedades de adherencia con la pasta de cemento cuando son triturados, lo que les dota de aristas (los áridos con

¹⁰ Sarrade, Ing. Fausto. *Morteros y Hormigones*. Quito: s/n, 2007, cap.1, Hormigón.

superficie redondeada tienen menor adherencia). En cambio la arena: Sirve para reducir las fisuras que aparecen en la mezcla al endurecerse y dar volumen.

1.4.1.2 CLASIFICACIÓN POR MODO DE FRAGMENTACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

Tabla No2. Clasificación de las partículas por fragmentación

1. Natural	Se trata de las partículas que no han sufrido la intervención del ser humano en su fragmentación, por lo tanto la fragmentación se ha producido por Procesos naturales como la erosión.
Manufacturada	Es cuando se obtienen las partículas por procesos de trituración o por Medio de quebradoras.
Mixta	Cuando intervienen ambos procesos

Fuente: Materiales de la Construcción. Quito: s.n., 2007.

1.4.1.2.3 FUNCIONES DE LOS AGREGADOS

- 1) Bajar el costo del hormigón
- 2) Comunicar su resistencia a la compresión y a la abrasión al hormigón.
- 3) Reducir los cambios volumétricos (retracción) durante el fraguado, ya que el cemento disminuye su volumen de fragura.

1.4.1.2.4 ARENA O ARIDO FINO

Se denomina así a la fracción menor a 5mm, es el árido de mayor responsabilidad, al punto que podría decirse que no es posible hacer un buen hormigón sin una buena arena.

Las mejores arenas son las de río, ya que salvo alguna excepción son cuarzo puro, las arenas de mina suelen tener arcilla en exceso, por lo que deben lavarse.

Las arenas que provienen de la trituración de granitos, basaltos y rocas análogas, son también excelentes.

Las arenas de procedente caliza son calidad muy variable, la humedad de la arena es de gran importancia en la dosificación de hormigones, las arenas no deben contener sustancias perjudiciales para el hormigón.

1.4.1.2.5 GRAVA, RIPIO O ARIDO GRUESO

Se denomina así a la fracción mayor de 5 mm, su resistencia está ligada a su dureza, densidad y módulo de elasticidad. Una buena grava tiene una densidad real mayor a 2.6 g/cm^3 , y una resistencia a la compresión mayor a 1000 kg/cm^2 . Una grava no admisible tiene una densidad real menor a 2.3 g/cm^3 y una resistencia a la compresión menor a 500 kg/cm^2 .

1.4.2 EL AGUA

El agua tiene dos funciones dentro de la elaboración del concreto, tanto al principio cuando es utilizada para como ingrediente, como cuando el producto ya está hecho para el proceso de curado. El proceso de curado es muy importante para obtener una buena resistencia en el hormigón. Por estas razones se debe tener bastante cuidado con el agua que se utiliza, ya que si esta contuviera aceites, algas, etc. Puede incidir en la resistencia del concreto, el tiempo de fraguado, etc.

1.4.2.1 CLASIFICACIÓN DEL AGUA Y SUS EFECTOS EN EL HORMIGÓN

Tabla No 3. Clasificación del agua y sus efectos en el hormigón

Aguas puras	Acción disolvente e hidrolizante de Compuestos cálcicos del concreto. Disolución rápida de los compuestos Del cemento.
Aguas ácidas naturales	Interrumpe las reacciones del Fraguado del cemento.
Aguas fuertemente salinas	En el fraguado, disolución de los Componentes cálcicos del concreto.
Aguas alcalinas	Produce acciones nocivas al cemento, su efecto negativo está que al reaccionar con el aluminato tri cálcico En el hormigón produce sales expansivas.
Aguas sulfatadas	Son nocivas para concretos fabricados con cemento portland
Aguas cloruradas	Produce una lata solubilidad de la cal.
Aguas magnesianas	Produce la disolución en componentes del concreto. Tiende a fijar la cal, formando Hidróxido de magnesio y yeso insoluble
Aguas de mar	En la mezcla inhibe el proceso de fraguado del cemento. Su efecto negativo está en la formación de sales expansivas. Producen eflorescencias. Incrementan la posibilidad de generar corrosión en el hacer de refuerzo. Se permite el uso de agua de mar en hormigones menores a 150 kg/cm ² , siempre y cuando no exista otra fuente de agua
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.

Fuente: Materiales de la Construcción. Quito: s.n., 2007.

1.4.2.2 CLASIFICACIÓN DEL AGUA Y SU INCIDENCIA EN EL USO DEL CONCRETO

Entonces un agua que sea apta para la elaboración de hormigón es aquella que tiene: pH de 6 a 9.2, sólidos en suspensión < 2000 mg/l, sólidos disueltos < 15000 mg/l

1.4.3 LOS ADITIVOS

Los aditivos son utilizados para mejorar las características del hormigón ya sea este fresco, endurecido o en el proceso de fraguado, siempre y cuando sean utilizados en cantidades apropiadas.

El uso de aditivos se lo hace por distintas razones, ya sea por economía, para obtener características del hormigón que de otro modo no fueran posibles, beneficiar las características del concreto endurecido, mejorar el manejo del material dentro de la obra.

1.4.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS

Tabla No 4. Clasificación de los aditivos

Acelerantes Incluidores de aire	Aceleran el desarrollo de resistencia Disminuyen el sangrado Mejoran la trabajabilidad Inducen control de los efectos por congelamiento.
Reductores de agua simple Retardantes	Disminuyen el contenido de agua Inducen un retardo controlado sobre el tiempo de fraguado
Retardantes y reductores de agua	Inducen retardo en el tiempo de fraguado Reducción del contenido de agua
Acelerantes y reductor de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Acelera el desarrollo de resistencia • Reducción del contenido de agua • Reduce radicalmente el uso de agua
Reductor de agua de alto rango (plastificantes).	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementa el revenimiento sin incrementar el agua • Incrementa la fluidez de la mezcla • Marcada reducción de la demanda de agua
Reductor de agua de alto rango y Retardantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementa la fluidez de la mezcla • Mejora la resistencia contra el ataque por sulfatos
Minerales finamente divididos	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce la permeabilidad • Disminuye los efectos por lixiviación • Produce disminución del calor de hidratación.
Diversos	
Formadores de gas	Para producir concretos celulares
Para mezclas de inyección	Induce la estabilidad, reduce la contracción de la mezcla
Para control de expansión.	Regula la expansión
Adhesivos integrales	Aumenta la adherencia del concreto nuevo con el concreto viejo.
Auxiliares de bombeo	Incrementa la cohesión y viscosidad de la mezcla
Repelentes de humedad	Reduce la velocidad de penetración del agua en el concreto
Reductores de permeabilidad	Reduce la permeabilidad
Inhibidores de reacción tipo álcali-agregado	Reduce las expansiones causadas por esta reacción
Inhibidores de la corrosión	Crean bloques electroquímicos para impedir la corrosión del acero

Fuente: Materiales de la Construcción. Quito: s.n., 2007.

1.4.4 MATERIALES CEMENTANTES

Son materiales aglomerantes que tienen las propiedades de adherencia y cohesión requeridas para unir fragmentos minerales entre sí, formando una masa sólida continua, de resistencia y durabilidad adecuadas.

Dentro de esta categoría, además de los cementos propiamente dichos, se encuentran materiales empleados con menos frecuencia como las cales, los asfaltos y los alquitranes.

1.4.5 BLOQUE DE HORMIGÓN

El bloque de concreto es la unidad de albañilería, cuyas dimensiones son normalizadas, de manera que su alto es tal, que no debe exceder a su largo ni a seis veces su ancho. Generalmente posee cavidades interiores transversales que pueden ser ciegas por uno de sus extremos y cuyos ejes son paralelos a una de las aristas¹¹.

Los agregados para elaborar bloques ligeros son pizarra expandida y quemada, arcilla, escoria de los altos hornos, fly ash (cenizas volantes de carbón de hulla, mineral, de altos hornos), cenizas de carbón natural y materiales naturales, como las piedras pómez, toba y escoria, mezcladas con arena.

El bloque está constituido por cemento Portland, agregados como arena, piedra partida, gránulos volcánicos, escorias, u otros materiales inertes y agua.

¹¹ Proaño, M.Sc Marcelo. *ESPE*. [en línea]. [citado el: 30 de abril del 2009.]<http://www.publiespe.edu.ec>

1.4.5.1 PROCESO DE FABRICACIÓN

Los bloques se fabrican vertiendo una mezcla de cemento, arena y agregados pétreos (normalmente calizos) en moldes metálicos, donde sufren un proceso de vibrado para compactar el material. Después de que la mezcla de concreto está hecha se traslada a la máquina productora de los bloques popularmente conocida como bloquera, donde se vacía en moldes consistentes en un marco/chasis con forros, placas de separación o divisorias. Algunos moldes pueden ser costosos Es habitual el uso de aditivos en la mezcla para modificar sus propiedades de resistencia, textura o color. Algunas máquinas bloqueras usan moldes capaces de producir hasta seis bloques tamaño estándar (20 x 20 x 40 cm) por ciclo¹².

1.4.5.2 CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES SEGÚN SU FORMA

Al ser un material prefabricado, pueden existir tantos modelos de bloque de hormigón como fabricantes existan en el mercado. Se enumeran aquí las tipologías más representativas:

- De gafa: son el modelo más común. Deben ser posteriormente revestidos con algún tratamiento superficial (normalmente enlucidos en paramentos interiores, y enfoscados en los exteriores).

¹² IMCYC. [en línea].marzo del 2006. [citado el: 18 de enero de 2010].Formato PDF. [Http://www.imc.com/ct2006/mar06/POSIBILIDADES.pdf](http://www.imc.com/ct2006/mar06/POSIBILIDADES.pdf)

También se emplean con los huecos en horizontal, para crear celosías que no impidan totalmente la visión o el paso de aire con el exterior.

- **Multicámara:** sus huecos internos están compartimentados. Estos bloques se utilizan frecuentemente cuando se pretende construir una pared de una sola hoja. Las divisiones internas aíslan el aire en distintas cámaras, por lo que aumentan el aislamiento de la pared. Son similares en concepto a los bloques de termoarcilla¹³.
- **De carga:** son más macizos, y se emplean cuando el muro tiene funciones estructurales (esto es: cuando soporta el forjado superior).
- **Armados:** diseñados como encofrado perdido de muros macizos de hormigón. Presentan rebajes interiores para apoyar las armaduras (construcción) de acero.
- **Cara vista:** son bloques con al menos una de las caras especialmente preparadas para no precisar revestimiento.
- **En U:** se emplean como zunchos para cubrir cantos de forjado, o para crear dinteles.

¹³ **Wikipedia** ®. [en línea]Wikipedia foundation.inc, 30 de Noviembre del 2012. [citado el: 3 de mayo del 2009.] <http://www.es.wikipedia.org>

1.4.5.3 CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES SEGÚN SUS USOS

Según su uso se los puede clasificar así:

TABLA No 5. Clasificación de los bloques según sus usos.

TIPO	USO
A	Muros de carga, sin revestimiento
B	Muros de carga, con revestimiento Muros de carga, interiores con o sin revestimiento
C	Tabiques divisorios exteriores sin revestimiento
D	Tabiques divisorios exteriores con revestimiento, Tabiques divisorios exteriores con o sin revestimiento
E	Losas alivianadas de hormigón armado

Fuente: Normas INEN 638

1.4.5.4 POROSIDAD

La porosidad es la capacidad de un material de absorber líquidos o gases.

La capacidad de absorción de agua o porosidad másica se puede medir con la siguiente fórmula matemática:

$$Pm = \frac{m_s - m_o}{m_o} * 100\%$$

Dónde:

m_o = Masa de una porción cualquiera del material (en seco).

m_s = Masa de la porción después de haber sido sumergido en agua.

P_m = porosidad másica del objeto expresado en tanto por ciento.

Esta última ecuación puede ser usada para estimar la proporción de huecos o porosidad volumétrica:

$$P_v = \frac{V_o}{V_T} = \frac{\rho_m}{\rho_m + \rho_f \frac{1}{\rho_m}}$$

Dónde:

m = es la densidad del material (seco).

f = es la densidad del agua.

v = es la proporción de huecos (expresada en tanto por uno).

1.4.5.5 DENSIDAD

La densidad o densidad absoluta es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m³), aunque frecuente se expresa en g/cm. La densidad es una magnitud intensiva.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde ρ es la densidad, m es la masa y V es el volumen del cuerpo.

Tabla No 6. Densidad de materiales

MATERIAL	DENSIDAD REAL	DENSIDAD APRENTE
AGUA	1,000	1,000
ARENA	2,59	1,60
CEMENTO	3.0	1,58
P.OMEZ	2,60	1,40
PET	1,35	0,85

Fuente: Ingeniería de obras civiles, textos científicos

1.5 PESO UNITARIO

El peso unitario es el peso de la unidad de volumen de material a granel en las condiciones de compactación y humedad es que se efectúa el ensayo, expresada en kg/m³. Aunque puede realizarse el ensayo sobre agregado fino y agregado grueso; el valor que es empleado en la práctica como parámetro para la dosificación de hormigones, es el peso unitario compactado del agregado grueso¹⁴.

1.6 NORMAS INEN 639- 643

Serie de normas, reglamentos, muestreos, definiciones, inspecciones así como los métodos para hacerlos; enfocados a todo lo que se refiere a bloques.

¹⁴ [en línea], [citado el: 20 de marzo del 2010], formato PDF.
<http://es.scribd.com/doc/57709566/Peso-Unitario-Del-Agregado-Grueso-y-Fino/.../capítulo1.pdf>

1.7 NORMAS ASTM

Son una serie de normas técnicas internacionales, ASTM es una organización sin ánimo de lucro, que brinda un foro para el desarrollo y publicación de normas voluntarias por consenso, aplicables a los materiales, productos, sistemas y servicios

Las normas ASTM son "voluntarias" en el sentido de que ASTM no exige observarlas. Sin embargo, las autoridades gubernamentales con facultad normativa con frecuencia dan fuerza de ley a las normas voluntarias, mediante su cita en leyes, regulaciones y códigos como en el caso de las normas INEN en el Ecuador, son alrededor de 11000 que se pueden encontrar en el Annual Book of ASTM Standards, de 77 volúmenes.

1.8. MARCO LEGAL EXISTENTE RELACIONADO A RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ECUADOR

En el Ecuador existe suficiente normativa legal como para permitir un adecuado manejo de los residuos sólidos. No se podría aducir que la inexistencia de normas que respalden los sistemas integrados de residuos sólidos sean la causa del débil o nulo funcionamiento de un sistema integral de manejo y reciclaje de los residuos. A más de la Constitución de la República y las normas legales (Leyes, Decretos Ejecutivos) existen también las ordenanzas municipales, las cuáles son una excelente fuente de normatividad y regulación en el ámbito jurisdiccional de un municipio. Los Concejos municipales tienen la facultad legislativa en un municipio. Pueden establecer inclusive tasas de servicio o multas.

1.9 ESTUDIOS REALIZADOS

El Oaxaca México se diseñó de un módulo de ensamble sin adhesivos, a partir del uso del material compuesto cemento-plástico, con el fin de construir muros divisorios de bajo costo y que favorezcan el cuidado del medioambiente.

El procedimiento consistió en el desarrollo del material y diseño de módulos autoalineables. En la primera etapa, se elaboró el material compuesto cemento-plástico para lo cual se utilizaron diferentes relaciones cemento/plástico (0.0156, 0.0468, 0.0936, 0.156, 0.187, 0.3122 y 0.3903) utilizando un tamaño de partícula promedio de 0.8mm. Para evaluar la resistencia mecánica del material, se realizaron muestras de las unidades estructurales y se dejaron a fraguar por diferentes intervalos de tiempo (1, 3, 7, 14 y 28 días) para determinar el cambio en resistencia mecánica. Adicionalmente se realizaron ensayos de microscopía electrónica de barrido para evaluar cambios estructurales como consecuencia de esfuerzos de carga.

Las características básicas que el módulo debía de cumplir son: versatilidad, resistencia, ligereza y ensamble. Se desarrollaron diferentes propuestas de entre las cuales se seleccionó la que se consideró cumplía con las características propuestas.

Después de haber generado el diseño del elemento, se creó el molde en madera, para finalmente crear el módulo real (escala 1:1)

Existen algunas organizaciones y empresas que comenzaron a desarrollar nuevos materiales de construcción, como el AVE (Asociación de la Vivienda Económica de Argentina), el INVI (Instituto de la Vivienda de México) y el CEVE (Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba, Argentina), que en conjunto con algunas universidades, han realizado investigaciones con diferentes tipos de plástico, empleándolo como un agregado al cemento, sustituyendo los agregados comúnmente

utilizados (arena, grava) o mezclándolo en conjunto, resultando una nueva mezcla que es empleada en los elementos de construcción tales como ladrillos, placas, mampuestos y cerramientos; obteniendo elementos ligeros y con mejores propiedades que las del concreto convencional. Entre las propiedades que se ven mejoradas son la resistencia a la compresión, peso y el aislamiento acústico y térmico.

En diferentes experimentos se han utilizado diferentes tipos de residuos plásticos, tales como, polietilentereftalato (PET), poliestireno expandido (PS), polipropileno, cloruro de polivinilo (PVC), polietileno de baja densidad (PE), caucho, hule, entre otros. A cada plástico se le dio un tratamiento similar, y todas coinciden en los mismos resultados, mayor resistencia mecánica, a la compresión, aislamiento acústico y térmico.

En Argentina ya se han realizado bloques con esta mezcla y se ha construido un prototipo experimental de 12 m² en el CEVE. Es una habitación cuyas paredes fueron realizadas con mampostería de 15 cm. de espesor con función de oficina. También se ha construido un galpón (Techumbre) de 156 m² donde funcionará la Planta de Recolección Diferenciada de Residuos en Unquillo, Provincia de Córdoba, propiedad de la Municipalidad de dicha localidad. En está techumbre se construyeron muros de 15 cm. de espesor.

Los bloques que se generaron tienen dimensiones constantes (5,5 cm x 12,5 cm x 26,2 cm), fabricado con cemento Portland, el plástico denominado PET (polietilentereftalato) procedente de envases descartables de bebidas triturados además de otros tipos de plástico como PE (polietileno), BOPP (polipropileno biorientado) y PVC (poli cloruro de vinilo), procedentes de embalajes de alimentos reciclados y aditivos. Este tipo de tecnologías de producción de blocks permite utilizar materiales

no tradicionales (plásticos reciclados) en forma tradicional para constituir bloques que se utilizarán para construir muros.

Otro ejemplo de bloques es el sistema constructivo de aislamiento permanente para encofrados “perdidos” para concreto armado de espuma de poliestireno en bloques térmico-acústico, denominado EPS Smart Block Plus TM ICF que ofrece importantes ventajas gracias a su diseño modular de los elementos que lo caracterizan.

Como última referencia tenemos la aplicación de residuos de las llantas (caucho) utilizado en la producción de concreto ligero prefabricado, en bloques de albañilería. El estudio es parte de un proyecto de investigación patrocinado por la National Environment Agency (NEA) de Singapur.

Estas propuestas generan la construcción de mampostería tanto en exteriores como interiores.

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 LUGAR DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrolló en el cantón Quero localizado en la provincia del Tungurahua a 18.5 km al suroeste de Ambato, la fabricación de los bloques se realizó en la ciudad de Ambato y las pruebas mecánicas de estos elementos de construcción se realizaron en Ambato, en el Laboratorio de ensayos de Hormigón de la carrera de Ingeniería Civil de la facultad de Mecánica de la Universidad técnica de Ambato.

Grafico No1. Sectorización del cantón Quero



Fuente: Plan de Desarrollo Estratégico de Santiago de Quero 2002-2012

2.2 METODOLOGÍA.

2.2.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.2.1.1. MÉTODOS

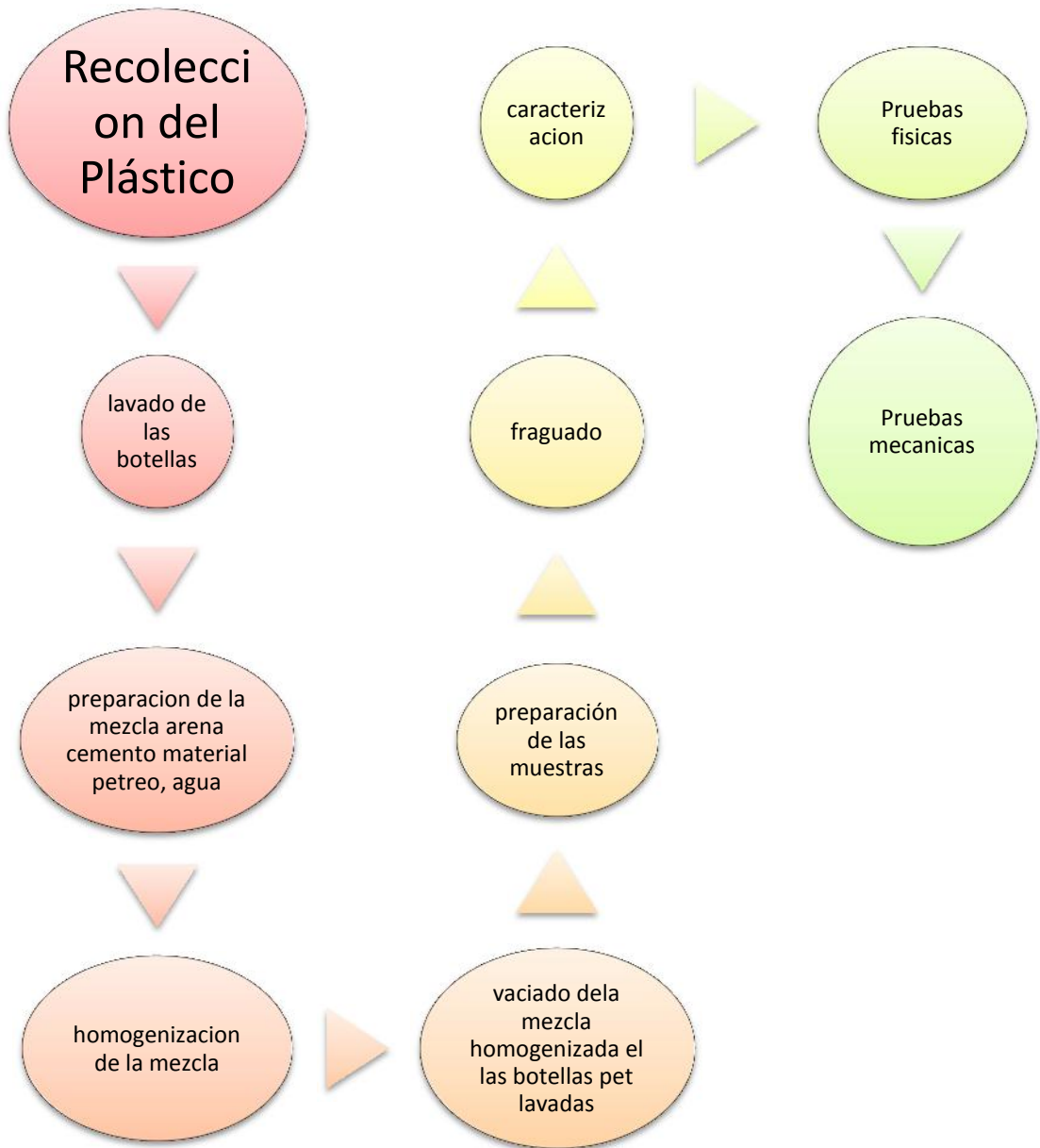
2.2.1.1.1. DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BOTELLAS PET EN LA PARROQUIA LA MATRIZ DEL CANTÓN QUERO.

Se recogió las botellas generadas por una muestra representativa tomando la producción per cápita de botellas en el cantón. La muestra seleccionada fue una fracción del universo de familias (un 5% del total) tomadas de la parroquia la matriz que fue la que más facilidades prestaba. Ese porcentaje consideró la gran cantidad de familias que viven en la parroquia (500 familias aproximadamente) y las facilidades que estas prestaban. Las botellas fueron recogidas y almacenadas durante dos semanas sabiendo que la generación puede variar semanalmente o mensualmente. Se seleccionaron cincuenta muestras es decir 50 botellas plásticas tipo PET para la fabricación de 25 unidades estructurales. Se dispuso de 25 familias las mismas que se encontraban ubicados en diferentes lugares de la parroquia la matriz del cantón.

Durante los 14 días se recolectaron las botellas en diferentes sacos marcándolos con el número de la familia del cual se entregaban, luego se procedía a clasificarlas y lavarlas individualmente.

En la Figura No 1.se observa el esquema detallado de esta experimentación.

FIGURA No1 Experimentación sobre la unidad estructural para mampostería liviana



FUENTE: Carlos Valle

2.3.1.1.2 ELABORACIÓN DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES PARA MAMPOSTERÍA A PARTIR DE BOTELLAS PLÁSTICAS TIPO PET

Los plásticos recolectados fueron seleccionados por color y tipo, ya que la adición de los colorantes a la formulación del plástico, genera un cambio en las propiedades. Como siguiente etapa, se realizó el diseño de los moldes para el vaciado de las mezclas durante el proceso experimental. Cabe aclarar que dichos moldes están constituidos a partir de las mismas botellas cortadas las puntas y selladas luego del vaciado de las mezclas.

Las unidades estructurales a las cuales se les realizaron los ensayos de compresión, fueron seleccionados aleatoriamente, el cual es la composición de cemento más utilizada. Una vez que se mezclaron los componentes, se vació la pasta resultante en los moldes Previamente armados. Las medidas de cada muestra fueron de 10 x 25 cm aproximadamente, El proceso fue el mismo para todas las pruebas que fueron realizadas a las edades ya mencionadas (15, 20 y 28 días) y las muestras obtenidas fueron pesadas, etiquetadas y enviadas a la Universidad Técnica de Ambato, donde se las caracterizaron.

2.3.1.1.3 CARACTERIZACIÓN

Se evaluó la porosidad, contenido de humedad mediante los pesos secos, húmedos y sumergidos. Por otro lado se evaluaron aspectos mecánicos de las unidades estructurales en una máquina de ensayos universales SATEC Systems INC Modelo 400WHV, serial 400WHV-1039 con capacidad de 400,000 lb.

2.3.1.1.4 DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

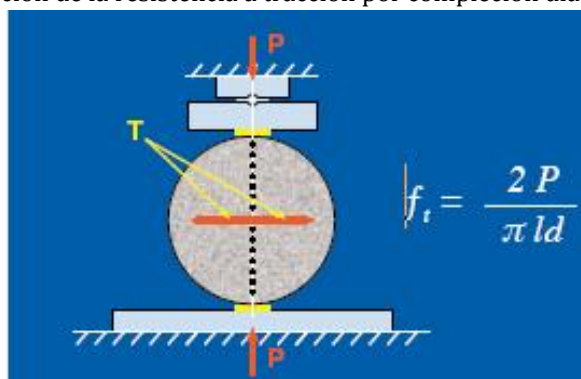
Las pruebas que establecen las propiedades físicas de las unidades estructurales se realizaron adaptándolos procedimientos establecidos en las normas para determinación de porosidad capacidad de absorción ya que las unidades estructurales no tienen las dimensiones y algunas características de los bloques tradicionales.

Para ello se determinó tanto los pesos húmedos secos y sumergidos, como los volúmenes y las medidas de las muestras tomadas al azar de cada una de las dosificaciones, una vez adquiridos estos valores se ejecutaron los cálculos necesarios para determinar las propiedades físicas.

Previo al ensayo los bloques fueron preparados según las especificaciones de las Normas (adaptado lo mejor posible).

Para la determinación de las propiedades mecánicas se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión aplicando cargas uniformemente distribuidas a las unidades estructurales. Todas las muestras fueron ensayadas hasta su rotura. Las pruebas se realizaron siguiendo lo estipulado en la norma ASTM C 39

FIGURA No2 Determinación de la resistencia a tracción por completión diametral en cilindros



FUENTE: INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO-INECYC

2.3.1.2 TÉCNICAS

2.3.1.2.1 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA

El muestreo se realizó en base a las técnicas estadísticas para la determinación de residuos sólidos en los países de la Región de América Latina y el Caribe es la diseñada por el doctor Kunitoshi Sakurai en 1982. El objetivo de esto es describir el procedimiento estadístico a fin de determinar una muestra representativa de la población para la caracterización de las botellas PET y el número de la muestra seleccionada.

2.3.1.2.1.1 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

a) Definición de la población:

Todas las viviendas y establecimientos comerciales localizadas en la parroquia la matriz del cantón Quero.

b) División de la población en estratos.

c) Ubicación de los estratos.

2.3.1.2.1.3 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra se selecciona proporcionalmente, consistiendo en escoger de las unidades muestrales un total de N viviendas, de tal modo que cada una tenga la misma posibilidad de ser escogida.

2.3.1.3. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE INFORMACION

2.3.1.3.1 PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE INFORMACIÓN

Una vez definido el tamaño de la muestra (número de viviendas) se lleva a cabo el siguiente procedimiento.

- Seleccione de las viviendas a muestrear.
- Conversar los propietarios de las viviendas seleccionadas para dar a conocer el trabajo, su importancia y el personal involucrado.
- Entregar las bolsas vacías a los propietarios de cada una de las viviendas seleccionadas y pida que depositen en ellas las botellas PET de 3 litros generadas en la vivienda y que procuren no cambiar sus costumbres o rutina diaria.
- Recoja las botellas al día siguiente. Se procura que esta actividad se efectúe siempre en el mismo horario.
- Anotar en una libreta el número de la vivienda, el número de habitantes por vivienda, dirección y fecha, y cantidad de botellas recogidas.

2.3.1.4. ELABORACIÓN DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES:

Primero se debe recolectar las botellas PET, que es de fácil reconocimiento por los números de identificación que es el número 1, además de eso este plástico es utilizado para hacer botellas exclusivamente, es transparente y muy duro.

Una vez hechos los moldes (cortadas las puntas de las botellas). Se mezclan con cemento, arena y la cantidad de agua correspondiente.

Cuando esta mezcla adquiere consistencia uniforme, se la vierte en los mismos.

Se realiza la compresión de la mezcla y la postura de los mampuestos.

Se los deja en pista durante dos días, regándolos dos veces al día y luego se los moviliza hasta una pileta de curado con agua, en la cual permanecen siete días.

Después de este tiempo se los retira y se los almacena hasta cumplir los 28 días desde su elaboración, para luego ser llevados al laboratorio, donde se procederá a realizar los ensayos de compresión.

2.3.1.4.1. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS.

Se determinó la absorción, peso unitario, porosidad adaptando los procedimientos establecidos en las Normas INEN 639. (ANEXO No. 5.)

2.3.1.2.9 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS.

Se determinó la resistencia a la compresión utilizando los procedimientos establecidos en las Normas ASTM C 39. (ANEXO No 2.)

2.4. DATOS EXPERIMENTALES

2.4.1. DIAGNÓSTICO

Uno de los pocos campos en los que se han visto aplicaciones beneficiosas para el ambiente es el de la construcción, es así que se ha buscado un uso para las botellas en este campo, resolviendo utilizarlo como unidad estructural para

mampostería alivianada, ya que posee propiedades afines a este propósito, como su resistencia a la compresión.

Las botellas plásticas tipo PET se obtuvieron por el consumo normal de gaseosas por parte de las familias de la parroquia la matriz del cantón Quero, cuyo promedio diario generado por familia en la parroquia es de 0,54botellas/familia/ día.

La determinación de producción de botellas PET en la parroquia la matriz del cantón Quero se lo hizo en un total de 25 familias.

2.4.2. DOSIFICACIONES UTILIZADAS EN LAS BLOQUERAS DE LA ZONA

A pesar de que se establezca una dosificación al volumen, ésta no es cumplida por completo ya que en la fabricación de los bloques usan una metodología empírica sin unidades de medidas estándar, el lugar de eso miden las cantidades en “paladas” o en “carretillas” por lo que los bloques tienen diferentes dosificaciones reales aunque éstas no varíen significativamente a lo que especifican normas de construcción tanto nacionales como internacionales.

Tabla No 8. Dosificaciones de material utilizadas en el sector para la fabricación de bloques

MATERIAL	SIMBOLO	VOLUMEN
Cemento	C	0.8
Arena	A	1.2
Piedra Pómez	P	6
Agua	W	6

Fuente: Carlos Valle

2.4.2.1 TIPOS Y DIMENSIONES DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES

De acuerdo al uso que tiene la mampostería alivianada y basándose en la Norma INEN 638, se establecen el tipo de bloque y sus dimensiones. Las unidades estructurales de acuerdo a las características ya mencionadas corresponden al Tipo C y D (Tabla No 5.)

Las dimensiones de los mismos son de características especiales ya que tienen las dimensiones de las botellas plásticas PET (gaseosas de 3 litros) por esta razón no tienen las especificaciones exactas de la norma INEN 638 sino que han sido adaptadas a las mismas (Anexo No 3.)

Por las razones ya mencionadas las dimensiones de los bloques (unidades estructurales) tienen las siguientes dimensiones:

- Largo: 25 cm.
- Diámetro: 10 cm.

2.5 DATOS ADICIONALES

2.5.1 MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES CONVENCIONALES

Sus elementos constitutivos pueden variar de un lugar a otro y dependen de la materia prima cercana y se clasifican en:

- Cementantes

•Material pétreo:

- Agregado fino (arena procedente de depósitos aluviales y fluviales)
- Agregado alivianado (en general piedra pómez o material volcánico poroso)

•Agua.

En el catón Quero se utiliza: cemento, chasqui (material poroso o piedra pómez) y arena proveniente de las minas del sector y agua.

2.5.2 PESO UNITARIO DE LOS BLOQUES CONVENCIONALES

Al no haber un valor estándar en cuanto al peso de los bloques, este depende de los materiales y las dosificaciones con los que se fabrican, estos oscilan entre 8 a 10 Kg. Por unidad.

2.5.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No existe una norma específica que mencione la resistencia a la compresión que deben tener los bloques tradicionales para mampostería, cabe destacar que en los parámetros los establece el constructor de acuerdo a las edificaciones o estructuras a realizar, dándonos parámetros aceptables y variando de 7 a 12 Kg/cm², además Señalando que a los 28 días de edad alcanzan su máxima resistencia pudiendo superar estos datos a mayor edad.

2.5.4 EDAD A LA QUE LOS BLOQUES ESTAN LISTOS PARA LA VENTA Y DISTRIBUCION

La mayor parte de los bloques que se fabrican en la zona, salen al mercado con edades entre 7 y 15 días, ya que a esta edad suelen tener más del 75% de la resistencia esperada a los 28 días.

2.5.5 RESISTENCIA DE UNIDADES ESTRUCTURALES FABRICADAS CON CABELLO HUMANO RECICLADO, Y BAGAZO DE CAÑA

Se plantea elaborar unidades estructurales (bloques) usando tipos diferentes de agregados además de pétreos, usados como aglomerantes, entre estos se encuentra el cabello humano reciclado de las peluquerías así como el bagazo de caña (previamente tratado) dando características especiales a las unidades estructurales y aprovechando el material de reciclaje. (Anexo No 10.)

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS

3.1.1 DOSIFICACIONES

Las dosificaciones para la elaboración de las unidades estructurales se determinó en base a los promedios que se utilizan en las bloqueras más conocidas de sector teniendo en cuenta que las unidades estructurales realizadas tienen dimensiones diferentes a la de los bloques tradicionales. Partiendo de estos valores y teniendo como dato las densidades reales y aparentes de los materiales constitutivos de la mezcla se determinaron los pesos requeridos para la elaboración de las unidades necesarias para cada ensayo.

La Norma INEN 639 en la segunda revisión establece que son necesarias tres muestras para la determinación de la resistencia a la compresión; por lo tanto se requieren tres unidades estructurales por lote y se agregaron 3 más por si ocurriese algún imprevisto.

De acuerdo con lo ya mencionado se determinó las cantidades necesarias para la elaboración de la muestra de control (3 unidades estructurales).

Tabla No 9. Dosificaciones de cantidades para elaborar unidades estructurales para ensayo de compresión. Bloque control

Material	Simbología	Volumen	Densidad		Material para 3 muestras		
			Real	Aparente	Peso Kg	V real	V Aparente
Cemento	C	0.8	3,010	1,580	2,53	1,64	0,84
Arena	A	1.2	2,590	1,600	14,01	9,86	5,96
P. Pómez	P	6	2,60	1,400	14,80	9,86	6,16
Agua	A	6	1,000	1,000	1,38	1,38	1,38
PET	p	0	1,35	0,85	0	0	0

Fuente: Carlos Valle

3.1.1.1. RESULTADOS DE PRODUCCIÓN DE BOTELLAS PET EN LA PARROQUIA LA MATRIZ DEL CATÓN QUERO

La parroquia la matriz del cantón Quero cuenta con un total de 548 viviendas, las mismos que se encuentran repartidas la mayoría alrededor del casco urbano en el centro, en las afueras y en lugares turísticos importantes del mismo, con un promedio de 4 personas por vivienda¹⁵.

El muestreo se realizó de forma estratificada se determinó la cantidad promedio de botellas PET que se produce en la parroquia la matriz del cantón Quero por familia, a continuación este resultado consta en el Anexo 11.

3.1.2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES.

¹⁵ Plan de Desarrollo Estratégico de Santiago de Quero 2002-2012

Las unidades estructurales fabricadas con botellas plásticas tipo PET fueron sometidas a pruebas para determinar y comparar las propiedades físicas con las propiedades de los bloques convencionales. Dándonos los valores siguientes:

Tabla No 10. Propiedades físicas de las unidades estructurales

Datos	Muestra Control	Muestra 15 Días	Muestra 20 Días	Muestra 28 Días
Peso Húmedo (kg)	11,80	2,44	2,39	2,34
Peso Seco (kg)	10,34	2,25	2,21	2,21
Volumen de Agua (cm³)	1,46	0,19	0,18	0,13
Volumen Muestra (cm³)	11749,25	2503,75	2503,75	2503,75

Fuente: Carlos Valle

3.1.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES

La capacidad de absorción o contenido de humedad se determinó con la diferencia de masa de la unidad estructural condiciones saturadas (Ms) y la masa de la unidad estructural en condiciones seca (Md), todo esto dividido entre diferencia de masa de la unidad estructural condiciones saturadas (Ms)

Tabla No 11. Capacidad de absorción de las unidades estructurales

UNIDAD ESTRUCTURAL, kg	CONTROL	MUESTRA 1 (15 días)	MUESTRA 2 (20 días)	MUESTRA 3 (28 días)
Ms	11,80	2,44	2,39	2,34
Md	10,34	2,25	2,21	2,21
Capacidad de Absorción (%)	14,09	8,44	8,14	5,76

Fuente: Carlos Valle

3.1.2.2. DENSIDAD PROMEDIO DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES

La densidad de las unidades estructurales se calculo dividiendo la masa seca de la unidad estructural Md, para la diferencia entre la masa saturada de la unidad estructural Ms y la masa sumergida Mi, todo esto en kilogramos, por 1000.

Tabla No 12. Densidad de las unidades estructurales

UNIDAD ESTRUCTURAL, kg	CONTROL	MUESTRA 1 (15 días)	MUESTRA 2 (20 días)	MUESTRA 3 (28 días)
Md (Kg)	11,8	2,25	2,21	2,2125
Ms(Kg)	10,3425	2,44	2,39	2,34
Mi (Kg)	10,3	2,2	2,14	2,1
Densidad (Kg/m3)	6895	9375	8840	9218,75

Fuente: Carlos Valle

3.1.3. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES.

Para determinar las propiedades mecánicas se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión, a los 15, 20 y 28 días de edad, para este ensayo se aplicó cargas uniformes a los mismos en el mismo sentido en el que éstos se fueran a emplear en la construcción. Teniendo los siguientes resultados. ANEXOS No 6,7 y 8.

Tabla No 13. Resultados de la prueba mecánica de los bloques a los 15 días de edad

No	Fecha de fabricación	Edad(días)	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Peso (Kg)	Área	Carga	
							libras	Kilogramos
1	22/02/1012	15	10	24,9	2.1	939,34	64905	29440,91
2	22/02/1012	15	10	25,3	2.2	951,90	64900	29438,64
3	22/02/1012	15	10	24,9	1.8	29318939,34	64995	29481,73
4	22/02/1012	15	10	25,2	2.0	948,76	64060	29057,62
5	22/02/1012	15	10	24,8	2.4	936,20	64887	29432,74
6	22/02/1012	15	10	25	2.1	942,48	64700	29347,92
7	22/02/1012	15	10	25,2	2.4	948,76	64710	29352,46
8	22/02/1012	15	10	25	2.4	942,48	63930	28998,65
PROMEDIO=							64635,88	29318,83

Fuente: Carlos Valle

Tabla No 14. Resultados de la prueba mecánica de los bloques a los 20 días de edad

No	Fecha de fabricación	Edad (días)	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Peso (Kg)	Área	Carga	
							libras	Kilogramos
1	12/02/2012	20	10	24,9	2.2	939,34	64985	29485,03
2	12/02/2012	20	10	25,3	2.2	951,90	65000	29491,83
3	12/02/2012	20	10	24,9	1.9	939,34	64990	29487,30
4	12/02/2012	20	10	25,2	2.1	948,76	65010	29496,37
5	12/02/2012	20	10	24,8	2,4	936,20	64890	29441,92
6	12/02/2012	20	10	25	2.1	942,48	64800	29401,09
7	12/02/2012	20	10	25,2	2.5	948,76	64010	29042,65
8	12/02/2012	20	10	25	2.3	942,48	64030	29051,72
PROMEDIO=							64714,38	29362,24

Fuente: Carlos Valle

Tabla No 15. Resultados de la prueba mecánica de los bloques a los 28 días de edad

No	Fecha de fabricación	Edad(días)	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Peso (Kg)	Área	Carga	
							libras	Kilogramos
1	15/11/2011	28	10	25	2.2	942,48	64980	29482,76
2	15/11/2011	28	10	24,8	2.4	936,20	64900	29446,46
3	15/11/2011	28	10	24,9	1.9	939,34	64990	29487,30
4	15/11/2011	28	10	25,1	2.1	945,62	65010	29496,37
5	15/11/2011	28	10	25,3	2.2	951,90	65000	29491,83
6	15/11/2011	28	10	25	2.1	942,48	64800	29401,09
7	15/11/2011	28	10	25,2	2.5	948,76	65000	29491,83
8	15/11/2011	28	10	25	2.3	942,48	65000	29491,83
PROMEDIO=							64960,00	29473,68

Fuente: Carlos Valle

Tabla No16. Resultados de la prueba mecánica de bloques normales (control)

No	Fecha de fabricación	Edad (días)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	Área	Carga		carga kg/cm2
							libras	Kilogramos	
1	19/01/2013	10	40	20	10	400	7000	3176,04	7,940
2	19/01/2013	10	40	20	10	400	7500	3402,9	8,507
3	19/01/2013	10	40	20	10	400	6000	2722,32	6,806
4	19/01/2013	10	40	20	10	400	5500	2495,46	6,239
5	19/01/2013	10	40	20	10	400	7500	3402,9	8,507
								Resistencia Promedio	7,6

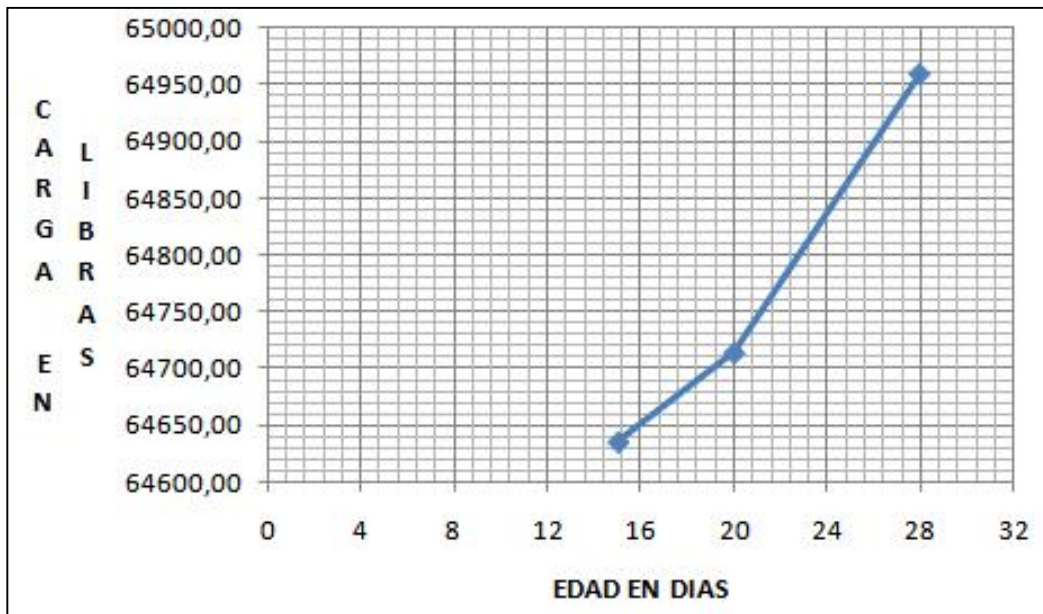
Fuente: Carlos Valle

Tabla No 17. Esfuerzo de compresión

	CARGA MAXIMA (Kg)	ÁREA (cm ²)	ESFUERZO COMPRESION (Kg/cm ²)	DE
UNIDAD ESTRUCTURAL A LOS 15 DIAS	29318,83	943,65	31,07	
UNIDAD ESTRUCTURAL A LOS 20 DIAS	29362,24	943,65	31,12	
UNIDAD ESTRUCTURAL A LOS 28 DIAS	29473,68	943,65	31,23	
UNIDAD CONTROL	3039,91	400	7,60	

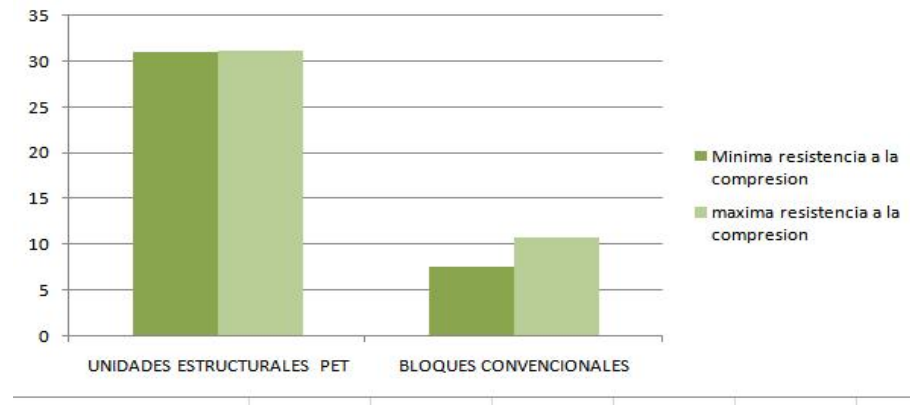
Fuente: Carlos Valle

Gráfico No 2. Resistencia de las unidades estructurales vs tiempo



FUENTE: Carlos Valle

Grafico No 3. Bloques convencionales vs unidades estructurales a partir de botellas PET



FUENTE: Carlos Valle

3.1.3.1. Prueba estadística para verificar la existencia de diferencia significativa entre las resistencias de las unidades estructurales y los bloques convencionales.

Se realizo una prueba estadística t-student para determinar si la resistencia de las unidades estructurales es significativamente mejor que la de los bloques convencionales. Se utiliza t-student que compara una media experimental con un valor de referencia.

Tabla No 18. Cargas de las unidades estructurales y los bloques convencionales a menor edad

Carga unidades estructurales (kg/cm ²)	Carga bloques convencionales (kg/cm ²)
31,342	7,940
30,926	8,507
31,386	6,806
30,627	6,239
31,439	8,507
31,139	
30,938	
30,768	

FUENTE: Carlos Valle

Tabla No 19. Estadística Descriptiva de las unidades estructurales vs los bloques convencionales

<i>Unidades Estructurales</i>		<i>Bloques convencionales</i>	
Media	31,07055023	Media	7,5998
Error típico	0,106898513	Error típico	0,46063298
Mediana	31,03832063	Mediana	7,94
Desviación estándar	0,302354652	Desviación estándar	1,03000665
Varianza de la muestra	0,091418336	Varianza de la muestra	1,0609137
Coefficiente de asimetría	-0,129458029	Coefficiente de asimetría	-
Rango	0,811783526	Rango	2,268
Mínimo	30,62684134	Mínimo	6,239
Máximo	31,43862487	Máximo	8,507
Suma	248,5644018	Suma	37,999
Cuenta	8	Cuenta	5
cv=	0,009731229	cv=	0,13553076

FUENTE: Carlos Valle

Ya que el coeficiente de variación de las unidades estructurales y de los bloques convencionales es inferior al 20% se aplica el test de t- student para dos muestras con varianzas iguales, dándonos los siguientes resultados:

Tabla No 20. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Unidades estructurales</i>	<i>Bloques convencionales</i>
Media	31,07055023	7,5998
Varianza	0,091418336	1,0609137
Observaciones	8	5
Varianza agrupada	0,443962105	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	61,78916703	**
P(T<=t) una cola	1,23492E-15	
Valor crítico de t (una cola)	1,795884819	
P(T<=t) dos colas	2,46983E-15	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20098516	

FUENTE: Carlos Valle

3.1.4. COSTO DE PRODUCCIÓN DELAUNIDAD ESTRUCTURAL.

Luego de haber realizado los cálculos necesarios para fabricar las unidades estructurales, es pertinente hacer un análisis en cuanto del costo de producción, con los mismos materiales de los bloques tradicionales.

Tabla No 21. Costo de producción de 25 unidades estructurales

COSTO DE PRODUCCION				
Materiales para fabricar 25 unidades estructurales				
Material	Unidad	Cantidad	Valor unitario USD	Valor total USD
Agua	m3	0,02333333	0,12	0,0028
Arena	m3	0,05666667	0,15	0,0085
Cemento	kg	11,9033333	0,2	2,38066667
P. Pómez	m3	0,06333333	0,12	0,0076
Transporte	u	1	1	1
Obrero	u	1	5	5
Botellas PET	u	50	0,02	1
SUB TOTAL				9,39956667
COSTO POR UNIDAD				0,375982667

FUENTE: Carlos Valle

3.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

3.2.1. PRODUCCIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS TIPO PET EN EL CANTÓN QUERO.

En razón de que se trabajó con un residuo que se genera diariamente en grandes cantidades, es necesario conocer la cantidad total generada así como el promedio por familia como lo indica en el Anexo 11.

3.2.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS BLOQUES.

Con los resultados obtenidos se comprobó que el uso de botellas PET a manera de unidad estructural da como resultado variación significativa en cada uno de los parámetros analizados. El peso seco de los bloques convencionales es mayor que el de las unidades estructurales fabricadas con botellas plásticas tipo PET. En cuanto al peso húmedo este valor va disminuyendo en las dosificaciones a mayor edad. Como se aprecia en la TABLA No 17. Esto se debe a que a medida de que se va secando las unidades estructurales esta se va haciendo hermética.

El volumen del agua se obtiene restando el peso húmedo con el peso seco, aquí podemos apreciar como este parámetro va disminuyendo a medida que transcurre el tiempo como se observa en la tabla No 17.

El volumen de las muestras solo varía en la del bloque tradicional mientras en las unidades estructurales permanece constante debido a que las dimensiones de las últimas son las mismas.

El hecho de que las unidades estructurales estén fabricadas con la misma composición

de los bloques tradicionales encapsulados en una botella PET hace que a medida que se van secando las unidades estructurales va disminuyendo los valores de peso seco, peso húmedo. Por lo tanto estos bloques presentan las mismas propiedades que los bloques convencionales, sin embargo su peso seco es menor. A diferencia de los bloques tradicionales las unidades estructurales fabricadas con PET no se pueden secar al horno por esta razón se demoran mas en secar.

3.2.2.1. DENSIDAD PROMEDIO DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES

La densidad promedio a los 28 días de edad es 9218,75 kg/m³, a los 20 días fue de 8840, y de la unidad control de 6895. Como se observa en las TABLA No 19. Las densidades de a los 20 días es algo menor que el promedio a los 28 días probablemente debido a mayor edad más compacto se hacen las unidades además de que son recubiertas con PET esto hace que ingrese menor cantidad de agua a las unidades estructurales, a los 15 días se obtuvo una densidad de 9375 probablemente por algún error en el pesaje o medición.

3.2.2.2 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES

El valor promedio de la capacidad de absorción de los bloques de control es de 14.9% mientras que los de las unidades estructurales a los 15, 20 y 28 días de edad fue 8,44% , 8,14% y 5,76% respectivamente como se observa en las TABLA N. 11.

La absorción de agua fue menor a 24kg/m³ que es lo que establece las normas de construcción¹⁶.

¹⁶ Vélez, Ing. Víctor. *Materiales de la Construcción*. Quito s/n, 2007

3.2.2.3 PESO HUMEDO Y VOLUMEN DE AGUA

Analizando estos datos y comparándolos con la TABLA No 10, también se observa una disminución de los valores de los parámetros analizados, lo que demostraría la calidad de las unidades estructurales depende de la edad.

3.2.3 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES.

De acuerdo a los resultados obtenidos en estas pruebas tenemos que a los 15, 20 y 28 días de edad presentó un valor promedio de resistencia de 31.07 , 31.12 y 31,23 kg/cm² respectivamente, estos resultados superan los valores de resistencia de los bloques convencionales, los mismos que reportaron 7,60 llegando a una resistencia máxima de 10,85 kg/cm². Por lo antes mencionado se procedió a realizar una interpretación de la resistencia de las unidades estructurales vs el tiempo o edad , lo que se puede apreciar en el Gráfico No 2.

Esta gráfica nos indica que la resistencia empieza a incrementarse con el tiempo llegando al valor máximo de resistencia a los 28 días de edad.

Por lo tanto se deduce que a mayor edad, las unidades estructurales aumentan su resistencia; es decir el cemento va tomando más dureza con el tiempo, también se realizaron pruebas con unidades estructurales utilizando arena, bagazo y cabello humano reciclado en sustitución de parte de los agregados pétreos (Anexo No 10.), los resultados demuestran que éstos tienen muy buena resistencia y a excepción de la arena son livianos en comparación con los bloques convencionales, pero su elaboración se dificulta ya que su recolección requiere de tiempo, paciencia y cuadrillas para su

recolección, sin tomar en cuenta que esta materia prima necesita ser preparada antes de la elaboración de las unidades estructurales y ello requiere de bastante mano de obra o maquinaria especializada que encarecen su elaboración constituyéndose en un aspecto negativo para masificar la elaboración de este tipo de unidades estructurales.

Los bloques tradicionales reportaron una carga baja pero cabe recalcar que a esta edad alcanzan el 70 a 75 % de su resistencia llegando a alcanzar una resistencia máxima a los 28 días de 10.85 kg/cm² valor que ha sido superado por las unidades estructurales elaboradas a partir de botellas PET.

3.2.3.1 PRUEBA ESTADÍSTICA PARA VERIFICAR LA EXISTENCIA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS RESISTENCIAS DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES Y LOS BLOQUES CONVENCIONALES.

La diferencia entre las unidades estructurales y los bloques convencionales es latamente significativa como se aprecia en la Tabla No 19.

3.2.4. COSTO DE PRODUCCIÓN DE LA UNIDAD ESTRUCTURAL.

De acuerdo a los resultados obtenidos las unidades estructurales cuestan 0.7 centavos de dólar mas que los bloques tradicionales pero dicho valor es compensado ya que al elaborar estas unidades estructurales estamos retirando botellas del ambiente en el cual ocasionarían un gran daño y esto no tiene precio alguno.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La resistencia a la compresión de las botellas tipo PET fue inferior a 500 kg dándonos una característica mecánica muy débil.
- Se elaboro 25 unidades estructurales de mampostería a partir de las botellas plásticas tipo PET recolectadas durante el muestreo.
- El análisis físico mecánico de las unidades estructurales de mampostería elaboradas a partir de botellas PET determina mejores características que los bloques convencionales cuya resistencia a la compresión aumento 23.63 kg/cm² con respecto a las unidades estructurales ;El peso húmedo y el seco de las unidades estructurales va disminuyendo a mayor edad 9,46 y 8,13 kg; La capacidad de absorción disminuye de igual manera con el tiempo 8.33% .

4.2 RECOMENDACIONES:

- Al realizar los ensayos de compresión es importante seguir las indicaciones que se detallan en la norma INEN 639, ya que los bloques hechos de plástico reciclado PET, tiene bastante irregularidad en los filos y base del bloque, razón por la cual la carga de se la debe aplicar al centro de la unidad.
- Por sus propiedades y los resultados generados en las pruebas de resistencia el material compuesto cemento-plástico, resultó ser una alternativa más para el desarrollo de bloques, sin embargo este compuesto aún puede ser mejorado sustituyendo el agregado arena por algún aditivo que mejore la adherencia entre los componentes haciéndolo más rígido y que ayude a reducir considerablemente el peso de la unidad estructural
- La utilización de estas unidades estructurales para mampostería liviana sería grande ya que se reduciría significativamente el volumen de los residuos sólidos generados en los botaderos y los costos de operación de los municipios; además de tener una alternativa para la construcción amigable con el ambiente brindando una fuente de empleo a la población local, preservando los recursos naturales, y creando una conciencia ecológica en la población

- El costo de producción de las unidades estructurales disminuye considerablemente si se lo hace a gran escala ya que la mano de obra se la puede aprovechar de una mejor manera de esta forma es factible la utilización de las unidades estructurales propuestas en construcciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. **CALLISTER W.D.**, “Introducción a la ciencia e ingeniería de Materiales”, 1er edición., Barcelona-España., Ed. Reverte., 2003., p.514-515.
2. **HORNOSTEL.C.**, Materiales para construcción, tipos, usos y aplicaciones., 1er edición., México, D.F-México., Ed. Limusa Wiley, Grupo Noriega editores, Balderas 95., pp. 249 a 255, 763 a 764, 770 a 771.
3. **LOKENS GARD.**, Industria del Plástico. Plástico Industrial., 1er edición., Madrid-España., S.edt., 1999., P.p. 600.

4. **MINKE G.**, Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra., 3ra.ed., Madrid-España., Editorial fin de Siglo., 2003. p10.
5. **ORDÓÑEZ. J.**, Reutilización de Botellas de Polietilén Tereftalato (PET) mediante la aplicación de energía solar térmica de baja Temperatura en un nuevo colector solar plano de 500 w., Quito-Ecuador., McGraw-Hill., 1994., P17-24, 354
6. **NAVARRO. J.**, Elaboración y Evaluación de tableros aglomerados a Base De plástico de alta densidad y fibra de estopa de coco. Coquimatlan-México., **TESIS.**, 2005., p9.
7. **POZO. P.**, Aprovechamiento del Bagazo de la Caña de Azúcar en la Fabricación de Bloques ecológicos para mampostería liviana., Facultad de Ciencias., Escuela de Ciencias Químicas., Escuela Superior politécnica de Chimborazo., Riobamba, Ecuador. **TESIS.**, 2011., p19.
8. **BONNET. R.**, Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de Edificios. Aplicación A Entornos Urbanos en Zonas de Amenaza Alta y Moderada., Barcelona España., **TESIS.**, 2005., P 185-194.
9. **CONTROL DE CALIDAD EN EL HORMIGÓN**
www.inecyc.gob.ec
11-12-2011

10. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN PEQUEÑAS CIUDADES

<http://www.dirsa.org/pgirsu/articulos/6.pdf>

01-11-2011

11. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PET

<Http://www.st-1.com.ar>

04-02-2012

12. MÉTODOS PARA MEDIR LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

www.sbarato.com.ar

06-04-2012

13. NORMAS ASTM INTERNACIONAL

http://www.astm.org/FAQ/whatisastmspanish_answers.html

02-01-2013

14. NORMAS TÉCNICAS ECUATORIANAS.

<http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/601-1000.pdf>

13-02-2012

15. TÉCNICAS NOVEDOSAS DE CONSTRUCCIÓN

[http://uupn.upn.mx/anuario/index.php/noticias-](http://uupn.upn.mx/anuario/index.php/noticias-educativas/noticias-educativas-2010/78-la-cronica/11697-crean-)

[educativas/noticias-educativas-2010/78-la-cronica/11697-crean-](http://uupn.upn.mx/anuario/index.php/noticias-educativas/noticias-educativas-2010/78-la-cronica/11697-crean-)

en-el-ipn-novedosa-tecnica-para-construccion-con-PET-y-
carton.html

10-02-2012

16. VIVIENDAS ECOLÓGICAS

<http://www.ecohabitar.org/>

10-12-2011

ANEXOS

ANEXO No.1 Norma ASTM C-140-75, especificaciones estándar, esfuerzo de compresión en bloques de concreto

NORMA ASTM C-140-75

**ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR ESFUERZO DE COMPRESIÓN
EN BLOQUES DE CONCRETO**

Esta norma se ha emitido bajo la designación fija C-140; el número próximo siguiente a la designación indica el año de adopción original o en el caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reprobación.

1. **Objetivos:** Estudiar un procedimiento de laboratorio para determinar la resistencia a la compresión simple de las unidades de mampostería.
2. **Alcance:** Este procedimiento permite llevar un control de resistencia a la compresión para garantizar su utilidad.
3. **Equipo:** Máquina de Prueba (Universal Tinius Olsen).
 - Balanza con sensibilidad de por lo menos 0.5% del peso de espécimen pequeño. (Balanza Hidrostática)
 - Calibrador con graduación mínima de 1/64" (ó 0.5 mm)
 - Regla metálica graduada con 1/32" (ó 1 mm)
4. **Material :** Unidades de mampostería de cemento
 - Azufre y arcilla
5. **Procedimiento :**
 - Debe marcarse cada espécimen no ocupado para ello más del 5% del área superficial del espécimen.
 - Hacer la prueba de compresión de los especímenes 72 horas después de que estos hayan llegado al laboratorio.

- Cabecear las unidades adecuadas garantizando la aplicación uniforme de las cargas en toda la sección
Cabeceando con azufre y arcilla (dejar enfriar 2 horas por lo menos)
- El periodo de carga no debe ser mayor de 2 minutos, ni menor que uno
- Las muestras deben centrarse con respecto al eje del cabezal de la maquina con un error de 1/16 pulgada.

6. Cálculos :

Calcular esfuerzo total por medio de : $C = P/A$

Donde :

C = esfuerzo de comprensión (kg/cm^2)

P = carga máxima aplicada (kg)

A = área bruta de la superficie de carga (cm^2)

ANEXO No2.Método estándar de prueba para la resistencia a la Compresión de elementos cilíndricos de concreto, regido por la Norma C39M-01 de la ASTM internacional

Alcance

Este método de prueba cubre la determinación de la resistencia a la compresión de elementos cilíndricos de concreto hechos con moldes de medidas específicas.

Resumen del Método de Prueba

Este método de prueba consiste en aplicar una carga de compresión axial a cilindros moldeados o corazones de concreto, a una tasa predeterminada, hasta que la falla ocurre. La fuerza a la compresión del espécimen es calculada. La fuerza compresiva del espécimen es calculada al dividir la carga máxima lograda durante la prueba entre el área calculada del espécimen.

Importancia y uso

Los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma del espécimen, mezclado, colado, moldeado, fabricación, edad, temperatura, humedad, curado y vibrado. Los resultados de este método de prueba se usan como una base para el control de calidad de las dosificaciones, mezclado y colado del concreto.

El aparato

La máquina de compresión utilizada en las pruebas debe estar bien calibrada y debe ser capaz de proveer las tasas de carga esperadas. Debe ser operado mecánicamente y la carga debe ser aplicada continuamente sin interrupciones y sin golpes de choque. El espacio provisto para testar los especímenes debe ser lo suficientemente grande para acomodar, en una posición confiable, un aparato elástico de calibración que tiene la suficiente capacidad para cubrir el potencial de carga de la máquina a compresión. Además debe tener dos bloques de soporte para lograr una carga uniforme por medio de una superficie equilibrada y estable. Una placa extra cuadrangular de las dimensiones del cilindro debe ser utilizada para asistir en el centrado del espécimen y para dar la altura necesaria para la prueba. Una esfera que reciba las placas es necesaria para ajustar la carga y las dimensiones del espécimen. Esto se puede observar mejor en la Figura E.1 que se muestra a continuación:

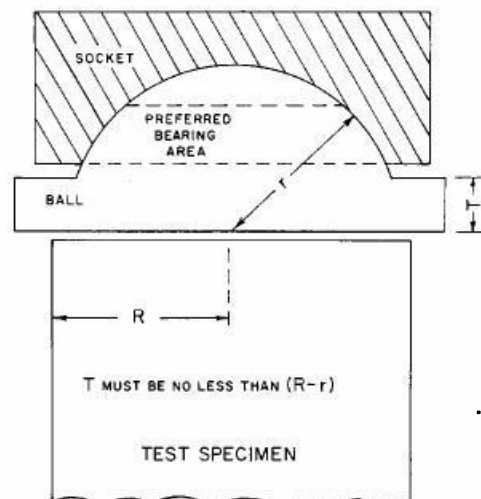


Figura E.1 Dibujo esquemático de un bloque esférico típico

Fuente: Norma C39-C39M, ASTM Internacional

Indicaciones de la Carga

Si la carga de una máquina de compresión utilizada en el concreto es registrada con manecillas, éstas deben estar provistas con una escala graduada que sea legible y precisa por lo menos al .1% de la escala de la carga total. En el caso en el que el valor se indicado por un dispositivo digital el desplegado numérico debe ser igual o menos al .1% de la escala de la carga total.

Especímenes

Un espécimen no debe ser testado en el caso en el que el diámetro individual de un cilindro difiera del otro diámetro del mismo cilindro por más de un 2%. Los cilindros deben encontrarse en forma perpendicular, ya sea por medio de cabeceo u otro medio, a la placa de compresión.

Procedimiento

Las pruebas a compresión de especímenes curados y húmedos deben ser realizadas lo más pronto posible después de ser extraídos del estanque. Todas las pruebas de los especímenes a cierta edad deben ser ejecutadas de acuerdo a ciertos periodos de tolerancia.

Esto está regido por lo siguiente: A 24 hrs. de ser descimbrados la tolerancia es de más menos 5 hrs, a 3 días de 2 hrs., 7 días de 6 hrs., 28 días de 20hrs.

Se debe colocar el espécimen en la placa inferior, procediendo a colocar la placa rectangular y centrar ambos de acuerdo a la placa esférica, esto es, centrada con la carga.

Es importante verificar que el dispositivo se encuentre en cero antes de comenzar la prueba, para evitar errores en la medición. Inmediatamente después de esto se debe aplicar la carga continuamente sin golpes de choque. En el caso de que la máquina a compresión se maneje por medio de una palanca, la tasa a la cual se manipula esta palanca debe ser constante. En el caso de máquinas hidráulicas, la condición es la misma.

La carga debe ser aplicada hasta que el espécimen falle y se debe registrar el valor máximo de la carga soportada por el espécimen.

Cálculos

Se calcula la resistencia a la compresión del espécimen al dividir la carga máxima soportada durante la prueba, entre el promedio de las áreas obtenidas al medir ambos diámetros, el inferior y el superior. Los tipos de fallas posibles se muestran en la Figura E.2 que se muestra a continuación:

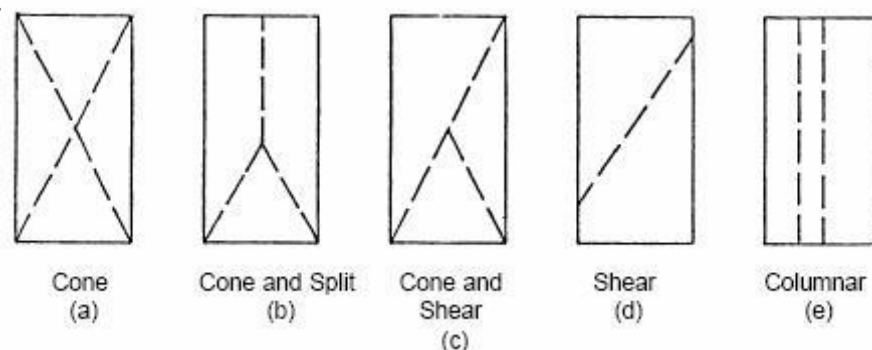


Figura E.2 Diagramas de los tipos de fallas que puede presentar el espécimen

Fuente: Norma C39-C39M, ASTM Internacional

ANEXO No3. Norma INEN 638 bloques huecos de hormigón, definiciones, clasificación y condiciones generales

CDU: 691.327
CIIU: 3699



CO 02.08-101

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN. DEFINICIONES, CLASIFICACION Y CONDICIONES GENERALES	INEN 638 Primera revisión 1993-09
--	--	--

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece las definiciones, la clasificación y las condiciones generales de uso de los bloques huecos de hormigón de cemento.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma comprende los bloques huecos de hormigón de cemento que se emplean en la construcción de paredes, paredes soportantes, paredes divisorias no soportantes y losas alivianadas de hormigón armado.

2.2 Esta norma no comprende los paneles o bloques de hormigón espumoso, fabricados con materiales especiales destinados a obtener una densidad muy reducida.

3. DEFINICIONES

3.1 Bloque hueco de hormigón. Es un elemento simple hecho de hormigón, en forma de paralelepípedo, con uno o más huecos transversales en su interior, de modo que el volumen del material sólido sea del 50% al 75% del volumen total del elemento.

3.2 Medidas principales. Se entiende por medidas principales: el largo, el ancho y el alto del bloque.

3.3 Superficie bruta de contacto. Es la superficie normal al eje del o de los huecos, sin descontar la superficie de estos, es decir: el producto del largo por el ancho del bloque.

3.4 Superficie neta de contacto. Es la superficie bruta de la cual se ha descontado la superficie de los huecos normal a su eje.

3.5 Volumen total. Es el volumen del bloque, calculado con sus medidas principales.

4. CLASIFICACION

4.1 Los bloques huecos de hormigón se clasificarán, de acuerdo a su uso, en cinco tipos, como se indica en la tabla 1.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Cemento, hormigón, bloques, bloques huecos, definiciones, clasificación.

TABLA 1. 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.

5. CONDICIONES GENERALES

5.1 Materiales

5.1.1 Los bloques deben elaborarse con cemento Portland o Portland especial, áridos finos y gruesos, tales como: arena, grava, piedra partida, granulados volcánicos, piedra pómez, escorias y otros materiales inorgánicos inertes adecuados.

5.1.2 El cemento que se utilice en la elaboración de los bloques debe cumplir con los requisitos de la Norma INEN 152 y la Norma INEN 1 548.

5.1.3 Los áridos que se utilicen en la elaboración de los bloques deben cumplir con los requisitos de la Norma INEN 872 y, además, pasar por un tamiz de abertura nominal de 10 mm

5.1.4 El agua que se utilice en la elaboración de los bloques debe ser dulce, limpia, de preferencia potable y libre de cantidades apreciables de materiales nocivos como ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas.

5.2 Dimensiones.

5.2.1 Espesor de las paredes de los bloques. El espesor de las paredes de los bloques no debe ser menor de 25 mm, en los bloques tipo A y B, y de 20 mm, en los bloques tipo C, D y E.

5.2.2 La dimensión real de un bloque debe ser tal que, sumada al espesor de una junta, dé una medida modular.

5.2.3 Los bloques deben tener las dimensiones indicadas en la tabla 2.

TABLA 2. Dimensiones de los bloques.

TIPO	DIMENSIONES NOMINALES			DIMENSIONES REALES		
	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

5.2.4 Por convenio entre el fabricante y el comprador, podrán fabricarse bloques de dimensiones diferentes de las indicadas en la tabla 2.

5.2.5 Los bloques de un mismo tipo deben tener dimensiones uniformes. No se permite en ellas una variación mayor de 5 mm.

APENDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

INEN 152 *Cemento Portland. Requisitos.*

INEN 872 *Áridos para hormigón. Requisitos.*

INEN 1 548 *Cemento Portland especial. Requisitos.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Proyecto de Norma Centroamericana ICAITI 41054. *Bloques huecos de hormigón para paredes o muros y tabiques.* Instituto Centroamericano de Investigación y tecnología Industrial. Guatemala, 1977.

Norma India IS: 2185-1967. *Specification for hollow cement concrete block.* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1975.

Norma India IS: 2185-1967. *Specification for hollow cement concrete block.* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1975.

Norma Sudafricana SABS 527-1972. *Standard specification for concrete building blocks.* South African Bureau of Standards. Pretoria, 1972.

ANEXO No 4. Norma ASTM C-90-75 especificaciones estándar para pruebas de absorción en bloques de concreto

Esta norma se ha emitido bajo la designación fija C-90-75; el número próximo siguiente a la designación indica el año de adopción original o en el caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reprobación.

1. Objetivo:

Estudiar un procedimiento de laboratorio para determinar la absorción de bloques.

2. Equipo:

- Balanza, con una sensibilidad de aproximadamente 20 gr
- Rebla metálica graduada con 1/32" (ó 1 mm)
- Horno, con regulador de temperatura

3. Procedimiento:

- Debe marcarse cada espécimen no ocupando para ello más del 5% del área superficial del espécimen.
- Sumergir los especímenes de prueba en agua durante el periodo necesario a una temperatura de 15.6° a 26.7° Capara saturar los especímenes.
- Pesar el espécimen sumergido en el agua cada periodo establecido (14 y 28 días), obteniendo así Wss.
- Remover el agua visible con un paño húmedo y pesar cada espécimen.

- Sacar al horno durante 24 horas por lo menos a una temperatura de $110^{\circ} + 5^{\circ} \text{ C}$ y pesar nuevamente.

4. Cálculos:

Calcular la absorción por medio de la fórmula:

- Absorción máxima absoluta en kg/m^3

$$\frac{W_{\text{sat}} - W_{\text{seco}} \times 1000}{W_{\text{sat}} - W_{\text{ss}}}$$

Donde:

W_{at} = Peso saturado superficialmente seco en kgf .

W_{seco} = Peso seco en kgs .

W_{ss} = Peso sumergido en kgs .

- Absorción máxima en porcentaje

$$\frac{W_{\text{sat}} - W_{\text{seco}} \times 100}{W_{\text{seco}}}$$

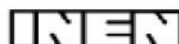
Dónde:

W_{sat} = Peso del espécimen saturado superficialmente seco en kgs .

W_{seco} = Peso del espécimen completamente seco en kgs .

ANEXO No5.Norma INEN 639, bloques huecos de hormigón, muestreo ensayos

CDU: 691.328
ICS: 91.100.30



CIU: 3699
CO 02.08-201

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>	<p>BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN. MUESTREO Y ENSAYOS.</p>	<p>NTE INEN 639:2012 Segunda revisión 2012-05</p>
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>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.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>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).</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de las normas ASTM C 1 232 y ASTM E 8.</p> <p style="text-align: center;">4. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>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.</p> <p style="text-align: center;">5. MÉTODO DE ENSAYO</p> <p>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.</p> <p>5.2 Muestreo</p> <p>5.2.1 Selección de especímenes:</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, hormigón y productos de hormigón, bloques huecos de hormigón, muestreo, ensayos.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Bajuriño Moreno E8-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

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 ensayaran a compresion tres especimenes.

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, las 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 $60 \text{ s} \pm 5 \text{ s}$, 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:

$$\text{Volumen neto } (V_n), (\text{mm}^3) = \frac{M_d}{D} = (M_s - M_l) \times 10^5 \quad (4)$$

$$\text{Área neta promedio } (A_n), (\text{mm}^2) = \frac{V_n}{H}$$

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_l = 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 de del espécimen, de la siguiente manera:

(Continúa)

$$\text{Resistencia a compresión del área bruta, (MPa)} = \frac{P_{\max}}{A_g} \quad (8)$$

Donde:

$$P_{\max} = \text{carga máxima de compresión, (N), y}$$

$$A_g = \text{área bruta del espécimen, (mm}^2\text{)}$$

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. Revisar la NTE INEN 62.

(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

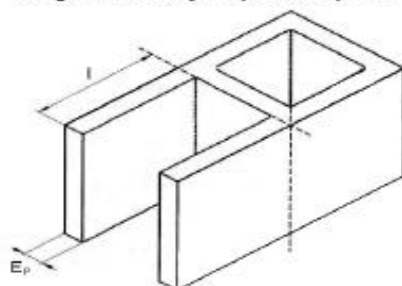
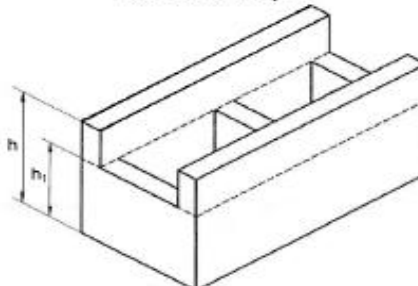


FIGURA A.2. Extensiones de la cara sobre el tabique



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 (mm^3), (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 las especificaciones 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)

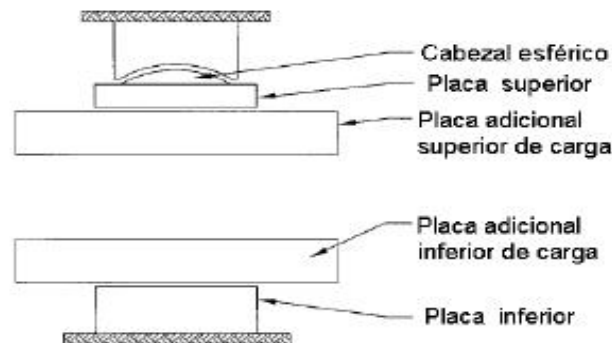
ANEXO B
(Información obligatoria)

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.

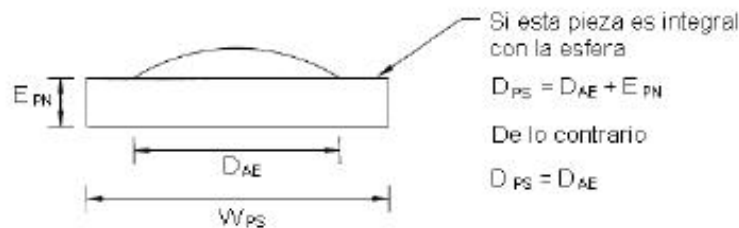
B.2 Definiciones. La figura B.1 indica la localización del equipo de ensayo referido, tal como se utiliza para el ensayo a compresión de bloques de hormigón.

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 esta 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:

$$d = A - \frac{D_{PS}}{2} \quad (B.1)$$

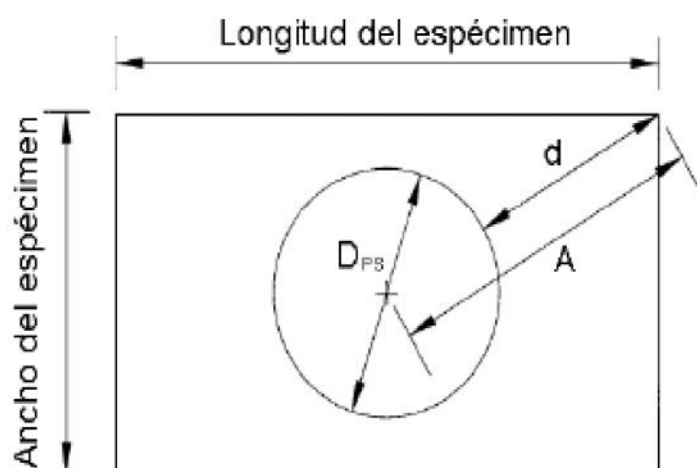
Donde:

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_{PS} = diámetro calculado de la placa superior, (mm).

FIGURA B.3. Distancia de la placa a la esquina más distante del espécimen



(Continúa)

APÉNDICE Y
(Información opcional)

HOJA DE CÁLCULO E INFORME DE ENSAYOS PARA UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN

Y.1 En este apéndice se incluye una hoja de cálculo de una muestra de laboratorio y un formulario de informe de ensayo. Estas muestras fueron desarrolladas para utilizarlas en el registro y presentación de la información del ensayo de unidades convencionales de mampostería de hormigón, para determinar su cumplimiento con la norma ASTM C 90. Estos formularios deben ser utilizados solo como una guía. Los usuarios de esta norma pueden utilizar o modificar estos formularios de acuerdo a sus propósitos y para dirigir los requisitos de los métodos de ensayo que ellos aplican para los especímenes específicos que van a ser ensayados.

FIGURA Y.1. Ejemplo de hoja de trabajo para unidades de mampostería de hormigón

Hoja de trabajo de acuerdo a la NTE INEN 2618 Muestreo y ensayo de bloques huecos de hormigón Cliente: _____ Dirección: _____ Trabajo No. /Descripción: _____ Designación del bloque /descripción: _____		Proyecto de laboratorio No.: _____ Fecha de recepción: _____ Laboratorio de ensayo: _____ Dirección: _____ Lugar de muestreo: _____ Dimensiones nominales generales: Ancho (mm): _____ Altura (mm): _____ Longitud (mm): _____		
Unidades para el ensayo de compresión				
(Determinar la siguiente información para cada una de las tres unidades a ser ensayadas a compresión)				
Masa tal como se recibe (M_r), (kg)	No. 1	No. 2	No. 3	Fecha
Carga máxima de compresión (P_{max}), (N)	14,73	14,16	14,03	2011-05-03
	577 200	506 900	510 200	2011-05-05
Unidades para el ensayo de absorción				
(Determinar la siguiente información para cada una de las tres unidades a ser sumergidas en agua para el ensayo de absorción)				
	No. 4	No. 5	No. 6	Fecha

Unidades para el ensayo de absorción				
(Determinar la siguiente información para cada una de las tres unidades a ser sumergidas en agua para el ensayo de absorción)				
	No. 4	No. 5	No. 6	Fecha
Ancho (W):	borde superior, (mm)	193	194	194
	fondo, (mm)	194	194	194
Altura (H):	Cara 1, (mm)	192	193	195
	Cara 2, (mm)	191	193	195
Longitud (L):	Cara 1, (mm)	397	396	397
	Cara 2, (mm)	396	397	397
Espesor de cara (E_p)	Cara 1, (mm)	33	35	35
	Cara 2, (mm)	31	35	35
Espesor de tabique (E_t)	Tabique 1, (mm)	27	28	30
	Tabique 2, (mm)	26	29	29
	Tabique 3, (mm)	25	30	30
	Tabique 4, (mm)			
Masa tal como se recibe (M_r), (kg)		14,55	14,17	14,01
Masa del espécimen sumergido (M_s), (kg)		7,64	7,37	7,26
Masa del espécimen saturado (M_{sa}), (kg)		15,09	14,86	14,75
Masa del espécimen seco al horno (M_{sh}), (kg)		13,69	13,30	13,22
Masas intermedias de secado (primera lectura luego de al menos 24 h de secado, lecturas sucesivas a intervalos de 2 horas)				
	Primera	13,71	13,35	13,26
	Segunda	13,69	13,30	13,22
	Tercera	_____	_____	_____
				Hora: 11:30
				Hora: 14:00
				Hora: _____

(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	Especimen No.	Masa tal como se recibe (M _i) (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: 2011-05-06	1	14,70	78 929	38 716	577 200	7,5	14,9
	2	14,15	78 929	38 716	506 900	6,6	13,1
	3	14,00	78 929	38 716	510 200	6,6	13,2
	Promedio	14,30	78 929	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	Especimen No.	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Longitud promedio (mm)	Espesor de cara(**) (mm)	Espesor de tabique (mm)
Fecha de ensayo: 2011-05-06	4	193	191	396	32	25
	5	193	193	396	35	28
	6	193	196	396	35	30
	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.

	Especimen No.	Masa tal como se recibe (M _i) (kg)	Masa del esp. sumergido (M _s) (kg)	Masa del esp. saturado (M _{sa}) (kg)	Masa del esp. seco al horno (M _{se}) (kg)	Absorción (kg/m ³)	Densidad (kg/m ³)	Volumen neto (mm ³)	Porcentaje sólido (%)
Fecha de ensayo: 2011-05-06	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
	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 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.*

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 639 Segunda revisión ORIGINAL:	TÍTULO: BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN. MUESTREO Y ENSAYOS	Código: CO 02.08-201
Fecha de iniciación del estudio: 2011-05-05	REVISION: 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 Integrantes del Subcomité Técnico:		Fecha de aprobación: 2011-07-28
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 HORMIGÓN. INECYC.	
Ing. Raúl Ávila	ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR. APRHOPEC.	
Ing. Hugo Egúez	HOLCIM ECUADOR S. A. (AGREGADOS)	
Sr. Carlos Aulestia	LAFARGE CEMENTOS S. A.	
Ing. Sixto González	INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.	
Ing. Marlon Valarezo	UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	
Ing. Carlos González	INTACO ECUADOR S. A.	
Arq. Karla Balladares	INTACO ECUADOR S. A.	
Ing. Verónica Miranda	CONCRETOS V. M. / COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA	
Dr. Juan José Recalde	CAMNOSCA S. A.	
Ing. Mireya Martínez	CAMNOSCA S. A.	
Ing. Patricio Torres	DICOPLAN CIA. LTDA.	
Químico Mauricio Canchigña	ORGANISMO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO. OAE	
Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)	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	Por Resolución No. 12 093 de 2012-04-18	
Registro Oficial No. 706 de 2012-05-18		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Dio
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: inenlaboratorios@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

ANEXO No 6. Ensayo de compresión de las unidades estructurales a los 15 días de edad

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MATERIALES
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS**

NORMA ASTM C39



ORDEN N°	S/N
NÚMERO DE MUESTRAS	8
FECHA DE EXPEDICIÓN	Febrero 12, 2012

OBRA O PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE LA CENTRAL DE EMERGENCIAS DE LA CRUZ ROJA DE QUERO
LUGAR DEL PROYECTO SOLICITADO	Quero
MUESTRAS TOMADAS	M. Gobierno Provincial de Tungurahua CEO Juvenil

PRUEBA	DIÁMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	CARGA		PESO KILOGRAMOS	FECHA DE ELABORACIÓN	IDENTIFICACIÓN
			LIBRAS	KILOGRAMOS			
1	10.00	24.90	64285	29455.03	2.20	Febrero 12, 2012	Botella + Cemento
2	10.00	25.30	65000	29491.83	2.20	Febrero 12, 2012	Botella + Cemento
3	10.00	24.90	64990	29487.30	1.90	Febrero 12, 2012	Botella + Cemento
4	10.00	25.20	65010	29496.37	2.10	Febrero 12, 2012	Botella + Cemento
5	10.00	24.80	64890	29441.92	2.40	Febrero 12, 2012	Botella + Cemento
6	10.00	25.00	64800	29401.09	2.10	Febrero 12, 2012	Botella + Cemento
7	10.00	25.20	64010	29042.65	2.50	Febrero 12, 2012	Botella + Cemento
8	10.00	25.00	64030	29051.72	2.30	Febrero 12, 2012	Botella + Cemento




Ing. César A. Orta R.

COORDINADOR DE LABORATORIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Egdo. Alberto Ortega

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

NEXO No 7. Ensayo de compresión de las unidades estructurales a los 20 días de edad



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MATERIALES
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS

NORMA ASTM C39

OBRA O PROYECTO
 CONSTRUCCION DE LA CENTRAL DE EMERGENCIAS DE LA CRUZ ROJA DE QUERO


LUGAR DEL PROYECTO
 SOLICITADO
 MUESTRAS TOMADAS

Quero
 M. Gobierno Provincial de Tungurahua
 GEO Juvenil


ORDEN N°
 NÚMERO DE MUESTRAS
 FECHA DE EXPEDICION

S/N
 8
 Febrero 22, 2012


PRÓBETA	DIÁMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	CARGA		PESO KILOGRAMOS	FECHA DE ELABORACIÓN	IDENTIFICACIÓN
			LIBRAS	KILOGRAMOS			
1	10.00	24.80	64905	29460.91	2.10	Febrero 22, 2012	Botella + Cemento
2	10.00	25.20	64900	29438.64	2.20	Febrero 22, 2012	Botella + Cemento
3	10.00	24.90	64995	29481.73	1.80	Febrero 22, 2012	Botella + Cemento
4	10.00	25.20	64060	29037.62	2.00	Febrero 22, 2012	Botella + Cemento
5	10.00	24.80	64887	29432.74	2.40	Febrero 22, 2012	Botella + Cemento
6	10.00	25.00	64700	29347.92	2.10	Febrero 22, 2012	Botella + Cemento
7	10.00	25.20	64710	29352.46	2.40	Febrero 22, 2012	Botella + Cemento
8	10.00	25.00	63930	28998.65	2.40	Febrero 22, 2012	Botella + Cemento



Ing. César A. Oñate R.
 COORDINADOR DE LABORATORIOS
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



Ego. Alberto Ortiga
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXO NO 8. Ensayo de compresión de las unidades estructurales a los 28 días de edad

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MATERIALES
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS**



NORMA ASTM C39

ORDEN N°	NÚMERO DE MUESTRAS	FECHA DE EXPEDICIÓN	S/N	CARGA		FECHA DE ELABORACIÓN	IDENTIFICACIÓN
				LIBRAS	KILOGRAMOS		
1	8	Noviembre 12, 2012	64980.01	29482.76	2.20	Noviembre 15, 2011	Botella + Cemento
2			64900.01	29446.46	2.40	Noviembre 15, 2011	Botella + Cemento
3			64990.01	29487.30	1.90	Noviembre 15, 2011	Botella + Cemento
4			65010	29496.37	2.10	Noviembre 15, 2011	Botella + Cemento
5			65000	29491.83	2.20	Noviembre 15, 2011	Botella + Cemento
6			64800	29401.08	2.10	Noviembre 15, 2011	Botella + Cemento
7			65000	29491.83	2.80	Noviembre 15, 2011	Botella + Cemento
8			65000	29491.83	2.30	Noviembre 15, 2011	Botella + Cemento

OBRA O PROYECTO	CONSTRUCCION DE LA CENTRAL DE EMERGENCIAS DE LA CRUZ ROJA DE QUERO
LUGAR DEL PROYECTO	Quero
SOLICITADO	H. Gobierno Provincial de Tungurahua
MUESTRAS TOMADAS	GEO Juvent

ORDEN N°	S/N
NÚMERO DE MUESTRAS	8
FECHA DE EXPEDICIÓN	Noviembre 12, 2012



Egdo. Alberto Ortega
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Ing. César A. Oñate R.
 COORDINADOR DE LABORATORIOS
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXO No 9. Ensayo de compresión de bloques normales



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MATERIALES
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS

NORMA ASTM C39

CONSTRUCCION DE LA CENTRAL
 DE EMERGENCIAS DE LA CRUZ
 ROJA DE QUERO
 Quero
 H. Gobierno Provincial de Tungurahua
 GEO Juvenil

OBRA O PROYECTO

LUGAR DEL PROYECTO

SOLICITADO

MUESTRAS TOMADAS

ORDEN N°

NÚMERO DE MUESTRAS

FECHA DE EXPEDICION

S/N
8
Noviembre 29, 2011

PROBETA N°	DIÁMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	CARGA		PESO KILOGRAMOS	FECHA DE ELABORACION	IDENTIFICACIÓN
			LIBRAS	KILOGRAMOS			
1	12.00	28.00	25000	11343.01	2.70	Noviembre 29, 2011	Botella + Caña
2	12.00	28.00	22000	9981.85	2.60	Noviembre 29, 2011	Botella + Caña
3	10.00	25.00	65000	29491.83	2.20	Noviembre 29, 2011	Botella + Caña
4	12.00	28.00	14000	6352.09	4.10	Noviembre 29, 2011	Botella + Palo
5	15.00	28.00	15000	6805.81	3.00	Noviembre 29, 2011	Botella + Palo
6	12.00	25.00	9000	4083.48	2.90	Noviembre 29, 2011	Botella + Palo
7	12.00	25.00	11000	4990.93	2.70	Noviembre 29, 2011	Botella + Palo
8	12.00	36.00	41000	18602.54	5.10	Noviembre 29, 2011	Botella + Arena



Ing. César A. Oñate R.
 COORDINADOR DE LABORATORIOS
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO • MAJ. VINCENZO
 LABORATORIOS
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



Ego. Alberio Ortega
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXO No 10. Ensayo de compresión de unidades estructurales elaboradas con bagazo de caña y cabello humano a diferentes proporciones.

ANEXO No 11. Cálculos para producción de botellas PET en la parroquia la matriz del cantón Quero

El las botellas fueron recogidas a lo largo de 2 semanas, procediendo a almacenarlas y separarlas por familias.

Cantidad de botellas por familia en la parroquia la matriz en la semana 1

		SEMANA 1																	
Fecha	Día	Famili	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
12/09/2011	Lunes		1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
13/09/2011	Martes		0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
14/09/2011	Miércoles		0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15/09/2011	Jueves		0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16/09/2011	Viernes		2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	0	2	0	1
17/09/2011	Sábado		1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
18/09/2011	Domingo		1	0	0	0	1	1	1	1	1	3	1	1	2	0	0	0	1

FUENTE: Carlos Valle

Continuación tabla

SEMANA 1										
Fecha	Día	Famili a	18	19	20	21	22	23	24	25
12/09/2011	Lunes		1	0	0	0	0	0	0	0
13/09/2011	Martes		0	0	0	0	0	1	0	1
14/09/2011	Miércoles		1	1	1	1	1	1	1	1
15/09/2011	Jueves		1	1	1	0	0	0	0	0
16/09/2011	Viernes		1	1	1	1	1	0	0	0
17/09/2011	Sábado		0	0	0	0	0	1	1	1
18/09/2011	Domingo		1	1	1	1	1	1	1	1
Total										108

Cantidad de botellas por familia en la parroquia la matriz en la semana 2

SEMANA 2																			
Fecha	Día	Famili a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
19/09/2011	Lunes		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0
20/09/2011	Martes		1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0
21/09/2011	Miércoles		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
22/09/2011	Jueves		1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
23/09/2011	Viernes		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/09/2011	Sábado		0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
25/09/2011	Domingo		0	2	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0

1																				
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

FUENTE: Carlos Valle

Continuación tabla

SEMANA 2										
Fecha	Día	Familia	18	19	20	21	22	23	24	25
19/09/2011	Lunes		0	1	1	1	1	1	0	0
20/09/2011	Martes		1	1	1	1	2	0	0	0
21/09/2011	Miércoles		1	1	0	0	1	0	1	0
22/09/2011	Jueves		0	0	0	0	0	1	1	1
23/09/2011	Viernes		0	0	1	0	0	1	0	1
24/09/2011	Sábado		1	0	0	1	0	0	1	1
25/09/2011	Domingo		1	1	0	1	0	1	1	0
Total										82

Cantidad de botellas recolectadas durante las dos semanas de muestreo

Fuente: Carlos Valle

SEMANA 1	108
SEMANA 2	82
TOTAL	190

FOTO No 1. Botellas utilizadas en la elaboración de las unidades estructurales



FOTO NO 2 Y 3. Transporte de las unidades estructurales para las pruebas físicas y mecánicas





FOTO No 4. Inspección de las unidades estructurales por parte del ingeniero civil encargado del laboratorio



FOTO No 5. Pesaje de las unidades estructurales



FOTO No 6. Pesaje de los bloques tradicionales



FOTO No 7 y 8. Sumergido de las unidades estructurales para la medición de las pruebas físicas

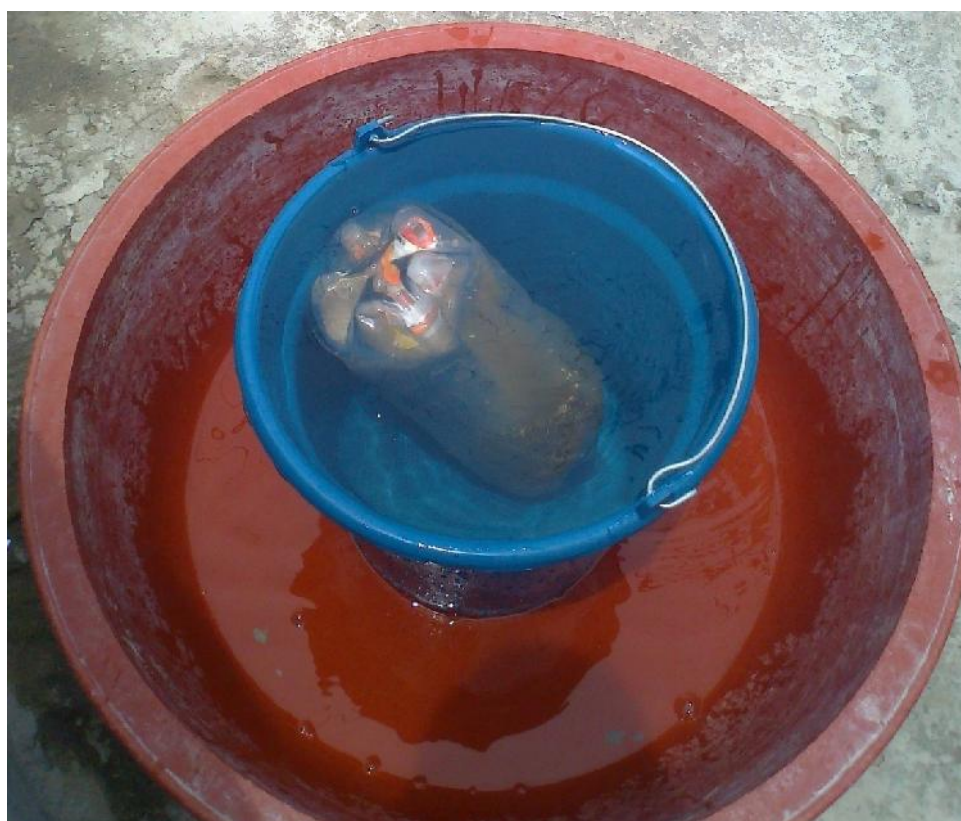


FOTO No 9 y 10. Medición de las unidades estructurales para el ensayo de compresión



FOTO No 11. Preparación de las unidades estructurales para el ensayo



FOTO No 12, 13, 14 y 15 Ensayo de compresión







FOTO No 16. Medición de la compresión

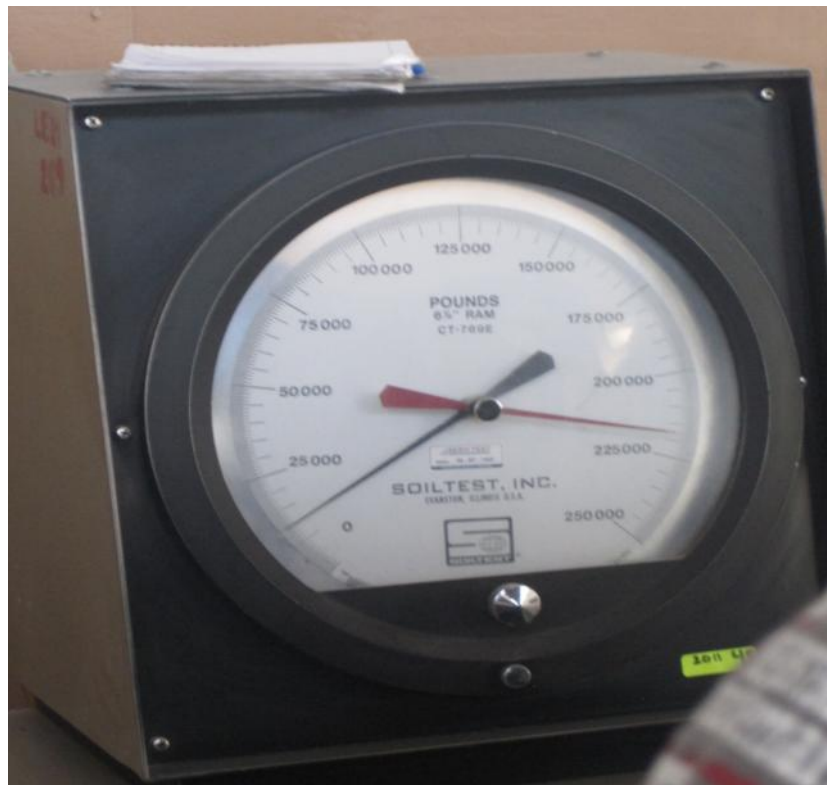


FOTO No 17. Compresión de los bloques convencionales



FOTO No 18, 19 Y 20. Compresión de las botellas vacías





FOTO No 21, 22 y 23. Acumulación de botellas PET en el río Quero



