

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



TEMA:

**ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE  
BLOQUES DE MAMPOSTERÍA UTILIZANDO MATERIALES DE  
RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90**

**PRESENTADO POR:**

CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES  
CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH  
MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE DE 2017

**SAN MIGUEL**

**EL SALVADOR**

**CENTRO AMERICA**

# **UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

## **AUTORIDADES**

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS

**RECTOR INTERINO**

DR. MANUEL DE JESUS JOYA ABREGO

**VICE-RECTOR ACADÉMICO**

LIC. CRISTOBAL HERNAN RIOS

**SECRETARIO GENERAL**

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARIN

**FISCAL GENERAL**

MSC. CLAUDIA MARIA MELGAR DE ZAMBRANA

**DEFENSORA DE LOS DERCHOS UNIVERSITARIOS**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**AUTORIDADES**

ING. JOAQUÍN ORLANDO MACHUCA  
**DECANO**

LIC. CARLOS ALEXANDER DÍAZ  
**VICE-DECANO**

LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNÁNDEZ  
**SECRETARIO**

# **DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

## **AUTORIDADES**

ING. JUAN ANTONIO GRANILLO  
**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS  
**COORDINADOR DE CARRERA INGENIERIA CIVIL**

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA  
**COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

ING. LUIS CLAYTON MARTINEZ RIVERA  
**DOCENTE DIRECTOR**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

TITULO:

**“ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE  
BLOQUES DE MAMPOSTERÍA UTILIZANDO MATERIALES DE  
RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90”**

PRESENTADO POR:

**CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES**

**CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH**

**MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

COORDINADOR DE PROYECTOS DE GRADUACIÓN:

**ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA**

DOCENTE DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN:

**ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ RIVERA**

**SAN MIGUEL, DICIEMBRE DE 2017**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:**

Coordinador de Proyectos de Graduación:

---

**ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA**

Docente Director

---

**ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ RIVERA**

## AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** todopoderoso por habernos dado la fortaleza y permitir culminar con éxito esta etapa de nuestra vida académica.

A la prestigiosa Universidad de El Salvador por ser nuestro centro de estudio donde nos formamos académicamente e inculcado la responsabilidad, el trabajo y la dedicación para llegar a ser profesionales integrales dentro de la sociedad.

A las empresas e instituciones que nos apoyaron desinteresadamente para poder realizar nuestro trabajo de graduación, con asesoría técnica, materiales e instalaciones y equipo de laboratorio. Agradecemos de una manera cordial a las siguientes instituciones que en su debido tiempo nos brindaron su valiosa colaboración:

Universidad de El Salvador  
MZ Consultores S.A de C.V.  
Iberplastic S.A de C.V  
Fabrica “El Ingenio”

A nuestro docente director, **Ing. Luis Clayton Martínez Rivera**, por su colaboración, paciencia, entrega, tiempo y conocimientos compartidos para la finalización de éste trabajo.

A los profesionales por brindarnos su colaboración para la finalización de este trabajo graduación:

*Ing. Manuel Amaya*  
*Ing. Luis Castro*  
*Ing. Ismael Guevara*  
*Ing. Guillermo Moya*  
*Ing. Mauricio Perla*  
*Ing. Román Zavala*  
*Ing. Ericsson López*  
*Lic. Raúl Alfaro*

A todos los compañeros que a lo largo de la carrera estuvimos apoyándonos.

## DEDICATORIA

Primeramente, a **Dios Todopoderoso** por permitirme llegar a este momento, guiarme a lo largo de la carrera y darme la fuerza necesaria para superar cada obstáculo.

A mi madre: **Mirian del Carmen Vásquez López** por su apoyo incondicional, sus consejos por enseñarme valores y la confianza para alcanzar mis metas.

A mis hermanos: **Luis Miguel y Ana del Carmen** por los ánimos brindados a lo largo de mi vida.

A mi esposo: **José Manuel Amaya Portillo** por el apoyo que siempre me ha brindado, sus consejos, cariño y ese amor que siempre me ha demostrado.

A mis compañeros de tesis **Sonia y Humberto** por todo el esfuerzo, dedicación y empeño el cual siempre se mantuvo constante y ser más que compañeros amigos, a sus familiares por habernos apoyado en todo y prestarnos su hogar para trabajar.

A mis amigos, los cuales encontré a lo largo del camino y siempre estuvieron cerca brindándome su aprecio.

A cada uno de los docentes por todos los conocimientos brindados, a la Universidad de El Salvador por permitirme formar parte de ella.

En general a todas aquellas personas que forman parte de mi vida y siempre estuvieron para alentarme en los momentos difíciles.

**María de los Ángeles Campos Vásquez**

## DEDICATORIA

Primeramente, a **Dios** por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres **Fredis Emilio Castillo** y **Sonia del Carmen Hernández de Castillo** por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida.

A mis hermanos **Eva María**, **Emilio José** y **Fredys Alexander** por ser parte importante en mi vida y representar la unidad familiar y por ser un ejemplo de desarrollo profesional a seguir, por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

A mis abuelas **Evangelina Castillo** y **María Elena Hernández** por su apoyo en las buenas y malas y sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

A mis **tíos y primos** por ser parte significativa en mi vida, por su apoyo y amor incondicional como una verdadera familia.

A mis compañeros de tesis, **María de los Ángeles** y **Jorge Humberto** por su amistad y cariño, y haberme tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación y sobre todo por hacer de su familia, una familia para mí.

Al docente asesor por el apoyo y facilidades que nos fueron otorgadas para el desarrollo de este trabajo y a cada uno de los docentes que contribuyeron a mi formación profesional

A todas esas personas especiales por creer en mí y mostrarme todo su apoyo y cariño en todo momento. Gracias

**Sonia Yamileth Castillo Hernández**

## DEDICATORIA

A **Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo:** Por ser los principales guías de mi vida y por darme esa fuerza sobrenatural para poder salir adelante en este proyecto tan importante en mi vida.

A mis padres: **Ana Clotilde Martínez de Moreira** y **Jorge Alberto Moreira**, por ese apoyo incondicional, por su confianza y paciencia, sus consejos, siempre presentes cuando más lo necesito, gracias por sus oraciones y por guiarme en el camino de Dios y enseñarme siempre a depender de Él y confiar en que todo lo que pasa es porque Dios quiere darme algo mejor, este logro es de ustedes y para ustedes. LOS QUIERO.

A mi hija: **Roxana Daniela Moreira**, eres lo mejor que me ha pasado, verte a ti y pensar que en mi vida esta esa personita por la cual cada día debo luchar y salir adelante, eres el principal motor de mi vida cada momento en que quería rendirme pensaba en ti y eso me daba ánimo para seguir adelante, para ti es este triunfo mi bebe TE AMO.

A mi esposa: **Ana Roxana Bonilla de Moreira**, por su paciencia, amor, cariño, apoyo, en todos esos momentos buenos y malos en el transcurso de este proyecto, siempre estuvo conmigo en esas noches de desvelo, en las preocupaciones dándome ánimo ayudándome a creer que esto llegaría a ser posible, nunca se quejó siempre han estado esas caricias y esas palabras de aliento para mí gracias por eso. LA AMO

A mis hermanos: **Daniel** y **Susana**, por creer en mí y ser partes de mi superación, por ser ayuda en el desarrollo de este proyecto

A mi abuelo: **Santiago Rivas (QEPD)**, por sus sabios consejos que siempre me han impulsado a seguir adelante y por haberme enseñado a que no importa cuántas veces te caigas siempre tienes que levantarte, siempre decía que nunca me diera por vencida, siempre tenía una palabra de aliento para mí.

A mi tía: **Rosa Irma Martínez**, usted es como mi segunda madre siempre la he querido así, gracias por sus consejos, sus oraciones, sus palabras de aliento y su apoyo incondicional, por escucharme siempre y estar a mi lado como un gran apoyo.

A mi **familia en general**: A todos aquellos que confiaron en mí, que creyeron que este proyecto sería posible y que de alguna manera fueron parte de este logro a ellos gracias.

A mis compañeras de tesis: Por esa dedicación, empeño, paciencia y motivación que tuvieron para emprender este proyecto y lograr culminarlo, a **María de los Ángeles Campos de Amaya**, por su carisma, entrega y disposición en este proyecto, a su esposo y su familia, a **Sonia Yamileth Castillo**, por su manera de tomar el desarrollo de este trabajo, su frialdad y decisión en momentos cruciales del proyecto, a su familia en especial a su padre por el apoyo incondicional en este trabajo.

A mis **compañeros y amigos**: A todos aquellos que siempre estuvieron cerca brindando apoyo, de una u otra forma no solo en este proyecto sino en el transcurso de esta carrera, si los nombrara posiblemente me olvidaría de algún nombre por eso en general a todos ustedes que siempre estuvieron conmigo gracias.

A mis **hermanos en cristo**: A ellos que, con su fe, sus oraciones y sus palabras de aliento me ayudaron en el transcurso de este proyecto, por ese apoyo moral y espiritual que como familia en cristo me brindaron a todos ellos gracias.

**JORGE HUMBERTO MOREIRA MARTINEZ**

## RESUMEN

Se evaluó la posibilidad de aprovechar el Tereftarato de Polietileno reciclado como sustitución de agregado en mezclas para la fabricación de unidades de mampostería de concreto, esto para encontrar un aprovechamiento y disminución de impactos ambientales, generados por la inadecuada disposición final del polietileno. La investigación se realizó en tres etapas, la primera consistía en obtener los materiales pétreos y el material reciclado, realizando ensayos de granulometría, peso volumétrico y gravedad específica, para determinar las propiedades índices de estos materiales. En la segunda etapa se realizó el diseño de mezcla con los materiales pétreos obtenidos, sustituyendo estos agregados por material reciclado, los porcentajes óptimos que se usaron en sustitución de agregado pétreo para no comprometer la resistencia de la mezcla base, fueron 2.5%, 5%, 7.5% y 10%, después se procedió a la fabricación de las unidades de mampostería. La tercera etapa consistió en realizar ensayos de resistencias a la compresión, térmica y acústica, a las unidades. Se concluyó que el material reciclado puede ser usado en los porcentajes de sustitución del agregado pétreo antes mencionado, ya que la variación debido a la resistencia a la compresión en comparación con la unidad base no afecta en gran medida, siendo estas: 14.67 Mpa para mezcla base, 13.11 Mpa, 12.09 MPa, 11.31 MPa y 7.22 Mpa, respectivamente para cada porcentaje de sustitución. La resistencia térmica aumento, a medida aumenta el porcentaje de sustitución, la mezcla base presento una resistencia térmica de 7.992 °C/W, con los porcentajes de sustitución se obtuvo: 8.299 °C/W, 8.531 °C/W, 8.561 °C/W y 8.652 °C/W respectivamente. La resistencia acústica disminuye a medida se aumenta el porcentaje de sustitución, la mezcla base presento una resistencia acústica de 41.49 Db, los diferentes porcentajes de sustitución presentaron resistencias de: 41.37 Db, 38.01 Db, 34.36 Db y 33.53 Db, respectivamente.



## ***ÍNDICE GENERAL***

<b>Contenido</b>	<b>No de Pág.</b>
<b><i>INTRODUCCION</i></b> .....	<i>i</i>
<b><i>CAPITULO I: GENERALIDADES</i></b>	
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificacion .....	4
1.3 Objetivos .....	5
1.3.1 Objetivo general:.....	5
1.3.2 Objetivos específicos: .....	5
1.4 Alcances y limitaciones .....	6
1.4.1 Alcances .....	6
1.4.2 Limitaciones.....	7
1.5 Metodologia de la investigacion .....	8
1.5.1 Tipo de investigación.....	8
1.5.2 Método de muestreo.....	8
1.5.3 Diseño del estudio.....	10
1.5.3.1 Trabajo de campo.....	10
1.5.3.2 Trabajo experimental o de laboratorio .....	12
1.5.4 Universo poblacion y muestra.....	16
1.5.4.1 Propiedades índice y mecánicas de los materiales .....	16
1.5.4.2 Unidades de mamposteria de concreto de ensayo.....	17
1.5.5 Diagrama metodologico .....	18
1.5.6 Instrumentos para recolectar datos de investigación.....	20

## ***CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL***

2.1 Marco historico .....	22
2.1.1 Antecedentes de las unidades de mamposteria de concreto.....	22
2.1.2 Investigaciones sobre el uso del pet en aplicaciones de ingenieria.....	24
2.2 Marco normativo.....	29
2.2.1 Normas nacionales .....	29
2.2.2 Normas internacionales.....	30
2.2.2.1 Normas ASTM.....	30
2.3 Marco teorico .....	30
2.3.1 Los plásticos.....	30
2.3.1.1 Clasificación y uso del plástico.....	31
2.3.1.1.1 Polietileno tereftalato (PET) .....	31
2.3.1.2 Industria del plástico en El Salvador.....	32
2.3.2 Concreto.....	34
2.3.2.1 Definición .....	34
2.3.2.2 Tipos de cemento para concreto.....	34
2.3.2.3 Agregados para concreto.....	36
2.3.2.3.1 Definicion de agregados según norma ASTM C 125-88.....	36
2.3.2.3.2 Agregado grueso .....	36
2.3.2.3.3 Agregado fino .....	37
2.3.2.4 Especificaciones para agregados de concreto según ASTM C 33 .....	37
2.3.3 Diseño de mezcla de concreto.....	39
2.3.3.1 Definicion .....	39
2.3.3.2 Método ingles bs 1975 .....	39

2.3.4 Unidades de mampostería de concreto.....	52
2.3.4.1 Generalidades.....	52
2.3.4.1.1 Importancia de las unidades de mamposteria de concreto .....	53
2.3.4.1.2 Ventajas de construir con unidades de mamposteria de concreto .....	54
2.3.4.2 Clasificación .....	56
2.3.4.2.1 Según su grado de humedad:.....	57
2.3.4.2.2 Según su uso: .....	57
2.3.4.2.3 Por su densidad: .....	57
2.3.4.3 Requisitos técnicos.....	57
2.3.4.3.1 Requerimientos de absorción (ASTM C 90).....	58
2.3.4.3.2 Resistencia mínima a compresión (ASTM C 90).....	58
2.3.4.4 Medidas estandar de unidades de mamposteria de concreto.....	59
<b><i>CAPITULO III: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES Y DISEÑO DE MEZCLA</i></b>	
3.1 Generalidades.....	62
3.1.1 Estudio preliminar de los agregados .....	62
3.2 Peso volumetrico de los agregados (ASTM C 29).....	63
3.3 Gravedad específica y absorción de los agregados (ASTM C 127, C 128).....	72
3.4 Analisis granulometrico de agregados para concreto (ASTM C 136) .....	82
3.5 Diseño de mezcla para prefabricados usando el método ingles .....	97
3.5.1 Metodo de diseño de mezcla para la dosificacion de materiales en la fabricacion de unidades de mamposteria de concreto.....	97
3.5.2 Diseño de mezcla .....	97

***CAPITULO IV: FABRICACIÓN Y ENSAYOS DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE  
CONCRETO***

4.1 Fabricación de unidades de mampostería de concreto usando el diseño de mezcla propuesto .....	106
4.1.1 Generalidades.....	106
4.1.1.1 Materia prima.....	106
4.1.1.2 Recepción, almacenaje y control de materias primas. ....	107
4.1.1.3 Dosificación y mezcla.....	108
4.1.1.4 Moldeado y vibro compactación.....	110
4.1.1.5 Curado.....	111
4.2 Ensayos de laboratorio de las unidades de mamposteria de concreto fabricados con material reciclado.....	112
4.2.1 Método de prueba estándar para muestreo y prueba de las unidades de albañilería de concreto y unidades relacionadas (ASTM C 140) .....	112
4.2.2 Ensayo para la determinacion de la resistencia termica de unidades de mamposteria de concreto.....	137
4.2.3 Ensayo para la determinacion de la resistencia acustica de unidades de mamposteria de concreto .....	149
4.2.4 Metodo de ensayo para la medicion de la tasa inicial de absorción (IRA) - ensayo de campo (ASTM C 67) .....	159

## ***CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO***

5.1 Análisis de las propiedades mecánicas de las unidades de mampostería de concreto fabricados.....	169
5.1.1 Análisis de resistencia a la compresión.....	169
5.1.2 Análisis de peso volumétrico .....	171
5.1.3 Análisis de absorción. ....	173
5.1.4 Análisis de tasa inicial de absorción (IRA).....	175
5.2 Análisis de pruebas térmicas para unidades de mampostería de concreto.....	177
5.2.1 Conductividad térmica .....	177
5.2.2 Resistencia térmica total .....	178
5.2.3 Resistencia térmica por unidad de área.....	179
5.3 Análisis de las propiedades acústicas.....	181
5.3.1 Análisis diferencia bruta de decibeles.....	181
5.3.2 Análisis de porcentaje de absorción acústica .....	182
5.3.3 Análisis resistencia acústica.....	183
5.3.4 Análisis del coeficiente STC (Clase de Transmision Sonora) .....	184
5.4 Análisis de costos.....	185
5.4.1 Análisis de costos unitarios incluyendo precio del PET .....	186
5.4.2 Análisis de costos unitarios sin incluir precio del PET.....	187
5.5 Otros analisis.....	188
5.5.1 Adherencia en juntas .....	188
5.5.2 Permeabilidad de unidades de mamposteria. ....	189
5.5.3 Resistencia al fuego de unidades de mamposteria. ....	191

**CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 Conclusiones .....	196
6.2 Recomendaciones .....	198
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>199</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>201</b>
ANEXO 1: Generalidades sobre los ensayos termicos y acusticos .....	202
ANEXO 2: Método propuesto para las pruebas termcas y acusticas .....	209
ANEXO 3: Procedimiento experimental para determinar de la resistencia termica de unidades de mamposteria de concreto. ....	212
ANEXO 4: Procedimiento experimental para determinar la resistencia acustica de las unidades de mamposteria de concreto.....	226
ANEXO 5: Memoria de cálculo.....	231
ANEXO 6: Estudio previo del comportamiento del pet en el uso de concreto para unidades de mamposteria de concreto .....	338
ANEXO 7: Detalles y configuraciones del equipo usado para medicion de temperatura y presion sonora.....	414
ANEXO 8: Cronología fotografica.....	442
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>458</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	No de Pág.
<b>CAPITULO I: GENERALIDADES</b>	
<i>Tabla 1.1: Valores para <math>z\alpha</math> para diferentes niveles de confianza.....</i>	9
<i>Tabla 1.2: Valores de <math>z\beta</math> para diferentes niveles de poder estadístico.....</i>	10
<i>Tabla 1.3: Requisitos de granulometría para agregado fino .....</i>	12
<i>Tabla 1.4: Requisitos de granulometría para agregado grueso.....</i>	13
<i>Tabla 1.5: Clasificación del agregado fino por su módulo de finura.....</i>	13
<i>Tabla 1.6: Clasificación por su densidad.....</i>	13
<i>Tabla 1.7: Variación Permisible de las Dimensiones.....</i>	14
<i>Tabla 1.8: Espesores mínimos de las caras y tabiques de las unidades de mampostería de concreto .....</i>	14
<i>Tabla 1.9: Requerimientos de absorción.....</i>	15
<i>Tabla 1.10: Resistencia Mínima a Compresión.....</i>	15
<b>CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL</b>	
<i>Tabla 2.1: Normas Nacionales .....</i>	29
<i>Tabla 2.2: Normas ASTM.....</i>	30
<i>Tabla 2.3: Límites de la granulometría para agregado fino según especificaciones de ASTM C 33 .....</i>	38
<i>Tabla 2.4: Rangos de clasificación del agregado fino según el módulo de Finura .....</i>	38
<i>Tabla 2.5: Factor estadístico <math>t</math>.....</i>	42
<i>Tabla 2.6: Razón Agua/Cemento para Resistencia Media Requerida.....</i>	43
<i>Tabla 2.7: Máxima razón W/C en casos de exposición severa.....</i>	43
<i>Tabla 2.8: Máxima razón W/C en casos de exposición severa (ACI).....</i>	44

<i>Tabla 2.9: Asentamientos de Cono Recomendados según Tipo de Estructura y Técnica de Construcción</i> .....	45
<i>Tabla 2.10: Elección del equipo de compactación</i> .....	45
<i>Tabla 2.11: Tamaño Maximo Recomendado (mm) en funcion de la Dimencion Miniman de la Seccion</i> .....	47
<i>Tabla 2.12: Volumen Estimado de agua Libre de Amasado (Litros)</i> .....	47
<i>Tabla 2.13: Dosis de agua libre aproximada requerida para varios niveles de Trabajabilidad (Método Ingles 1988 modificado por DICTUC)</i> .....	48
<i>Tabla 2.14: Dosis mínima de cemento</i> .....	49
<i>Tabla 2.15: Aire promedio atrapado</i> .....	50
<i>Tabla 2.16: Requerimientos de absorción</i> .....	58
<i>Tabla 2.17: Resistencia mínima a compresión</i> .....	58
<i>Tabla 2.18: Medidas nominales de las unidades de mampostería de concreto</i> .....	59
<i>Tabla 2.19: Medidas estándar o de fabricación de las unidades de mampostería de concreto</i> ..	60
<i>Tabla 2.20: Espesores mínimos de las caras y tabiques de las unidades de mampostería de concreto</i> .....	60

### **CAPITULO III: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES Y**

#### **DISEÑO DE MEZCLA**

<i>Tabla 3.1: Ensayo para el estudio preliminar de los agregados</i> .....	62
<i>Tabla 3. 2 Capacidad del medidor para prueba peso unitario suelto y peso unitario varillado</i> . 63	
<i>Tabla 3.3: Peso mínimo de muestra de ensayo según tamaño nominal de agregado</i> .....	79
<i>Tabla 3.4: Requisitos de granulometría para agregado fino</i> .....	83
<i>Tabla 3.5: Requisitos de granulometría para agregado grueso</i> .....	83
<i>Tabla 3.6: Modulo de finura</i> .....	84



<i>Tabla 3.7: Especificaciones granulométricas de agregados combinados usado para diseño de mezclas en el método. ....</i>	<i>84</i>
--	-----------

**CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO**

<i>Tabla 5.1: Resistencia a la compresión de unidades de mampostería a los 28 días. ....</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 5.2: Peso volumétrico de unidades de mampostería. ....</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 5.3: Absorción de unidades de mampostería.....</i>	<i>173</i>
<i>Tabla 5.4: IRA de unidades de mampostería.....</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 5.5: Recomendaciones para diferentes valores de IRA.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 5.6: Conductividad térmica de unidades de mampostería. ....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 5.7: Resistencia térmica total de unidades de mampostería. ....</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 5.8: Resistencia térmica por unidad de área de unidades de mampostería. ....</i>	<i>179</i>
<i>Tabla 5.9: Diferencia bruta de decibeles en unidades de mampostería.....</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 5.10: Porcentaje de absorción acústica en unidades de mampostería.....</i>	<i>182</i>
<i>Tabla 5.11: Resistencia acústica de unidades de mampostería.....</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 5.12: STC para unidades de mampostería. ....</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 5.13: Costo unitario de unidades de mampostería con precio de PET.....</i>	<i>186</i>
<i>Tabla 5.14: Costo unitario de unidades de mampostería sin precio de PET. ....</i>	<i>187</i>
<i>Tabla 5.15: Coeficiente de permeabilidad de unidades de mampostería.....</i>	<i>190</i>
<i>Tabla 5.16: Clasificación según coeficiente de permeabilidad de unidades de mampostería. .</i>	<i>190</i>
<i>Tabla 5.17: Resistencia al fuego de unidades de mampostería.....</i>	<i>193</i>
<i>Tabla 5.18: Resistencia al fuego de las construcciones de mampostería de hormigón.....</i>	<i>193</i>

## ÍNDICE DE GRAFICAS

Contenido	No de Pág.
<b><i>CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO</i></b>	
<i>Grafica 5.1:</i> Resistencia a la compresión de unidades de mampostería.....	169
<i>Grafica 5.2:</i> Peso volumétrico de unidades de mampostería.....	171
<i>Grafica 5.3:</i> Absorción de unidades de mampostería.....	173
<i>Grafica 5.4:</i> IRA de unidades de mampostería.....	175
<i>Grafica 5.5:</i> Conductividad térmica de unidades de mampostería.....	177
<i>Grafica 5.6:</i> Resistencia térmica total de unidades de mampostería. ....	178
<i>Grafica 5.7</i> Resistencia térmica por unidad de área de unidades de mampostería.....	179
<i>Grafica 5.8:</i> Diferencia bruta de decibeles en unidades de mampostería.....	181
<i>Grafica 5.9</i> Porcentaje de absorción acústica en unidades de mampostería.....	182
<i>Grafica 5.10:</i> Resistencia acústica de unidades de mampostería .....	183
<i>Grafica 5.11:</i> STC para unidades de mampostería.....	184
<i>Grafica 5.12:</i> Costo unitario de unidades de mampostería con precio de PET.....	186
<i>Grafica 5.13:</i> Costo unitario de unidades de mampostería sin precio de PET.....	187

# ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Contenido</b>	<b>No de Pág.</b>
<b><i>CAPITULO III: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES Y DISEÑO DE MEZCLA</i></b>	
<i>Fotografías 3.1:</i> Procedimiento para el ensayo del peso unitario varillado o compactado en agregados .....	66
<i>Fotografías 3.2</i> Procedimiento para la elaboración del ensayo de gravedad específica del agregado fino por el método del picnómetro .....	79
<i>Fotografías 3.3:</i> Procedimiento de las pruebas de granulometría .....	88
<b><i>CAPITULO IV: FABRICACIÓN Y ENSAYOS DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO</i></b>	
<i>Fotografía 4.1:</i> Procedimiento de la dosificación y mezclado .....	109
<i>Fotografía 4.2:</i> Procedimiento del moldeado y vibro compactación en la fabricación de las unidades de mampostería.....	110
<i>Fotografía 4.3:</i> Procedimiento del curado de las unidades de mampostería .....	111
<i>Fotografías 4.4</i> Procedimiento del ensayo de compresión de las unidades de mampostería de concreto y unidades de mampostería de concreto con PET .....	115
<i>Fotografías 4.5</i> procedimiento del ensayo de absorción de las unidades de mampostería de concreto y unidades de mampostería de concreto con PET .....	116
<i>Fotografías 4.6:</i> Procedimiento para el ensayo de resistencia térmica de las unidades de mampostería de concreto .....	143
<i>Fotografías 4.7:</i> Procedimiento para el ensayo de absorción acústica de unidades de mampostería.....	153

# ÍNDICE DE ECUACIONES

Contenido	No de Pág.
<b><i>CAPITULO I: GENERALIDADES</i></b>	
<i>Ecuación 1.1:</i> Coeficiente de correlación lineal de Pearson.....	9
<b><i>CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL</i></b>	
<i>Ecuación 2.1:</i> Resistencia media de dosificación.....	41
<i>Ecuación 2.2:</i> Dosis de agua libre para diferentes tipos de agregados .....	49
<i>Ecuación 2.3:</i> Dosis de cemento.....	49
<i>Ecuación 2.4:</i> Densidad estimada del hormigón fresco totalmente compactado.....	51
<i>Ecuación 2.5:</i> Dosis de áridos total combinados .....	51
<b><i>CAPITULO III: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES Y DISEÑO DE MEZCLA</i></b>	
<i>Ecuación 3.1:</i> Peso unitario suelto varillado .....	64
<i>Ecuación 3.2:</i> Peso unitario suelto varillado .....	66
<i>Ecuación: 3.3:</i> Porcentaje de absorción del agregado fino y grueso.....	76
<i>Ecuación 3.4:</i> Gravedad específica en masa (Agregado seco).....	77
<i>Ecuación 3.5:</i> Gravedad específica en masa (Agregado saturado superficialmente seco).....	77
<i>Ecuación 3.6:</i> Gravedad específica del agregado fino por el Método del Picnómetro.....	78
<i>Ecuación 3.7:</i> Modulo de finura para agregado fino .....	88
<i>Ecuación 3.8:</i> Selección de tamaño máximo de agregado.....	97

***CAPITULO IV: FABRICACIÓN Y ENSAYOS DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE  
CONCRETO***

<i>Ecuación 4.1: Resistencia a la compresión.....</i>	<i>114</i>
<i>Ecuación 4.2: Porcentaje de absorción.....</i>	<i>114</i>
<i>Ecuación 4.3: Contenido de humedad.....</i>	<i>114</i>
<i>Ecuación 4.4: Transferencia de calor por convección.....</i>	<i>139</i>
<i>Ecuación 4.5: Coeficiente de conducción de calor a través de la pared de la unidad de mampostería concreto y de los extremos paralelos al flujo de calor.....</i>	<i>140</i>
<i>Ecuación 4.6: Coeficiente de conducción de calor a través de los extremos paralelos al flujo de calor .....</i>	<i>141</i>
<i>Ecuación 4.7: Coeficiente de conducción de calor medio a través de los extremos paralelos al flujo de calor .....</i>	<i>141</i>
<i>Ecuación 4.8: Resistencia térmica de las paredes solidas .....</i>	<i>142</i>
<i>Ecuación 4.9: Resistencia térmica para las cavidades y los extremos expuesto y externos de la unidad de mampostería de concreto.....</i>	<i>142</i>
<i>Ecuación 4.10: Resistencia térmica en paralelo .....</i>	<i>142</i>
<i>Ecuación 4.11: Diferencia bruta de decibles .....</i>	<i>151</i>
<i>Ecuación 4.12: Porcentaje de absorción decibles.....</i>	<i>151</i>
<i>Ecuación 4.13: Resistencia de absorción decibles.....</i>	<i>152</i>
<i>Ecuación 4.14: Índice de número único mediante el cual se cuantifica el aislamiento acústico proporcionado por una partición.....</i>	<i>152</i>
<i>Ecuación 4.15: Medición de la tasa inicial de absorción (IRA) .....</i>	<i>161</i>
<i>Ecuación 4.16: Medición de la tasa inicial de absorción (IRA) para más de un ensayo .....</i>	<i>161</i>
<i>Ecuación 4.17: Medición de la tasa inicial de absorción (IRA) promedio para “n” ensayos....</i>	<i>162</i>

*Ecuación 4.18:* Cálculo de la tasa inicial de absorción (IRA) ..... 162

***CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO***

*Ecuación 5.1:* Coeficiente de permeabilidad.....

*Ecuación 5.2:* Resistencia al fuego para unidades de mampostería con peso normal. .... 191

*Ecuación 5.3:* Resistencia al fuego para unidades de mampostería con peso liviano o semiliviano  
..... 191

*Ecuación 5.4:* Resistencia al fuego de los tabiques formados por múltiples paneles (Huecos) 192

**ÍNDICE DE FIGURA**

**Contenido** **No de Pág.**

***CAPITULO I: GENERALIDADES***

*Figura 1.1:* Diagrama Metodológico para la operativización. .... 18

***CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL***

*Figura 2.1:* Factor estadístico para un nivel de confianza..... 42

*Figura 2.2:* Densidad estimada del hormigón fresco totalmente compactado a partir de la dosis  
de agua y densidad real de los áridos (BS 1988) ..... 50

## INTRODUCCION

El presente documento plantea una propuesta de fabricación de unidades de mampostería de concreto, usando el plástico de baja densidad (PET) como material de reciclaje en sustitución de 2.5% 5.0%, 7.5% y 10% de agregado global.

La idea de utilizar un material de reciclaje surge de la problemática que se da debido a las grandes cantidades de plástico que se genera sin darle un tratamiento adecuado.

La solución más práctica por parte de las Alcaldías Municipales en lo relativo a la disposición final de residuos, es llevarlos a los botaderos municipales, botaderos a cielo abierto; considerando que los camiones de basura, recolectan una parte de los residuos y existe una cantidad de residuos casi igual que se vierte incontroladamente en basureros clandestinos, o quemándolos deteriorando gravemente el medio ambiente, con los riesgos sanitarios consecuentes.

Debido a eso existe un gran auge por la conservación del medio ambiente pues hay una gran cantidad de materiales que pueden ser reutilizados por diferentes métodos de reciclaje uno de ellos es utilizándolos como sustitutos de agregados en la construcción, puesto que los recursos naturales suelen agotarse con el paso del tiempo.

Es por ello la necesidad de buscar alternativas de reciclaje y sobre todo dentro de un gran campo que es la construcción, la misma que con el tiempo y el avance de la tecnología, exige la necesidad de investigar nuevas posibilidades que permitan obtener materiales innovadores que favorezcan las propiedades de la estructura y qué mejor de

una manera que ayuden con el control ambiental al elaborar unidades de mampostería de concreto con propiedades ventajosas.

Las unidades de mampostería de concreto se fabricaron bajo los estándares que la ASTM establece: compresión, absorción y peso volumétrico (densidad).

De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos de granulometría, peso volumétrico y gravedad específica, se propuso un diseño de mezcla usando el método inglés verificando que se cumpla con los estándares que la ASTM establece, este diseño de mezcla se usó como base para fabricar las unidades de mampostería de concreto y sirvió para ir realizando la sustitución del material de reciclaje propuesto en sus diferentes porcentajes.

El procedimiento para la fabricación de las unidades de mampostería de concreto se realizó de forma mecánica utilizando una prensa hidráulica, las dimensiones son de 10 cm x 20 cm x 40 cm, ya que en nuestro país es la medida más usada para viviendas tipo de interés social según la Unidad de Investigación y Normas de Urbanización y Construcción – Viceministerio de Viviendas y Desarrollo Urbano (VMVDU).

Para el estudio de las características térmicas y acústicas de las unidades de mampostería de concreto se realizaron las pruebas de resistencia térmica y acústica estos ensayos se realizaron con un método alterno el cual consiste en utilizar instrumento de recolección de datos que se programará un determinado tiempo el cual se obtendrá de forma experimental para luego pasar al procesamiento de datos.



# **CAPITULO I:**

## **GENERALIDADES**

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La evolución de los materiales constructivos nace con el fin de mejorar la calidad de vida del hombre, las unidades de mampostería de concreto en la actualidad son uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción para satisfacer las necesidades y exigencias de la humanidad y desarrollar métodos constructivos más eficaces.

Las unidades de mampostería de concreto en las últimas dos décadas, experimentan un importante crecimiento en la industria ya que ha venido a mejorar y facilitar los procesos constructivos, además de reducir en tiempo, mano de obra y costo.

Las unidades de mampostería de concreto son cada vez más requeridas, ya que ofrecen una ventaja interesante: sus paramentos son lisos, lo que requiere un bajo espesor de revoque para su terminación. Además, garantizan rapidez en la ejecución de la obra, ya que para completar un metro cuadrado de muro se necesitan sólo 12.5 Unidades de mampostería de concreto.

Debido a esto se buscaron nuevas alternativas en la fabricación de unidades de mampostería de concreto ya que existe una gran demanda, es por ello que surge la necesidad de investigar nuevas posibilidades que permitan obtener materiales innovadores como lo son las unidades de mampostería de concreto con materiales de reciclaje que ayuden a la disminución de transmisión térmica y acústica.

En El Salvador, la generación de residuos plásticos ha ido aumentando debido a la gran cantidad de productos que se consumen, según el Ministerio de Medio Ambiente y recursos Naturales (MARN) en los últimos 5 años se han generado más de 500 mil toneladas de desecho plástico, del cual solo se logra reciclar 1 mil 193 toneladas gracias al Programa Nacional de Recuperación y Reciclaje de Plástico, sin embargo, esta cifra es bien poca comparada con la cantidad de desecho plástico que se produce.

Es por ello que la investigación está enfocada en estudiar el comportamiento térmico y acústico de las unidades de mampostería con un material de reciclaje como lo es el plástico de baja densidad (PET), que fue utilizado como materia prima en la elaboración de unidades de mampostería de concreto, utilizándolo en porcentajes de sustitución de agregado global haciendo una mejora en la industria de la construcción.

Además, los agregados le proporcionan la consistencia adecuada para que este obtenga ciertas propiedades las cuales varían según el tipo de material empleado y debido a los problemas de calentamiento global se está tratando de encontrar un material novedoso que sea adecuado para ayudar a minimizar el calor y sonido, es por ello que se propone utilizar el PET como un material que ayude a reducir la transferencia de calor y sonido.

## **1.2 JUSTIFICACION**

Las unidades de mampostería de concreto fueron introducidas en El Salvador hace más de 50 años y desde entonces es el más utilizado en la construcción de viviendas principalmente debido a la rapidez y economía de su proceso constructivo, así como por su comportamiento estructural.

El propósito fundamental de la investigación es la fabricación de unidades de mampostería de concreto con un material no convencional, como lo es el plástico de baja densidad (PET) reciclado como porcentaje de agregado global, con el propósito de disminuir propiedades térmicas y acústicas, que además tengan características geométricas tradicionales que permita la construcción modular y al mismo tiempo faciliten el trabajo constructivo.

Las unidades de mampostería de concreto a fabricar serán de 10cmx20cmx40cm ya que en El Salvador son los más utilizados en la construcción de paredes exteriores y de cargas en viviendas tipo de interés social.

Al elaborar las unidades de mampostería de concreto con el material de reciclaje sustituyendo este por porcentaje de agregado global se pretende desarrollar una nueva opción, podemos decir que se generará un avance investigativo que favorecerá en el ámbito de la construcción de viviendas.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL:**

- ✓ Estudiar las propiedades térmicas y acústicas de las unidades de mampostería de concreto utilizando un material de reciclaje en porcentajes de sustitución del agregado global, fabricados bajo los estándares de la ASTM C90.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ✓ Utilizar plástico de baja densidad (PET) como sustituto de agregado global en la fabricación de unidades de mampostería de concreto.
- ✓ Proponer un diseño de mezcla base para luego sustituir 2.5%, 5.0%, 7.5% y 10% del PET en sustitución de agregado global como nuevo material de construcción en la fabricación de unidades de mampostería de concreto.
- ✓ Evaluar los resultados obtenidos en las pruebas mecánicas, térmicas y acústicas de las unidades de mampostería de concreto.
- ✓ Analizar los resultados obtenidos en las pruebas mecánicas, térmicas y acústicas de las unidades de mampostería de concreto base y las unidades utilizando los diferentes porcentajes del material de reciclaje en sustitución de agregado global.

## **1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.4.1 ALCANCES**

- ✓ Se propone utilizar plástico de baja densidad (PET) como sustituto de agregado global en la fabricación de unidades de mampostería de concreto.
- ✓ Las pruebas que se planean realizar son: granulometría de agregados, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso y fino, contenido de humedad total del agregado por secado, resistencia a la compresión, y absorción de unidades de mampostería de concreto, ensayo de resistencia acústica por método alternativo, ensayo de resistencia térmica por método alternativo.
- ✓ Las pruebas de materiales antes mencionadas son las que se pueden realizar en el laboratorio de la Universidad de El Salvador FMO y laboratorio de la Empresa M Z Consultores S.A de C.V.
- ✓ Se realizará un diseño de mezcla base y luego sustituir con el 2.5%, 5.0%, 7.5% y 10% del agregado global con plástico de baja densidad (PET) para la fabricación de unidades de mampostería de concreto.

- ✓ Se propondrá aplicar partículas con plástico de baja densidad (PET) en la fabricación de unidades de mampostería de concreto, como aislante térmico y acústico.
- ✓ Analizar la resistencia térmica en las unidades de mampostería de concreto exponiendo uno de sus lados a una fuente de calor por el método de conducción en régimen estacionario.
- ✓ Analizar la resistencia acústica en las unidades de mampostería de concreto exponiendo uno de sus lados a una fuente de sonido rosa.

#### **1.4.2 LIMITACIONES**

- ✓ En el país no se cuenta con el equipo para las pruebas de resistencia térmica y acústica especificadas por la ASTM por lo que se usara un método alternativo propuesto en la metodología.
- ✓ Se ensayarán solamente unidades de mampostería de concreto enteras sin celdas llenas.

## **1.5 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

### **1.5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

**Esta investigación es de tipo exploratoria, que consiste en** “Examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes.”<sup>1</sup>

**La investigación consiste en estudiar** las propiedades físicas, térmicas y acústicas de las unidades de mampostería de concreto, utilizando material de reciclaje en sustitución de agregado global. El material de reciclaje que se utilizará será plástico de baja densidad (PET).

No se cuentan con mayores recursos con respecto a la información, por lo que se apoyó en estudios internacionales con respecto al tema.

### **1.5.2 MÉTODO DE MUESTREO**

Para determinar los porcentajes idóneos a utilizar de sustitución de PET en las unidades de mampostería de concreto, se realizó un estudio previo haciendo un diseño de mezcla que cumpla con los estándares que la ASTM C90 establece tomando este como base en el cual se sustituyó un 10%, 20% y 30% de PET en el agregado global los cuales se ensayaron a los siete días de fabricados para verificar si su resistencia estaba dentro de los rangos permisibles de acuerdo a la ASTM donde debe tener por lo menos el 70% de

---

<sup>1</sup> Roberto Hernandez Sampieri, Metodología de la Investigación, Mc Graw Hill/ Interamericana editores SA DE CV, Quinta Edición 2010



su resistencia y así determinar los porcentajes a utilizar. Además, se realizaron ensayos de resistencia térmica y acústica que sirvieron para determinar el número de unidades a ensayar para las diferentes pruebas (compresión, absorción, peso volumétrico, resistencia térmica y acústica) estas serán determinara por la ecuación del coeficiente de correlación lineal de Pearson.

**Ecuación 1.1:** *Coeficiente de correlación lineal de Pearson.*

$$n = \left[ \frac{z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta}}{\frac{1}{2} \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right)} \right]^2 + 3$$

**Fuente:** *Revista didáctica ambiental, editada por INVESTEA y Didáctica ambiental, S.L.*

Dónde:

n: Es el número de muestras

r: Es la magnitud de la correlación que se desea detectar

$z_{1-\alpha/2}$ : Es la seguridad con la que se desea trabajar, generalmente se trabaja con el 95% ( $\alpha = 0.05$ ). Ver Tabla 1.1

$z_{1-\beta}$ : Poder estadístico que se requiere para el estudio. Ver Tabla 1.2

**Tabla 1.1:** *Valores para  $z_{\alpha}$  para diferentes niveles de confianza.*

A	Nivel de confianza (1- $\alpha$ ) (%)	$z_{\alpha}$
0.050	95.0	1.960
0.025	97.5	2.240
0.010	99.0	2.576

**Fuente:** *Revista didáctica ambiental, editada por INVESTEA y Didáctica ambiental, S.L*

**Tabla 1.2:** Valores de  $z_{\beta}$  para diferentes niveles de poder estadístico

$\beta$	Poder estadístico (1- $\beta$ ) (%)	$z_{\beta}$
0.20	80.0	0.842
0.15	85.0	1.036
0.10	90.0	1.282

**Fuente:** Revista didáctica ambiental, editada por INVESTEA y Didáctica ambiental, S.L

### **1.5.3 DISEÑO DEL ESTUDIO.**

El desarrollo de la investigación es una combinación de campo y laboratorio.

#### **1.5.3.1 TRABAJO DE CAMPO.**

##### **1- Fabricación de unidades de mampostería de concreto base:**

Se realizaron unidades de mampostería de concreto con el diseño de mezcla base por el método inglés que cumpliera con los parámetros de la ASTM C90, las dimensiones de dichas unidades fueron de 10cmx20cmx40cm, determinando sus características por medio de pruebas de laboratorio para luego sustituir diferentes porcentajes de material de reciclaje.

##### **2- Selección de materiales pétreos:**

Se determinó el lugar donde se obtendrán los materiales a utilizarse en la investigación, siendo estos:

- ✓ Agregado fino, su lugar de procedencia Rio Lempa, Usulután.
- ✓ Agregado grueso, su lugar de procedencia cantera Sinaí Aramuaca, San Miguel

### **3- Selección de materiales de reciclaje:**

El material de reciclaje plástico de baja densidad (PET) utilizado fue obtenido mediante recolección propia en la empresa Iberplastic ubicado en el departamento de La Libertad.

### **4- Obtención del material cementante:**

Se utilizó cemento portland tipo I que fue obtenido en la ferretería Gracias a Dios ubicada en el Transito, San Miguel

### **5- Fabricación de unidades de mampostería de concreto con el material reciclado en sustitución de agregado global:**

Las unidades de mampostería de concreto se elaboraron en la fábrica “El Ingenio” que cuenta con una prensa hidráulica, ubicada en Cantón El Jute, San Miguel.

### **6- Curado de las unidades de mampostería de concreto:**

Para el proceso de curado de las unidades de mampostería de concreto se tuvo el cuidado que no estuvieran expuestos directamente al sol, el curado de las unidades de mampostería tuvo una duración de 7 días el cual consistió en rociarles agua en las mañanas para evitar que la pérdida de humedad sea demasiado rápida ya que esto podía inferir en la resistencia, se esperaron 28 días para poder realizar los ensayos.

### 1.5.3.2 TRABAJO EXPERIMENTAL O DE LABORATORIO

#### 1- Determinación de las propiedades mecánicas, térmicas y acústicas de las unidades de mampostería de concreto base:

Se realizó un diseño de mezcla el cual serviría para la elaboración de las unidades de mampostería de concreto base a los cuales se les realizó las pruebas de compresión, absorción y peso volumétrico según los estándares establecidos en la ASTM C90, además se les realizó las pruebas de resistencia térmica y acústica.

#### 2- Propiedades índices de los agregados

- ✓ Gravedad específica y absorción de agregados. (ASTM C 127, 128, 566)

Pruebas que se realizaron en el laboratorio de suelos y materiales de la UES-FMO.

- ✓ Granulometría De Agregados Para Concreto (A.S.T.M. C-136)
- ✓ Especificación estándar para agregados de concreto (ASTM C 33)

**Tabla 1.3:** *Requisitos de granulometría para agregado fino*

Tamaño de la malla	Porcentaje que pasa en peso
9.52mm. (3/8)	100
4.75mm.(N°4)	95 a 100
2.36mm.(N°8)	80 a 100
1.18mm.(N°16)	50 a 85
0.60mm.(N°30)	25 a 60
0.30mm.(N°50)	10 a 30
0.15mm.(N°100)	2 a 10

**Fuente:** *ASTM C33*

**Tabla 1.4:** *Requisitos de granulometría para agregado grueso*

Tamaño de la malla	Porcentaje que pasa en peso
9.51 mm. (3/8")	85-100
4.76 mm.(N°4)	10-30
2.38 mm.(N° 8)	0-10
1.19 mm.(N°16)	0-5

**Fuente:** *ASTM C33*

**Tabla 1.5:** *Clasificación del agregado fino por su módulo de finura*

Módulo de finura	Clasificación
Menor que 2.0	Muy fina
2.0 – 2.3	Fina
2.3 – 2.6	Medianamente fina
2.6 – 2.9	Mediana
2.9 – 3.2	Medianamente gruesa
3.2 – 3.5	Gruesa
Mayor que 3.5	Muy gruesa

**Fuente:** *ASTM C33*

### 3- Propiedades mecánicas de las unidades de mampostería de concreto

- ✓ Método de ensayo para la muestreo y ensayo de unidades de mampostería y unidades relacionadas (ASTM C 140)
- ✓ Especificación estándar de resistencia a la compresión, absorción y peso volumétrico de unidades de mampostería de concreto. (ASTM C 90)

### Clasificación de las unidades de mampostería de concreto por densidad

**Tabla 1.6:** *Clasificación por su densidad*

Clasificación por densidad	Densidad de Concreto secado en horno, lb/pie <sup>3</sup> (Kg/m <sup>3</sup> )
	Promedio de 3 unidades
Peso ligero	Menos de 105 (1680)
Peso medio	De 105 a menos de 125 (1680-2000)
Peso normal	Más de 125 (2000)

**Fuente:** *ASTM C 90.*

**Variación Permisible de las dimensiones de las unidades de mampostería de concreto**

**Tabla 1.7: Variación Permisible de las Dimensiones**

Dimensiones	Variación permisible
Ancho	±3.2 mm (1/8 pulg)
Altura	±3.2 mm (1/8 pulg)
Longitud	±3.2 mm (1/8 pulg)

**Fuente: ASTM C 90**

**Espesor Mínimo de Caras y Tabiques<sup>A</sup>**

**Tabla 1.8: Espesores mínimos de las caras y tabiques de las unidades de mampostería de concreto**

Ancho nominal (W) de la Unidad, Pulg (mm)	Espesor de la Cara (t <sub>fs</sub> ), min, pulg (mm) <sup>B,C</sup>	Espesor del Tabique (t <sub>w</sub> )	
		Tabique <sup>B,D,C</sup> , min, pulg (mm)	Espesor de Tabique equivalente, min, pulg/pie lineal <sup>E</sup> (mm/m lineal)
3 (76.2) y 4 (102)	¾ (19)	¾ (19)	1 5/8 (136)
6 (152)	1 (25)	1 (25)	2 ¼ (188)
8 (203)	1 ¼ (32)	1 (25)	2 ¼ (188)
10 (254) y mayores	1 ¼ (32)	1 1/8 (29)	2 1/2 (209)

**Fuente: ASTM C 90**

A: Promedio de las mediciones de 3 unidades, tomadas en el punto más delgado, como se describe en el Método de Ensayo C140.

B: Cuando estas especificaciones sean usadas para unidades de cara texturizada, un máximo del 10% del área de la superficie texturizada es permitido que tenga un espesor menor al mostrado, pero no menos de 3/4 pulg (19.1mm).

Cuando las unidades deban ser llenadas con grout, el límite del 10% no aplica, y la nota C establece un requisito de espesor para toda la cara.

C: Cuando las unidades deban ser llenadas con grout, el espesor mínimo de la cara y del espesor del tabique no deberá ser inferior a 5/8 pulg (16 mm).

D: El mínimo espesor de tabique para unidades con tabiques menores de 1 pulg (25.4mm) de separación, deberá ser de 3/4pulg (19.1mm).

E: El espesor equivalente del tabique no se aplica a la porción de la unidad que será llenada con grout. La longitud de esa porción deberá ser deducida de toda la longitud de la unidad para los cálculos del espesor equivalente del tabique.

### Requerimientos de Absorción

**Tabla 1.9:** *Requerimientos de absorción*

Clasificación por Densidad	Absorción Máxima de agua, lb/ pie <sup>3</sup> (Kg/m <sup>3</sup> )	
	Promedio de 3 unidades	Unidades individuales
Peso ligero	188 (288)	20 (320)
Peso medio	15 (240)	17 (272)
Peso normal	13 (208)	15 (240)

Fuente: *ASTM C 90*

### Resistencia Mínima a Compresión

**Tabla 1.10:** *Resistencia Mínima a Compresión*

Clasificación por densidad	Resistencia Mínima a Compresión Área Neta, lb/pulg <sup>2</sup> (MPa)	
	Promedio de 3 unidades	Unidades individuales
Peso ligero	1900 (13.1)	1700 (11.7)
Peso medio	1900 (13.1)	1700 (11.7)
Peso normal	1900 (13.1)	1700 (11.7)

Fuente: *ASTM C90*

### 4- Resistencia térmica y acústica en unidades de mampostería de concreto

La experiencia con este tipo de investigaciones en el país es nula, por lo tanto, no había parámetros para ser usados al realizar estas pruebas.

Existen reglamentos ASTM que regulan este tipo de ensayos, tales como:

- ✓ **Método de prueba estándar para mediciones de flujos térmicos en estado estacionario y propiedades de transmisión térmicas por medio del aparato placa caliente guardada. (ASTM C 177-97)**
- ✓ **Método de prueba estándar para la impedancia y absorción de materiales acústicos usando un tubo, dos micrófonos y un sistema de análisis de frecuencia digital. (ASTM E 1050-98)**

Pero en el país no se cuenta con el equipo para realizar las pruebas en base a estas normas por lo tanto se usará un método alternativo (Ver Anexo 2)

## **1.5.4 UNIVERSO POBLACION Y MUESTRA**

### **1.5.4.1 PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS DE LOS MATERIALES**

A los materiales pétreos se les realizo las siguientes pruebas:

- ✓ Granulometría al agregado fino y grueso el cual se tomó una muestra 0.50 kg para cada una de las muestras
- ✓ Peso volumétrico para esta prueba se tomó un total de 6 kg
- ✓ Gravedad específica para esta prueba se tomó un total 8 kg



### **1.5.4.2 UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO DE ENSAYO.**

Las unidades de mampostería de concreto que se fabricaron se les realizo los ensayos que la ASTM establece además de los ensayos para determinar resistencia térmica y acústica:

✓ **Compresión:**

A los 7 días: se les realizo la prueba a un total de 25 Unidades

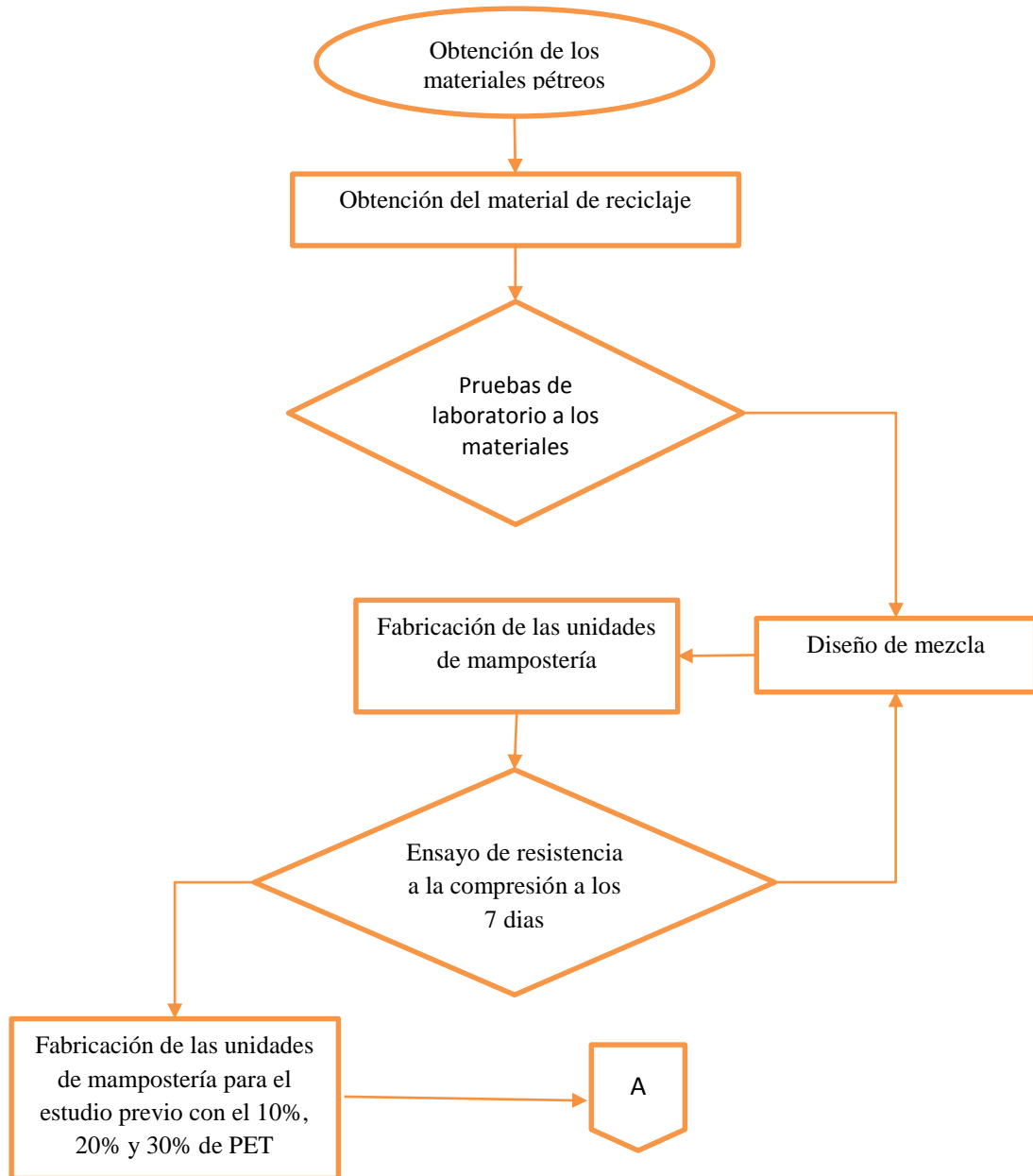
A los 14 días: se les realizo la prueba a un total de 25 Unidades

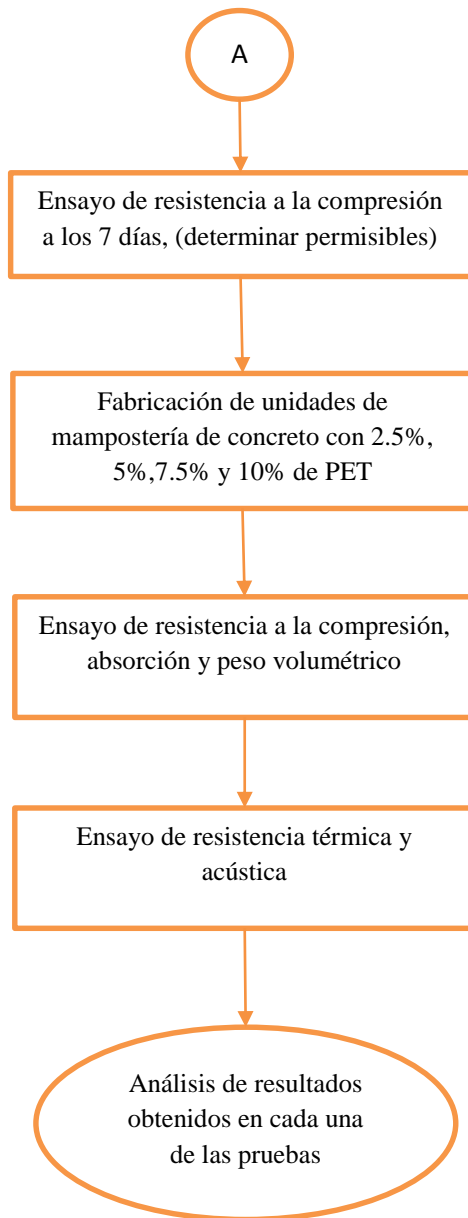
A los 28 días: se les realizo la prueba a un total de 25 Unidades

✓ **Absorción, peso volumétrico (densidad), resistencia térmica y acústica:** para estas pruebas se utilizó un total de 25 unidades. En las cuales para cada uno de los ensayos se utilizó la misma muestra.

## 1.5.5 DIAGRAMA METODOLOGICO

Figura 1.1: Diagrama Metodológico para la operativización.





**Fuente:** *Elaboración propia*

## **1.5.6 INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR DATOS DE INVESTIGACIÓN**

Los resultados del proyecto fueron obtenidos en el laboratorio y campo, su clasificación en función al lugar de recolección de datos es la siguiente:

### **Campo**

Consistió en obtener los materiales pétreos y de reciclaje PET, fabricación de las unidades de mampostería de concreto base y con sus respectivas sustituciones de PET en sus diferentes porcentajes 2,5%, 5%, 7.5% y 10% y el curado de las unidades de mampostería de concreto.

### **Laboratorio**

Consistió en la determinación de las propiedades mecánicas, térmicas y acústicas de las unidades de mampostería de concreto base y con sus respectivas sustituciones de PET en sus diferentes porcentajes 2,5%, 5%, 7.5% y 10%.

Consistió en realizar un diseño de mezcla que cumpliera con los estándares que la ASTM exige el cual sirvió como unidades de mampostería de concreto base para posteriormente realizar las respectivas sustituciones de PET en sus diferentes porcentajes 2,5%, 5%, 7.5% y 10%: a los cuales se les realizó los ensayos de compresión, absorción y peso volumétrico según los estándares que la ASTM C90 establece, además se les realizó los ensayos de resistencia térmica y acústica.

# **CAPITULO II:**

## **MARCO REFERENCIAL**

## **2.1 MARCO HISTORICO**

### **2.1.1 ANTECEDENTES DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

Los inicios de la industria manufacturera con la fabricación de unidades de mampostería de concreto se remontan al uso del adobe, como material estructural de mampostería, cuyos antecedentes se encuentran aproximadamente 4,000 A.C., en la Isla de Creta, Mesopotámica, Egipto y el Valle Indo. En América los primeros orígenes del uso de este material se encontraron en Perú, México y Centroamérica.

Durante mucho tiempo el adobe fue utilizado en construcciones urbanas de un piso, hasta que a inicios del siglo XIX en Inglaterra se origina uno de los grandes avances en el campo de la construcción, la fabricación de unidades de mampostería de concreto; estos eran sólidos y sumamente pesados en los que se utilizaba la cal como material cementante. La introducción del cemento Portland y su uso intensivo, abrió nuevos horizontes a este sector de la industria. A principios del siglo XX aparecieron las primeras unidades de mampostería de concreto hueco para muros; la ligereza de estas nuevas unidades significa por sus múltiples ventajas, un gran avance para el área de la construcción en relación a etapas anteriores.

La producción de las unidades de mampostería de concreto se expande a pesar de su costo, ya que permite construir cerramientos en menor tiempo y con mínimo mantenimiento.

Las unidades de mampostería de concreto llegaron en muy buen momento a sustituir el bloque de adobe y el ladrillo, ya que era un material de construcción más versátil para las estructuras de mampostería confinada y reforzada.

A nivel mundial las unidades de mampostería de concreto como tal han ido evolucionando a pasos gigantescos desde un sistema artesanal constructivo hasta los que se pueden ensamblar como si fueran piezas de lego, y se podría decir que la variación se ha dado también al sustituir parte de sus agregados para ir mejorando cada unidad de mampostería de concreto.

En esta investigación se pretende innovar al agregar un material diferente como sustituto en porcentaje del agregado global al utilizar PET para ir mejorando las unidades de mampostería de concreto hasta llegar a obtener una unidad que logre reducir calor y sonido.

## **2.1.2 INVESTIGACIONES SOBRE EL USO DEL PET EN APLICACIONES DE INGENIERIA**

### **1. “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD BLOQUES DE HORMIGÓN CON AGREGADO DE RESIDUO PLÁSTICO ABS”**

#### **Autores:**

- ✓ Emmanuel García De Los Santos
- ✓ Benito Morantín Ventura
- ✓ Melissa Martínez Mateo
- ✓ Fannelly Ortiz
- ✓ Arleen Nina Pérez
- ✓ Iyeisys Escorbores
- ✓ Aries Mejía Suero
- ✓ Irving Roberto Félix
- ✓ Alvin Olivo Núñez

Instituto Tecnológico de Santo Domingo.

**País:** Republica Dominicana

#### **Descripción:**

Al observar y analizar los resultados de peso, es notable que el ABS por su menor peso específico reduce el peso promedio del block de 6” en 2lb para una sustitución del 40% de gravilla. Contrario a lo que se podría creer, el uso de plástico ABS en bloques de 6” no sólo cumple con los parámetros de ASTM, sino que supera al bloque convencional en resistencia a los 7, 15 y 28 días en el caso de la sustitución de 10% y 25%, siendo ideales como mampostería estructural.



## **2. “PROPUESTA DE UN MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE CEMENTO Y EL RECICLAJE DE PET”**

### **Autores:**

- ✓ Julián Garzón Amaya
- ✓ Andrés Montaña Ballesteros

Universidad Minuto De Dios, Ingeniería Civil

Trabajo de grado Zipaquirá 2014

**País:** Colombia

### **Descripción:**

El trabajo experimental consistió en elaborar, ensayar y caracterizar mezclas de Tereftalato de Polietileno (PET) y Cemento. Para llevar a cabo este proyecto se implementó una metodología experimental y con ayuda de esto poder determinar de modo preliminar el posible comportamiento del plástico PET para ser usado como agregado en una mezcla de concreto para la elaboración de bloques. Se realizaron dos diseños de mezclas en donde se reemplazó por completo los agregados pétreos.

### **3. “LADRILLOS Y PLACAS PREFABRICADAS CON PLASTICO RECICLADO ACTOS PARA LA AUTOCONSTRUCCION”**

**Autores:**

✓ Rosana Gaggino

Revista INVI, Agosto del 2008. Vol.23 Numero 063, Universidad de Chile.

**País:** Chile

**Descripción:**

Se utilizan como materia prima materiales reciclados plásticos, promoviendo el uso racional de recursos disponibles en lugar de enterrarlos, quemarlos o acumularlos en basureros al aire libre; aplicando procedimientos de elaboración que no son contaminantes del medio ambiente, por lo cual es una tecnología sustentable.

#### **4. “DISEÑO Y DESARROLLO EXPERIMENTAL DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN UTILIZANDO PLÁSTICO RECICLADO”**

**Autores:**

- ✓ Arq. Guillermo José Zavala Arteaga

**ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPAD**

**País:** El Salvador

**Descripción:**

El documento presenta la investigación realizada sobre el diseño de mortero hidráulico para construcción, elaborado con la mezcla de cemento portland, arena, agua y PET (Tereftalato de polietileno, plástico con la que se elaboran los envases plásticos de las botellas de jugos, agua y gaseosa), dicha mezcla pretende ser un modelo para implementarlo como una nueva tendencia en la construcción.

Se hizo un diseño de mezcla que fue usado para la fabricación de elementos arquitectónicos con fines decorativos.

## **5. “EVALUACIÓN DEL TEREFATARATO DE POLIETILENO (PET) COMO AGREGADO EN LA ELABORACIÓN DE MORTERO PARA LADRILLOS Y CONCRETO”**

### **Autores:**

✓ Andrés Felipe Zúñiga Díaz

**Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería**

**País:** Colombia

### **Descripción**

El presente trabajo de investigación, evalúa la posibilidad de aprovechar el tereftarato de polietileno (PET) reciclado como un material de agregado en las mezclas de mortero y concreto para su aprovechamiento y disminución de impactos ambientales a los cuerpos de agua, suelo, aire y salud pública, generados por la inadecuada disposición final del polietileno, incluyéndolo como material de agregado en uno de los tipos de mezclas. La evaluación se realiza mediante ensayos de laboratorio, pruebas mecánicas de resistencia y pruebas físicas como permeabilidad y absorción, desarrolladas para dieciséis (16) inclusiones de PET reciclado por cada tipo de material, es decir dieciséis (16) en morteros y dieciséis (16) en concretos, en los cuales se sustituyó hasta el 15% de los agregados finos por PET reciclado.

## 2.2 MARCO NORMATIVO

Las siguientes normas y reglamentos sirvieron de base para el cumplimiento de los diferentes ensayos incluidos en la presente investigación.

### 2.2.1 NORMAS NACIONALES

**Tabla 2.1:** *Normas Nacionales*

<b>Reglamento</b>	<b>Descripción</b>
Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS), para Vivienda Social de Un Nivel (Mampostería de Bloque de Concreto y Mampostería Confinada) -	Vigente desde 2014, es aplicado a las edificaciones de Vivienda Social de 1 nivel menor a 50 m <sup>2</sup> de construcción, para que cumplan con los requisitos técnicos mínimos que garanticen la seguridad estructural, como la calidad de los materiales y la práctica constructiva
Norma Técnica para el Control de Calidad de los Materiales Estructurales, contenida dentro del reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones de la Republica de El Salvador	Establece los “Grados” y “Tipos” de los bloques de concreto, en congruencia con las Normas ASTM

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 2.2.2 NORMAS INTERNACIONALES

### 2.2.2.1 NORMAS ASTM

**Tabla 2.2:** *Normas ASTM*

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
ASTM C-29	Determinación del peso volumétrico de los agregados
ASTM C-33	Especificaciones de agregados para concreto
ASTM C-75	Muestreo de agregados
ASTM C 90	Especificación estándar de resistencia a la compresión, absorción y peso volumétrico de unidades de mampostería de concreto
ASTM C-125	Terminología estándar relacionada al concreto y agregados del concreto: cálculo del módulo de finura
ASTM C-128	Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción de agregado fino
ASTM C-136	Análisis granulométrico del agregado fino y grueso
ASTM C 140	Método de ensayo para la muestreo y ensayo de bloques de hormigón de albañilería y unidades relacionadas
ASTM C-143	Método de prueba estándar para revenimiento de concreto de cemento hidráulico
ASTM C-566	Método de ensayo para el contenido de humedad total del agregado por seco
ASTM C-1064	Método de ensayo para la temperatura de concreto mezclado fresco de cemento portland
ACI 216	Método Normalizado para Determinar la Resistencia al Fuego de las Construcciones de Hormigón y Mampostería
NCh 163	Áridos para morteros y hormigones: Requisitos generales
NCh 170	Hormigón: Requisitos generales

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 2.3 MARCO TEORICO

### 2.3.1 LOS PLÁSTICOS.

La palabra plástico se refiere a una gran variedad de sustancias las cuales se distinguen entre sí por su estructura, propiedades y composición. Las propiedades que poseen los plásticos son tantas y tan variadas que pueden llegar a sustituir a materiales convencionales como la madera, los metales y sus complementarios.

Los plásticos forman parte de un grupo de compuestos orgánicos denominados polímeros. Estos son conformados por largas cadenas macromoleculares compuestas principalmente por carbono e hidrogeno. Son obtenidos mediante reacciones químicas.

### **2.3.1.1 CLASIFICACIÓN Y USO DEL PLÁSTICO**

Los plásticos se clasifican según sea su comportamiento con la variación de la temperatura y los disolventes; y se clasifican en termoestables y termoplásticos. Los termoestables son los plásticos que no reblandecen ni fluyen por mucho que aumente la temperatura; por tanto, sufren modificaciones irreversibles por el calor y no pueden fundirse de nuevo. Los termoplásticos son plásticos que cuando son sometidos a calor se reblandecen y fluyen por tanto son moldeables por el calor cuantas veces se quiera sin que sufran alteración química irreversible. Son más fáciles de reciclar.

Los termoestables son utilizados para fabricar recubrimientos, espumas para colchón, adhesivos, piezas para vehículos y componentes eléctricos. En cambio, los termoplásticos son utilizados para la fabricación de marcos de ventana, tuberías, envases, vasos, cajas, tapones, tarjetas, bolsas y botellas para diferentes líquidos.

#### **2.3.1.1.1 POLIETILENO TEREFTALATO (PET)**

El PET es un polímero muy utilizado en envases de bebidas y textiles siendo un tipo de materia prima derivada del petróleo, su denominación técnica es polietileno Tereftalato o zolitereftalato de etileno y forma parte del grupo de los termoplásticos, razón por la cual es posible reciclarlo. “Este se encuentra constituido de petróleo crudo, gas y aire.

Un kilo de PET es 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire” (Mariano, 2011). A partir del petróleo crudo se extrae el paraxileno y por reacción química se oxida con el aire para dar el ácido tereftálico. El etileno, que se obtiene a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar el etilenglicol. La combinación de estos dos componentes da como resultado el PET.

El PET es un plástico que se caracteriza por su alta resistencia química, térmica, tenacidad, gases atmosféricos, absorbe poca cantidad de agua, forma fibras fuertes y flexibles, muy buen coeficiente de deslizamiento, cristalizable, se esteriliza con rayos gamma y óxido de etileno, además es liviano.

“Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y los de mayor peso molecular, grado ingeniería.” (MAVDT, 2008)

### **2.3.1.2 INDUSTRIA DEL PLÁSTICO EN EL SALVADOR**

En nuestro país, la industria del plástico inicia en los años 50, cuando aparecen los peines de plástico, producidos por la empresa Amapola; siendo esta, la pionera de la industria en El Salvador. En 1955 nace la empresa Industrias Plásticas S.A. de C.V.; la cual tuvo dos líneas de fabricación: el moldeo por inyección y el moldeo por extracción.



Es en la década de los 60's, la industria del plástico toma importancia en el país, ya que en esta década se establecieron alrededor de 25 fábricas para manufacturar una diversidad de artículos plásticos. En 1970 inicia el proceso de reciclado del plástico, debido a que el precio de la materia virgen proveniente del plástico, aumento considerablemente teniendo en cuenta que para ese tiempo también aumento el precio del petróleo; por lo que se volvió necesario el desarrollo de tecnologías de recuperación buscando cumplir las necesidades de los consumidores, para solucionar el problema de abasto.

Buscando soluciones para el manejo del plástico en nuestro país, se desarrollaron diferentes investigaciones; y por la ventaja del método físico nace el reciclado del plástico; cobrando importancia en la década de los 80's. Para los años 90's se desarrollan los centros de acopio, donde se recolectan los materiales para su posterior transformación. El plástico que más ha aumentado su utilización es el polietileno, tanto de alta como de baja densidad; y en la actualidad son más de un centenar de empresas que trabajan con el plástico como materia prima o generando productos secundarios por medio de su reciclaje.

## **2.3.2 CONCRETO**

### **2.3.2.1 DEFINICIÓN**

El concreto es un material semejante a una roca que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de agregado fino y grueso u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento, denominada aglutinante, y agua. En ocasiones, uno o más aditivos se agregan para cambiar ciertas características del concreto, tales como la ductilidad, la durabilidad y el tiempo de fraguado.

Al igual que la mayoría de materiales pétreos, el concreto tiene una alta resistencia a la compresión y una muy baja resistencia a la tensión.

### **2.3.2.2 TIPOS DE CEMENTO PARA CONCRETO**

El cemento posee propiedades adhesivas y cohesivas, dichas características le dan la capacidad de aglutinar los agregados para formar el concreto.

Los concretos hechos con cemento portland normal alcanzan sus resistencias de diseño después de 28 días, y después continúan ganando resistencia a un menor ritmo.

El concreto puede usarse en lugares en que queda expuesto a varios cloruros o sulfatos.

Tales situaciones se presentan en las construcciones marinas.

La American Society for Testing and Materials (ASTM) clasifica los cementos portland en cinco tipos:

- ✓ **Tipo I.** Es el cemento normal usado en la mayoría de las construcciones es de uso general.
- ✓ **Tipo II.** Cemento modificado que tiene menor calor de hidratación que el tipo I y que puede resistir alguna exposición al ataque de sulfatos.
- ✓ **Tipo III.** Un cemento de fraguado rápido que produce en las primeras horas un concreto con una resistencia aproximadamente doble a las del cemento tipo I, este cemento produce calor de hidratación muy alto.
- ✓ **Tipo IV.** Es un cemento de bajo calor, que produce un concreto que disipa muy lentamente el calor. Se usa en estructuras de concreto de gran tamaño.
- ✓ **Tipo V.** Usado para concretos que van a estar expuestos a altas concentraciones de sulfatos.

Si el cemento requerido no se encuentra entre los cinco tipos mencionados, existen alternativas con respecto a los aditivos que modifican las propiedades del cemento tipo I a las condiciones deseadas.

### **2.3.2.3 AGREGADOS PARA CONCRETO**

#### **2.3.2.3.1 DEFINICION DE AGREGADOS SEGÚN NORMA ASTM C 125-88**

Los agregados en el concreto ocupan aproximadamente tres cuartas partes del volumen del concreto. Como el costo de los agregados es menor que el del cemento, es deseable usar la mayor cantidad de ellos que sea posible. Se emplean tanto agregados finos y gruesos.

Los agregados son todos aquellos materiales que tienen una propia resistencia, no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico.

Dichos materiales deben ser fuertes, durables y limpios. Si se encuentra en ellos polvo u otras partículas, pueden interferir en la adherencia entre la pasta de cemento y los agregados. La resistencia de los agregados tiene un efecto importante en la resistencia del concreto, y las propiedades de los agregados afectan considerablemente la durabilidad del mismo.

Los agregados de acuerdo con su tamaño pueden clasificarse como gruesos o finos.

#### **2.3.2.3.2 AGREGADO GRUESO**

También conocido como roca, pedrín, material granular o agregado mineral.

Es el material cuyas partículas quedan retenidas en el tamiz # 4. Estos materiales no deben ser demasiado porosos ni de formas muy alargadas. Si existen formas planas o angulosas en el material, éste hace más complicado el amasado y la colocación del concreto, ya que no permite la existencia de una adherencia adecuada ni una uniformidad consistente. En cambio, si el agregado es triturado, sí cumple con los requisitos, haciendo una mejor mezcla con partículas bien acomodadas y se logra una adherencia óptima del concreto.

### **2.3.2.3 AGREGADO FINO**

Es el material que pasa a partir del tamiz # 4 hasta el tamiz # 100, y puede ser clasificada como arena natural, de canto rodado, manufacturada o una combinación.

### **2.3.2.4 ESPECIFICACIONES PARA AGREGADOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C 33**

**Descripción de la ASTM C 33 (Especificación estándar para agregados de concreto)**

Esta especificación define los requisitos para la clasificación y la calidad de agregado fino y grueso (que no sea ligero o un agregado muy pesado) para su uso en el concreto, por lo que se considera adecuada para determinar si el material es satisfactorio y apto en la utilización como agregado de un concreto para obra civil.

## Graduación

Según la ASTM C-33, el agregado fino se clasificará dentro de los límites siguientes:

**Tabla 2.3:** Límites de la granulometría para agregado fino según especificaciones de ASTM C 33

Tamaño de la malla	Porcentaje que pasa en peso
9.52mm. (3/8)	100
4.75mm.(N°4)	95 a 100
2.36mm.(N°8)	80 a 100
1.18mm.(N°16)	50 a 85
0.60mm.(N°30)	25 a 60
0.30mm.(N°50)	10 a 30
0.15mm.(N°100)	2 a 10

**Fuente:** ASTM C 33

El agregado fino no podrá tener más del 45% del material que pasa por cualquier tamiz y retenido en el tamiz consecutivo siguiente de las indicadas en la tabla y su módulo de finura no será inferior a 2.3 ni superior a 3.1. A continuación, la tabla 2.4 muestra la clasificación del agregado fino, según su módulo de finura.

**Tabla 2.4:** Rangos de clasificación del agregado fino según el módulo de Finura

Módulo de finura	Clasificación
Menor que 2.0	Muy fina
2.0 – 2.3	Fina
2.3 – 2.6	Medianamente fina
2.6 – 2.9	Mediana
2.9 – 3.2	Medianamente gruesa
3.2 – 3.5	Gruesa
Mayor que 3.5	Muy gruesa

**Fuente:** ASTM C 33

### **2.3.3 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO.**

#### **2.3.3.1 DEFINICION**

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, es definida como el proceso que, en base a la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, permite lograr un material que satisfaga de la manera más eficiente y económico los requerimientos particulares del proyecto constructivo.

#### **2.3.3.2 MÉTODO INGLES BS 1975**

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO: METODO INGLES (DICTUC y NCh170)**

El proporcionamiento de una mezcla es el proceso el cual consiste en calcular las cantidades de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados.

El método inglés está basado en investigaciones experimentales, adoptado por la Norma Chilena 170 fue modificado por la Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile, (DICTUC)

Este método se asemeja al método A.C.I. con la diferencia que en este caso se estiman valores de relación agua/cemento para elementos prefabricados, así como también asentamientos mínimos y máximos del cono de Abraham para este tipo de elementos.

Además de eso permite manejar la dosis de áridos dependiendo de la combinación de estos la cual debe presentar la mayor compactación posible, teniendo en cuenta además que en la fabricación de unidades de mampostería se usa más cantidad de agregado fino.

Sugiere, además, dependiendo del tipo de mezcla que se realizara (seca, semifluida y fluida), que maquinaria usar en cada caso, para las unidades de mampostería de concreto sugieren mecanismos de alta potencia ya que es una mezcla de consistencia seca con revenimientos entre 0 y 2 cm, en este caso la maquinaria que se utiliza es de vibro-compactación.

Los pasos a seguir en este método tienen similitud con métodos más comunes como el A.C.I, existen aspectos que en la investigación estarán fuera del control de los investigadores, aspectos como el mezclado de materiales, el tiempo de compactación en la máquina, la situación climática al momento del curado, impurezas en los materiales, transporte de las unidades de mampostería de concreto al lugar de curado entre otros, estos aspectos pueden hacer que en un momento determinado se vea afectada la resistencia requerida en dichas unidades, en este caso el método de diseño de mezcla sugiere aumentarle un valor a la resistencia requerida para que de alguna forma contrarrestar estos aspectos que pudieran afectar el desempeño de las unidades.



## **METODO DE DISEÑO DE MEZCLA PARA LA DOSIFICACION DE MATERIALES EN LA FABRICACION DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

El proceso de dosificación para la fabricación de las unidades de mampostería de concreto se hizo usando el método Ingles para el diseño de mezcla el cual se describe de la siguiente manera:

### **✓ Cálculo de la Resistencia Media de Dosificación**

Para garantizar que el concreto producido o un porcentaje de éste cumpla los requisitos de resistencia, se debe dosificar para una resistencia mayor a la especificada o característica ( $f_c$ ).

Suponiendo que la resistencia del hormigón producido tiene una distribución normal:

**Ecuación 2.1:** *Resistencia media de dosificación*

$$f_m = f_c + ts$$

**Fuente:** *Norma Chilena 170*

Dónde:

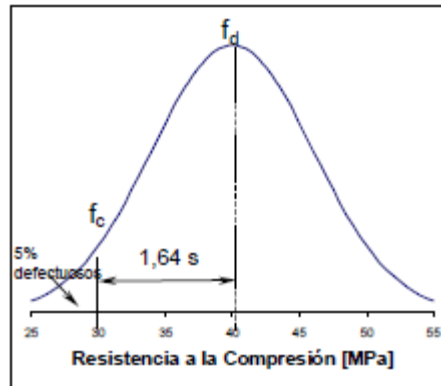
$f_c$  : Resistencia característica

$f_m$ : Resistencia media de dosificación

s: desviación estándar de la obra.

t: factor estadístico para un nivel de confianza (1,645 en la Fig. 2.1)

**Figura 2.1:** Factor estadístico para un nivel de confianza



**Fuente:** Norma Chilena 170

El factor estadístico “t” se determina de la Tabla 2.5 a partir del nivel de confianza o complemento del porcentaje de defectuosos

**Tabla 2.5:** Factor estadístico t

Nivel de Confianza (1 - % defectuoso)	T	Normas
95%	1.645	DIN – BSI – ACI NCh NCh (Pavimentos)
90%	1.282	
85%	1.036	
80%	0.842	

**Fuente:** Norma Chilena 170

Cuando no se disponga de resultados ni de antecedentes del Contratista, para cualquier nivel de resistencia a la compresión especificada del proyecto, adoptar el valor:  $s \geq 8$  MPa.

✓ **Determinación de la Razón Agua/Cemento**

➤ **Por Condición de Resistencia**

**Tabla 2.6:** Razón Agua/Cemento para Resistencia Media Requerida

Razón Agua/Cemento en masa	Resistencia Cubica a Compresión Media Requerido a 28 días, $f_d$ (MPa)			
	Cemento Grado Corriente		Cemento Grado Alta Resistencia	
	NCh170*	DICTUC	NCh170**	DICTUC
0.35		50		53
0.40		43.5		46
0.45	34	38	43	41
0.50	29	33.5	36	40
0.55	25	29	31	34
0.60	21	25	26	29.5
0.65	18	21	23	27
0.70	16	17.5	20	24
0.75	14	14.5	17	21
0.80	12		15	
0.85	10		13	

\* $f_d = 22.8 (C/W - 0.73)$

\*\* $f_d = 28.5 (C/W - 0.73)$

**Fuente:** NCh 170

➤ **Por Condición de Durabilidad**

**Tabla 2.7:** Máxima razón W/C en casos de exposición severa

Tipo de Estructura	Estructura continua o frecuentemente húmeda o expuesta hielo-deshielo	Estructura expuesta a aguas agresivas, en contacto con el suelo o ambiente salinos *
Secciones delgadas ( $e \leq 20$ cm) y secciones con recubrimiento menor a 2 cm	0.45	0.40
Toda otra estructura	0.50	0.45

**Fuente:** NCh 170

Elegir la menor razón agua-cemento entre las dos condiciones

**Tabla 2.8: Máxima razón W/C en casos de exposición severa (ACI)**

Tipo de estructura	Condiciones de exposición (x)					
	Climas extremos con frecuentes ciclos de congelación – deshielo <b>SOLAMENTE HORMIGON CON AIRE INCORPORADO</b>			Temperatura moderada, raramente por debajo de cero. Clima lluvioso o árido		
	Al aire	Al nivel del agua o en zonas fluctuación o salpicadura		Al aire	Al nivel del agua o en zonas fluctuación o salpicadura	
		En agua dulce	En agua mar o con sulfatos		En agua dulce	En agua mar o con sulfatos
Secciones delgadas como barandas, ornamentos, pilotes armados, tuberías y toda sección con menos de 2.5 cm de recubrimiento.	0.50	0.40	0.40 (1)	0.55	0.50	0.40 (1)
Secciones moderadas como muros de contención, estribos, pilares y vigas.	0.55	0.50	0.45 (1)	(2)	0.55	0.45 (1)
Exterior de elementos en gran masa	0.60	0.50	0.45 (1)	(2)	0.55	0.45 (1)
Hormigón sumergido		0.45	0.45	(2)	0.45	0.45
Pavimentos	0.55			(2)		
Hormigón protegido de la intemperie, en interiores o enterrados	(2)			(2)		
Hormigón que será protegido, pero estará en hielo - deshielo	0.55			(2)		

**Fuente: ACI 211**

(x) El aire incorporado se debe usar siempre frente a condiciones de exposición severa y puede usarse en climas moderados para mejorar la docilidad de la mezcla.

(1) Se usa cemento resistente a los sulfatos, la relación Agua/Cemento máxima se

Puede aumentar en 0,05 (C3A < 5%)

(2) Cantidad de agua determinada por condiciones resistencia y docilidad.

✓ **Elección de la Trabajabilidad**

**Tabla 2.9: Asentamientos de Cono Recomendados según Tipo de Estructura y Técnica de Construcción**

Tipo de estructura y técnica de construcción	Asentamiento en cm*	
	Mínimo	Máximo
Hormigón sin armar, eje. Elementos de fundación *	2	7-8
Hormigón armado*	4	10
• Muros armados de fundación y zapatas**	4	8
• Losas, vigas y muros armados**	5	10
• Columnas **	5	10
Pavimentos*	0-2	5
Construcción pesada en masa**	2	5
Elementos prefabricados	0	2
Transporte por agua y capacho	4-5	6-8
Transporte por canoas (vaciado directo del mixer)	6-8	8-10
Hormigón bombeado	7-8	10-12
Hormigón bajo agua	15	--

(\*) Asentamiento de cono para compactación por vibración.

(\*\*) Zabaleta: Se puede incrementar en 2cm, cuando no se utilizan vibradores de alta frecuencia.

**Fuente: NCh 170**

**Tabla 2.10: Elección del equipo de compactación**

Docilidad	Asentamiento de cono (cm)	Altura máxima de caída (cm)	Equipos
Seca	<2	30	Mecánicos de alta potencia
Plástica	3 – 5	30	Mecánicos corrientes, especiales o sus combinaciones
Blanda	6 – 9	50	Manuales, mecánicos corrientes, especiales o sus combinaciones
Fluida	>10	50	Manuales o especiales

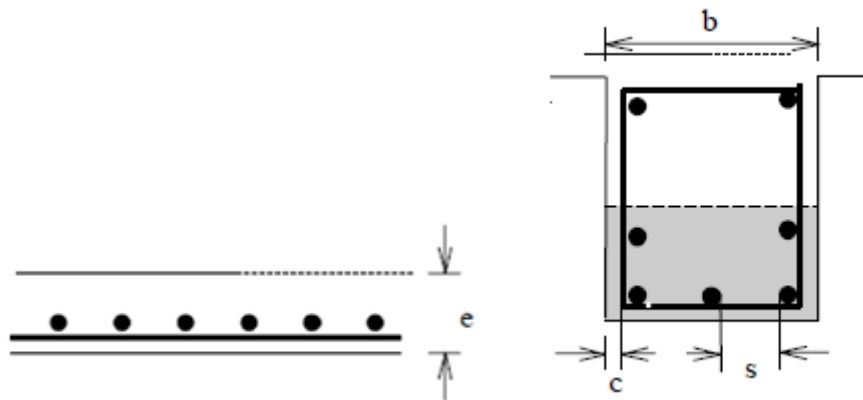
**Fuente: DICTUD**

Equipos:

- Mecánicos de alta potencia: vibrador externo, pisón mecánico, vibro-compresión, etc.
  - Corrientes: vibrador de inmersión, vibrador superficial, etc.
  - Especiales: varillas, martillo goma, macetas, paletas, etc.
- ✓ **Elección del Tamaño Máximo Nominal del Árido**

NCh 170 y ACI 211.1

$$D_n \leq \begin{cases} 1/5 b; & b = \text{menor dimensión interna entre paredes del molde} \\ 3/4 s; & s = \text{menor espacio libre entre armaduras} \\ 1/3 e; & e = \text{espesor de las losas armadas} \end{cases}$$



(\*) Usar el mayor tamaño máximo económicamente disponible y consistente con las dimensiones de la estructura.

Cuando se desea hormigón de alta resistencia se pueden obtener mejores resultados con el uso de áridos de menor tamaño máximo nominal ya que estos producen mayores resistencias para una razón W/C dada.

- ✓ Elementos con hormigon a la vista:

$$D_n < 1.5c; \quad c = \text{espesor de recubrimiento}$$

- ✓ Pavimentos:

$$D_n < \frac{1}{4}h; \quad h = \text{altura del pavimento}$$

- ✓ IDIEM (Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales)

propone además :

$$D_n \leq \frac{1}{3}b; \quad \text{Para elementos prefabricados}$$

$$D_n = 6''; \quad \text{Para hormigon , asivo (represas)}$$

**Tabla 2.11:** *Tamaño Maximo Recomendado (mm) en funcion de la Dimencion Miniman de la Seccion*

Dimension Mínima de la Seccion (cm)	Tamaño Maximo Recomendado en (mm)			
	Muros armados, vigas y pilares	Muros sin armadura	Losas muy armadas	Losa debilmente armada o sin armadura.
6-12	10 – 20	20	20 – 25	20 – 40
12-30	20 – 40	40	25 – 40	40 – 75
30-70	40 – 75	75	40 – 75	40 - 75
>70	40 – 75	150	40 – 75	75 – 150

Fuente: NCh 170

- ✓ **Dosis de Agua**

**Tabla 2.12:** *Volumen Estimado de agua Libre de Amasado (Litros)*

Tamaño máximo nominal (mm)	Docilidad según descenso de cono (cm)				
	0 - 2	3 – 5	6 - 9	10 - 15	16
63	135	145	155	165	170
50	145	155	165	175	180
40	150	160	170	180	185
25	170	180	190	200	205
20	175	185	195	205	210
12	185	200	210	220	230
10	190	205	215	230	240

Fuente: NCh 170

## NOTAS:

- ✓ La dosis de agua de amasado estimada tiene que ser ajustada en la mezcla de prueba para cumplir con la docilidad requerida para la obra. Para esto, tiene que considerarse los aditivos plastificantes si están especificados, la proporción y la forma de los áridos.
- ✓ La dosis de agua de amasado debe ser corregida por el agua absorbida por los áridos ya que en la tabla se consideran en condición sss.
- ✓ Los aditivos solubles o líquidos se consideran como parte del agua libre o de amasado.

**Tabla 2.13:** Dosis de agua libre aproximada requerida para varios niveles de Trabajabilidad (Método Ingles 1988 modificado por DICTUC)

Árido		Dosis de agua libre (kg/m <sup>3</sup> ) para				
Tamaño máximo (mm)	Tipo de árido	Asentamiento de cono (mm)	0 – 1	1 – 3	3 – 6	6 - 18
		Vebe (s)	>12	6 - 12	3 – 6	0 - 3
10	Rodando		150	180	205	225
	Chancado		180	205	230	250
20	Rodando		135 (135)	160 (160)	180 (180)	195 (195)
	Chancado		160 (170)	170 (190)	190 (210)	215 (225)
40	Rodando		115 (115)	140 (140)	160 (160)	175 (175)
	Chancado		140 (155)	160 (175)	180 (190)	195 (205)

Fuente: DICTUD



**NOTAS:**

1. En paréntesis valores originales propuestos por Método Inglés.
2. Cuando el agregado grueso y fino son de diferente tipo, la dosis de agua libre se calcula mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 2.2:** *Dosis de agua libre para diferentes tipos de agregados*

$$W = \frac{2}{3}W_a + \frac{1}{3}W_g$$

**Fuente:** *Método Inglés 1988 modificado por DICTUC*

Dónde:

$W_a$  = dosis de agua para tipo de árido de la arena

$W_g$  = dosis de agua para tipo de árido del árido grueso

✓ **Dosis de Cemento**

Determinada la razón W/C y la dosis de agua, la cantidad de cemento está dada por la siguiente ecuación:

**Ecuación 2.3:** *Dosis de cemento*

$$C = \frac{W}{W/C} \quad (\text{kg/m}^3)$$

**Fuente:** *NCh 170*

**Tabla 2.14:** *Dosis mínima de cemento*

Dosis Mínima de Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	
Hormigón armado protegido de la intemperie	240
Hormigón armado expuesto a la intemperie	270
Hormigón armado no controlado (grado <H20)	300
Hormigón simple no controlado	170

**Fuente:** *NCh 170*

✓ **Dosis de Aire**

Hormigones corrientes

**Tabla 2.15:** Aire promedio atrapado

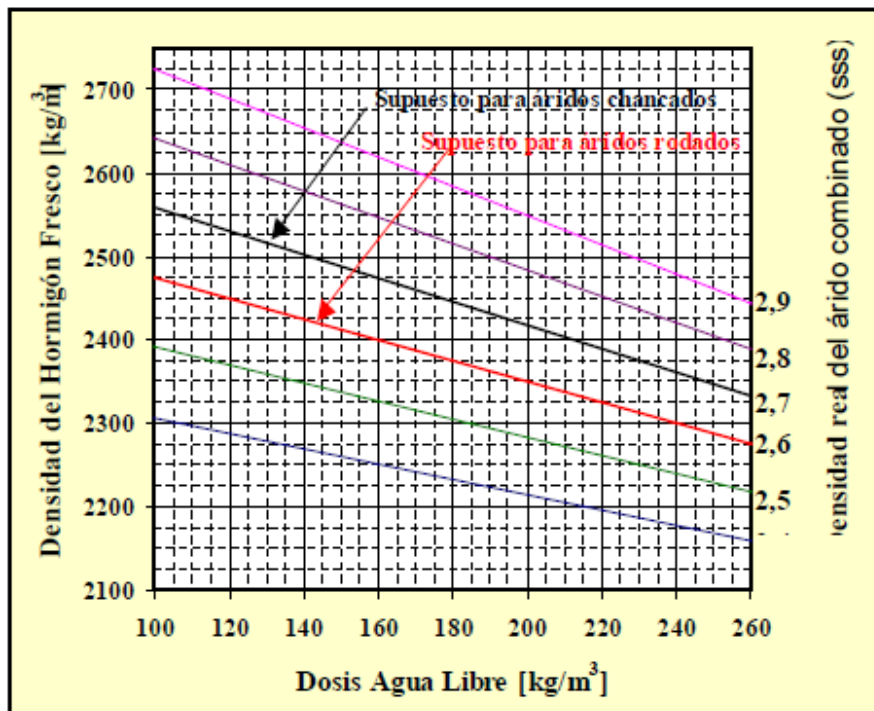
Tamaño máximo nominal (mm)	Volumen medio de aire atrapado (m <sup>3</sup> )
63	0.003
50	0.005
40	0.010
25	0.015
20	0.020
12	0.025
10	0.030

Fuente: NCh 170

✓ **Densidad del Hormigón Fresco Compactado**

Se calcula a partir del tipo de árido a usar.

**Figura 2.2:** Densidad estimada del hormigón fresco totalmente compactado a partir de la dosis de agua y densidad real de los áridos (BS 1988)



Fuente: DICTUD

Cuando los valores que tenemos no están en el rango de la gráfica se puede usar la siguiente ecuación:

**Ecuación 2.4:** *Densidad estimada del hormigón fresco totalmente compactado*

$$D = 10(GE_{combinada})(100 - \% \text{ aire atrapado}) + (C) \left( 1 - \frac{GE_{combinada}}{GE_{cemento}} \right) - (W)(GE_{combinada} - 1)$$

**Fuente:** *ACI 211*

Dónde:

*D = Dosis Estimada Del Hormigon Fresco Totalmente Compactado*

*GE<sub>combinada</sub> = GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS AGREGADOS COMBINADOS*

*C = DOSIS DE CEMENTO REQUERIDA*

*GE<sub>cemento</sub> = GRAVEDAD ESPECIFICA DEL CEMENTO*

*W = DOSIS DE AGUA REQUERIDA*

### **Dosis de Áridos**

La dosis del árido total se calcula restando de la densidad del hormigón las dosis del cemento y del agua:

**Ecuación 2.5:** *Dosis de áridos total combinados*

$$A = D - C - W$$

**Fuente:** *NCh170*

Donde:

A: Dosis estimada de áridos combinados

D: Dosis estimada del hormigón fresco compactado (kg/m<sup>3</sup>)

C: Dosis cemento (kg/m<sup>3</sup>)

W: Dosis agua libre (kg/m<sup>3</sup>)

La proporción adecuada de los áridos gruesos y finos debe ajustarse a:

- ✓ Que proporciones un hormigón de:
  - Máxima compacidad
  - Docilidad adecuada para condiciones de obra
- ✓ Considerar características de los áridos disponibles:
  - Granulometría
  - Densidad
  - Textura
  - Forma
- ✓ Proporciones de los áridos determinadas considerando:
  - Granulometría de cada uno de los áridos
  - Granulometría del árido combinado

## **2.3.4 UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO**

### **2.3.4.1 GENERALIDADES**

Las unidades de mampostería de concreto, consisten en prismas fabricados en diversos tamaños, constituidos por una mezcla de cemento, agregados inertes de peso normal o ligero, tales como: agregado fino y grueso, piedra triturada, escoria volcánica, etc., agua y otros constituyentes, como cal hidratada, puzolanas, pigmentos colorantes y aditivos.

Los métodos de muestreo y pruebas de unidades para mampostería de concreto se norman en la ASTM C140 y C426, respectivamente. Los requisitos para las dimensiones de unidades de mampostería sólida, hueca portante y no portante se encuentran en la norma ASTM C55, C90 y C129, respectivamente.

#### **2.3.4.1.1 IMPORTANCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

En El Salvador, el sistema constructivo denominado “*Mampostería de concreto reforzado*”, sigue siendo el que se emplea en la construcción de viviendas. Las unidades de mampostería de concreto huecos, que pueden usarse en paredes que soportan cargas divisorias o de relleno, están diseñados para usarse con el sistema de Mampostería de Concreto Reforzado y están sujetos a cumplir con determinada calidad, que en cuanto a la resistencia a la compresión debe ser de 1900 psi (13.1 MPa), como promedio del área neta de 3 unidades, siendo el mínimo por cada unidad individual de 1700 psi (11.72 MPa) y en cuanto a la absorción para unidades de mampostería de concreto de peso medio, 240Kg/m<sup>3</sup> como máximo.

El Salvador la mayoría de las viviendas son construidas con el sistema de mampostería confinada y de mampostería reforzada.

### **2.3.4.1.2 VENTAJAS DE CONSTRUIR CON UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO**

El uso de unidades de mampostería de concretos huecos en la industria de la construcción, como alternativa de diseño, ofrece significativas ventajas, de las cuales mencionamos a continuación las más importantes:

#### **✓ RAPIDEZ EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.**

El número de unidades de mampostería de concreto necesarios por metro cuadrado de pared, sean las unidades de mampostería de concreto de 10, 15 ó 20 centímetros de ancho, es sólo de 12 ½ unidades.

En el caso de ladrillos de barro tipo calavera (9 x 14 x 28 cm.), ya sea que éstos se coloquen de canto para hacer una pared de 10 centímetros de espesor (24 ½ ladrillos por metro cuadrado) o de lazo para levantar una pared de 15 centímetros de espesor (35 ladrillos por metro cuadrado), se necesitan el doble o triple de unidades que cuando las paredes son de unidades de mampostería de concreto, lo cual permite trabajar más rápido cuando se construye con dichas unidades de concreto. Además, al no ser necesario moldear columnas, al no tener que esperar que el concreto de las columnas fragüe y al no tener que desamoldar las columnas, también se agiliza el proceso constructivo, con el consecuente ahorro de costos que implica el acortar el tiempo de construcción.

✓ **AHORRO DE MEZCLA.**

Adicionalmente, al ser menor el número de unidades a pegarse por metro cuadrado, también es menor la cantidad de mortero o mezcla a usarse, lo que permite un ahorro significativo en áreas grandes de paredes relacionada con requisitos como; el diseño y dimensiones de las unidades de mampostería de concreto, el tipo de agregados empleados en su fabricación, la relación cemento-agregados, el método de curado de las unidades de mampostería de concreto y la resistencia.

✓  **AISLAMIENTO TÉRMICO.**

Influye en la clase de acabado de la pared, repellada o sin repellar, rellenos aislantes y espacios con aire. El aislamiento térmico está condicionado también por la densidad de unidades de mampostería de concreto, así a mayor densidad mayor conducción de calor y a menor densidad menor conducción de calor.

✓  **ABSORCIÓN Y TRANSMISIÓN DEL SONIDO.**

Las ondas de sonido después de chocar contra una pared son parcialmente reflejadas, absorbidas y transmitidas en cantidades variables, dependiendo de la clase de superficie. El estudio de las anteriores características es de suma importancia en el diseño de teatros, auditorios, aulas magnas, donde el sonido emitido en un lugar, debido a una apropiada reflexión, debe ser audible a una distancia considerable. Por otra parte la demanda de habitaciones silenciosas en hoteles, edificios de apartamentos, hospitales, escuelas y edificios para piscinas, en donde los ruidos de habitaciones adyacentes y de la

calle son inaceptables, origina el uso de materiales de construcción que impidan la transmisión del sonido. El área de los huecos o corazones de las unidades de mampostería de concreto que varía entre un 40% y 50% del área bruta, proporciona una cámara aislante, que puede ser utilizada para incrementar el aislamiento acústico o térmico de la pared.

La absorción del sonido se acentúa en las unidades de mampostería de concreto con una textura superficial abierta y disminuye cuando las unidades de concreto han sido cubiertos con un repello duro u otro tratamiento que contribuya a cerrar los poros, pudiendo en estos casos disminuirse la absorción del sonido hasta un 3%. Las paredes construidas con unidades de mampostería de concreto absorben entre 18% y 69% del sonido.

#### **2.3.4.2 CLASIFICACIÓN**

La Norma Técnica para el Control de Calidad de los Materiales Estructurales, contenida dentro del reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones de la Republica de El Salvador, establece los “Grados” y “Tipos” de las unidades de mampostería de concreto, en congruencia con la ASTM, de la siguiente manera.



#### **2.3.4.2.1 SEGÚN SU GRADO DE HUMEDAD:**

- ✓ Tipo I: unidades con humedad controlada
- ✓ Tipo II: unidades sin humedad controlada

#### **2.3.4.2.2 SEGÚN SU USO:**

- ✓ Grado N: para uso en paredes exteriores que se encuentren expuestas a la humedad, intemperie o sometidas a cargas severas.
- ✓ Grado S: solo se pueden usar en paredes exteriores protegidas por un recubrimiento contra la intemperie y en paredes interiores.

#### **2.3.4.2.3 POR SU DENSIDAD:**

- ✓ Unidades de peso liviano: PV oscila entre 1350 y 1680 kg/m<sup>3</sup>
- ✓ Unidades de concreto de peso mediano: PB entre 1680 y 2000 kg/m<sup>3</sup>
- ✓ Unidades de peso normal: PV mayor que 2000 kg/m<sup>3</sup>

#### **2.3.4.3 REQUISITOS TÉCNICOS**

En El Salvador, el Ministerio de Obras Publicas aprobó en 1994 la “Norma técnica para diseño y construcción estructural de mampostería”, la cual regula la resistencia a la compresión que deben alcanzar las unidades de mampostería de concreto. La ASTM C90 los clasifica por tipo, o sea unidades de mampostería de concreto con humedad

controlada (Tipo I) y unidades con humedad no controlada (TIPO II); pero que a todos se le exige la misma resistencia a la compresión.

Los requisitos básicos de estas piezas de mampostería son su resistencia a la compresión, que puede medirse sobre área bruta o sobre área neta y su absorción, que es crucial para el control del agrietamiento por secado.

Los requisitos son:

### 2.3.4.3.1 REQUERIMIENTOS DE ABSORCIÓN (ASTM C90)

**Tabla 2.16:** *Requerimientos de absorción*

Clasificación por Densidad	Absorción Máxima de agua, lb/ pie <sup>3</sup> (Kg/m <sup>3</sup> )	
	Promedio de 3 unidades	Unidades individuales
Peso ligero	188 (288)	20 (320)
Peso medio	15 (240)	17 (272)
Peso normal	13 (208)	15 (240)

**Fuente:** *ASTM C 90*

### 2.3.4.3.2 RESISTENCIA MÍNIMA A COMPRESIÓN (ASTM C90)

**Tabla 2.17:** *Resistencia mínima a compresión*

Clasificación por densidad	Resistencia Mínima a Compresión Área Neta, lb/pulg <sup>2</sup> (MPa)	
	Promedio de 3 unidades	Unidades individuales
Peso ligero	1900 (13.1)	1700 (11.7)
Peso medio	1900 (13.1)	1700 (11.7)
Peso normal	1900 (13.1)	1700 (11.7)

**Fuente:** *ASTM C 90*

### 2.3.4.4 MEDIDAS ESTANDAR DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO

Las unidades de mampostería de concreto deben tener la misma dimensión para que se puedan utilizar, independientemente de su proceso constructivo, aunque sus dimensiones son las designadas por el fabricante. Ninguna dimensión total (ancho, alto y largo) diferirá más de 1/8 de pulgada (3.18 mm) de las dimensiones estándar o de fabricación especificadas, según la ASTM C90. Es importante que los moldes sean todos iguales y se conserven en buen estado. Las unidades de mampostería de concreto tienen, para efectos de modular, dimensiones uniformes en cuanto a lo alto, 20 cm. y, en cuanto a lo largo, 40 cm, variando únicamente el ancho, que puede ser en nuestro medio, de 10,15 ó 20 cm. Siempre se menciona primero el ANCHO, después el ALTO y finalmente el LARGO de las unidades de mampostería de concreto, así:

**Tabla 2.18:** *Medidas nominales de las unidades de mampostería de concreto*

Medidas nominales	Ancho	Alto	Largo
Unidades de concreto de	10	20	40 cm
Unidades de concreto de	15	20	40 cm
Unidades de concreto de	20	20	40 cm

**Fuente:** *ASTM C 90*

Debe tenerse presente que existe diferencia entre las dimensiones nominales o modulares de las unidades de mampostería de concreto, que sirven justamente para diseñar, de las dimensiones estándar o de fabricación, que son menores tomando en cuenta el espesor de la junta, que normalmente es de 1 centímetro, así:

**Tabla 2.19:** *Medidas estándar o de fabricación de las unidades de mampostería de concreto*

Medidas estándar o de fabricación	Ancho	Alto	Largo
Unidades de concreto de	9.2	19	39 cm
Unidades de concreto de	14.2	19	39 cm
Unidades de concreto de	19.2	19	39 cm

**Fuente:** *ASTM C 90*

Se entiende por caras de las unidades de mampostería de concreto a las partes visibles de los mismos, cuando las paredes están levantadas. Las membranas o tabiques son los elementos que unen las caras en los extremos o en la parte media. Los espesores mínimos de las caras y membranas de las unidades de mampostería de concreto están especificados en la ASTM C90 y son los siguientes:

**Tabla 2.20:** *Espesores mínimos de las caras y tabiques de las unidades de mampostería de concreto*

Ancho nominal (W) de la Unidad, Pulg (mm)	Espesor de la Cara ( $t_s$ ), min, pulg (mm) <sup>B,C</sup>	Espesor del Tabique ( $t_w$ )	
		Tabique <sup>B,D,C</sup> , min, pulg (mm)	Espesor de Tabique equivalente, min, pulg/pie lineal <sup>E</sup> (mm/m lineal)
3 (76.2) y 4 (102)	$\frac{3}{4}$ (19)	$\frac{3}{4}$ (19)	$1 \frac{5}{8}$ (136)
6 (152)	1 (25)	1 (25)	$2 \frac{1}{4}$ (188)
8 (203)	$1 \frac{1}{4}$ (32)	1 (25)	$2 \frac{1}{4}$ (188)
10 (254) y mayores	$1 \frac{1}{4}$ (32)	$1 \frac{1}{8}$ (29)	$2 \frac{1}{2}$ (209)

**Fuente:** *ASTM C 90*

**CAPITULO III:**  
**DETERMINACIÓN DE LAS**  
**PROPIEDADES DE LOS**  
**MATERIALES Y DISEÑO DE**  
**MEZCLA**

## 3.1 GENERALIDADES

### 3.1.1 ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS AGREGADOS

Se define los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento hidratada para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las 3/4 partes del volumen total por lo que su calidad influye grandemente en el producto final. En tal razón conocer las propiedades físicas de los agregados constituyen un elemento importante en el diseño de las unidades de mampostería de concreto.

**Tabla 3.1:** *Ensayo para el estudio preliminar de los agregados*

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
ASTM C 29	Peso volumétrico de los agregados
ASTM C 127	Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción de agregado fino
ASTM C 128	Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción de agregado grueso
ASTM C 136	Análisis granulométrico del agregado fino y grueso

**Fuente:** *Elaboración propia*

Para encontrar una máxima compacidad entre la combinación de agregado grueso y fino que nos permitiera una docilidad adecuada para ser usada en la fabricación de unidades de mampostería de concreto se hizo el ensayo de peso unitario compactado realizando combinación de agregados haciendo tanteo variando porcentajes de agregado fino y realizando la prueba de peso unitario compactado.

Se realizó granulometría a los agregados por separado y luego combinados usando las proporciones encontradas en el ensayo de peso volumétrico.

### 3.2 PESO VOLUMETRICO DE LOS AGREGADOS (ASTM C 29)

#### ✓ MATERIALES Y EQUIPOS

- **Balanza** con 0.05kg de precisión
- **Varilla apisonadora**, varilla de acero redondeada, con 5/8pulg (16mm) en diámetro y aproximadamente 24pulg (600mm) en longitud, teniendo el extremo apisonado, o ambos extremos, redondeados a una punta hemisférica, el diámetro de la cual es 5/8 pulg.
- **Medidor**, cilindro metálico, preferiblemente proveído con manijas, tendrá que ser a prueba de agua, con la tapa y el fondo nivelados y constantes, y suficientemente rígidos para mantener su forma bajo uso rugoso. La medición tendrá que tener una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso tendrá que tener una altura menor de 80% ni mayor de 150% del diámetro.

La capacidad de medición tendrá los límites en la tabla siguiente:

**Tabla 3. 2** *Capacidad del medidor para prueba peso unitario suelto y peso unitario varillado.*

<b>Tamaño Máximo Nominal de Agregado (Pulg)</b>	<b>Capacidad de medición Lt (m<sup>3</sup>)</b>
½	2.8 (0.0028)
1	9.3 (0.0093)
1 ½	14 (0.014)
3	28 (0.028)
4	70 (0.070)
5	100 (0.100)

**Fuente:** *ASTM C 29*

✓ **PROCEDIMIENTO**

➤ **PESO UNITARIO SUELTO EN AGREGADOS**

1. Se mide el molde para obtener su volumen.
2. Se pesa el molde.
3. La operación consiste en llenar el recipiente hasta que rebose, utilizando un cucharón, descargándose el agregado desde una altura que no exceda de 50 mm (2 pulg) sobre el borde del recipiente.
4. Téngase el cuidado de prevenir hasta donde sea posible la segregación de las partículas de distintos tamaños que componen la muestra.
5. Luego se quita con cuidado el excedente, para que esté al nivel del recipiente. (enrasado).
6. Se limpia el exceso del agregado con la brocha.
7. Finalmente se pesa la muestra.
8. Este procedimiento se repite 3 veces.
9. Cálculos

**Ecuación 3.1:** *Peso unitario suelto varillado*

*Peso unitario suelto = peso de la muestra / volumen del medidor*

**Fuente:** *ASTM C 29*



➤ **PESO UNITARIO VARILLADO EN AGREGADOS**

1. Ya que se usa el mismo molde, no se requiere hacer las medidas del mismo, por lo que en este caso se iniciará llenando el molde hasta  $1/3$  de su capacidad y nivele la superficie con los dedos.
2. Luego con la varilla se golpea 25 veces en forma de espiral de afuera hacia adentro.
3. En el varillado de la primera capa, no permita que la barra golpee fuertemente el fondo del recipiente.
4. Se sigue agregando la muestra hasta los  $2/3$  de la capacidad del recipiente, nuevamente nivele la superficie y golpea 25 veces.
5. En el varillado de la segunda capa use solamente la fuerza suficiente para que la varilla llegue hasta la capa anterior.
6. Finalmente, se llena el recipiente hasta que desborde y se compacta con 25 golpes.
7. En el varillado de la tercera capa use solamente la fuerza suficiente para que la varilla llegue hasta la capa anterior.
8. Luego se quita con cuidado el excedente, para que este esté al nivel del recipiente.
9. Se limpia el exceso del agregado con la brocha.
10. Finalmente se pesa.

✓ **CÁLCULOS**

**Ecuación 3.2:** *Peso unitario suelto varillado*

*Peso unitario varillado = peso de la muestra / volumen del medidor*

**Fuente:** *ASTM C 29*

**Fotografías 3.1:** *Procedimiento para el ensayo del peso unitario varillado o compactado en agregados*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**PESO VOLUMETRICO DE LOS AGREGADOS (ASTM C 29)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** AGREGADO FINO

**LUGAR DE PROCEDENCIA:** RIO LEMPA, USULUTAN.

**FECHA DE ENSAYO:** 24 DE ABRIL DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>PESO VOLUMETRICO SUELTO</b>	
Peso Inicial de la muestra:	6.000 Kg
Peso del molde:	2.855 kg
Volumen del molde:	0.003 m <sup>3</sup>
Peso del agregado suelto + molde:	7.275 kg
Peso del agregado suelto :	4.420 kg
Peso volumétrico suelto:	1473.330 kg/m <sup>3</sup>

<b>PESO VOLUMETRICO VARILLADO</b>	
Peso Inicial de la muestra:	6.000 Kg
Peso del molde:	2.855 kg
Volumen del molde:	0.003 m <sup>3</sup>
Peso del agregado varillado + molde:	7.620 kg
Peso del agregado varillado:	4.765 kg
Peso volumétrico varillado	1588.330 kg/m <sup>3</sup>

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**PESO VOLUMETRICO DE LOS AGREGADOS (ASTM C 29)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** AGREGADO GRUESO

**LUGAR DE PROCEDENCIA:** CANTERA SINAI, ARAMUACA, SAN MIGUEL.

**FECHA DE ENSAYO:** 24 DE ABRIL DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>PESO VOLUMETRICO SUELTO</b>	
Peso Inicial de la muestra:	6.000 Kg
Tamaño máximo del agregado:	3/8 Pulg
Peso del molde:	2.855 kg
Volumen del molde:	0.003 m <sup>3</sup>
Peso del agregado suelto + molde:	6.465 kg
Peso del agregado suelto:	3.610 kg
Peso volumétrico suelto:	1203.33 0kg/m <sup>3</sup>

<b>PESO VOLUMETRICO VARILLADO</b>	
Peso Inicial de la muestra:	6.000 Kg
Tamaño máximo del agregado:	3/8 Pulg
Peso del molde:	2.855 kg
Volumen del molde:	0.003 m <sup>3</sup>
Peso del agregado varillado + molde:	6.900 kg
Peso del agregado varillado:	4.045 kg
Peso volumétrico varillado:	1348.330 kg/m <sup>3</sup>

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**PESO VOLUMETRICO DE LOS AGREGADOS (ASTM C 29)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** PET

**LUGAR DE PROCEDENCIA:** IBERPLASTIC, LA LIBERTAD.

**FECHA DE ENSAYO:** 24 DE ABRIL DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>PESO VOLUMETRICO SUELTO</b>	
Peso Inicial de la muestra:	6.000 Kg
Peso del molde:	2.855 kg
Volumen del molde:	0.003 m <sup>3</sup>
Peso del agregado suelto + molde:	3.690 kg
Peso del agregado suelto :	0.835 kg
Peso volumétrico suelto:	278.330 kg/m <sup>3</sup>

<b>PESO VOLUMETRICO VARILLADO</b>	
Peso Inicial de la muestra:	6.000 Kg
Peso del molde:	2.855 kg
Volumen del molde:	0.003 m <sup>3</sup>
Peso del agregado varillado + molde:	3.900 kg
Peso del agregado varillado:	1.045 kg
Peso volumétrico varillado	348.330 kg/m <sup>3</sup>

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



**PESO VOLUMETRICO DE LOS AGREGADOS (ASTM C 29)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** AGREGADOS GLOBAL

**FECHA DE ENSAYO:** 24 DE ABRIL DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>PESO VOLUMETRICO VARILLADO DE MATERIALES COMBINADOS (25% AGREGADO FINO, 75% AGREGADO GRUESO)</b>	
Peso inicial de la muestra combinada:	6.000 Kg
Peso del molde:	2.855 kg
Volumen del molde:	0.003 m <sup>3</sup>
Peso del agregado varillado + molde:	7.615 Kg
Peso del agregado varillado:	4.760 Kg
Peso volumétrico varillado:	1586.770 kg/m <sup>3</sup>

<b>PESO VOLUMETRICO DE MATERIALES COMBINADOS (50% AGREGADO FINO, 50% AGREGADO GUESO)</b>	
Peso inicial de la muestra combinada:	6.000 Kg
Peso del molde:	2.855 kg
Volumen del molde:	0.003 m <sup>3</sup>
Peso del agregado varillado + molde:	7.985 Kg
Peso del agregado varillado:	5.130 kg
Peso volumétrico varillado:	1710.000 kg/m <sup>3</sup>

HOJA1/2



**PESO VOLUMETRICO DE LOS AGREGADOS (ASTM C 29)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** AGREGADOS GLOBAL

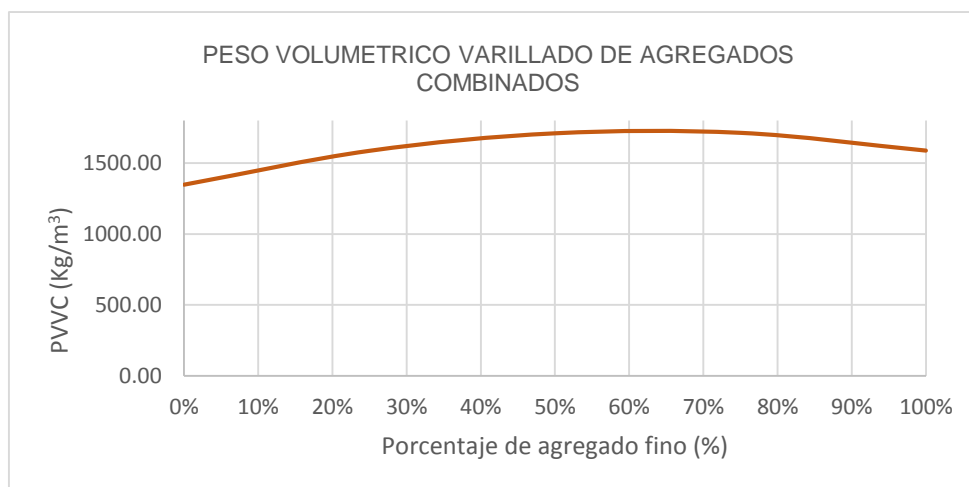
**FECHA DE ENSAYO:** 24 DE ABRIL DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>PESO VOLUMETRICO DE MATERIALES COMBINADOS MEDIANTE EL MÉTODO VARILLADO (75% AGREGADO FINO, 25% AGREGADO GRUESO)</b>	
Peso inicial de la muestra combinada:	6.000 Kg
Peso del molde:	2.855 kg
Volumen del molde:	0.003 m <sup>3</sup>
Peso del agregado varillado + molde:	7.990 Kg
Peso del agregado varillado:	5.140 kg
Peso volumétrico varillado:	1713.330 kg/m <sup>3</sup>



### **3.3 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS (ASTM C 127, C 128)**

La gravedad específica de los agregados es la relación del peso del agregado al peso de un volumen igual de agua, considerando que en el agregado todos los vacíos permeables están llenos de agua, pero sin agua superficial. La gravedad específica del agregado es útil en cálculos, particularmente aquellos para convertir el peso de las partículas irregulares en forma a volumen saturado superficie seca o a volumen sólido. Hay dos clases de gravedad específica empleada con los agregados: gravedad específica en masa bruta, que depende del volumen saturado superficie seca donde los poros de las partículas se consideran como parte del volumen, la gravedad específica aparente, que depende del volumen sólido; ambas dependen del peso seco en horno y ambas se calculan como el peso unitario de las partículas de agregados dividido peso el unitario del agua.

Su determinación se puede realizar de varios métodos:

#### **Agregados Grueso:**

- Método del Sifón
  
- Método del Picnómetro
  
- Método de la canastilla



### **Agregado fino:**

- Método del Picnómetro
- Método de Le Chatellier
- Método de Matraces.

### **Absorción y contenido de humedad de los agregados:**

La absorción es la capacidad del agregado para llenar de agua sus poros permeables, así pues, depende del tamaño, continuidad y capacidad total de los mismos.

Hay que diferenciar entre absorción y contenido de humedad ya que la absorción es un valor constante del agregado y el contenido de humedad es variable en función de la exposición del agregado al interperismo (sol, lluvia, viento etc.).

#### **✓ MATERIAL Y EQUIPO:**

- Agregado grueso
- Agregado fino
- Balanza con una precisión de 0.1 gr.
- Placa de vidrio
- Balanza con una precisión de 1 gr.
- Matraces
- Franela o toallas de papel.
- Termómetro.

- Malla No. 4
- Charolas
- Baño de María
- Cuchara de albañil.
- Horno de temperatura constante (110°).

✓ **PROCEDIMIENTO:**

➤ **Absorción del agregado fino y grueso**

1. Cuartear el material para obtener una muestra representativa que se colocará sumergida, en un recipiente con agua.
2. Tomar una muestra (500 gr) que se ha dejado previamente sumergida en el agua durante 24 horas, decantando el exceso de agua con cuidado para evitar pérdida del material más fino.
3. Secar el agregado fino superficialmente.
4. Utilizando el molde tronco cónico, compactar suavemente con el pisón en tres capas de espesor similar, aplicándole 25 golpes (10, 9, 6) respectivamente.
5. Enrasar el agregado fino con el borde del molde.

6. Levantar el molde y observar el comportamiento del agregado fino moldeada: si al quitar el molde el agregado fino no presenta ninguna deformación en su base superior, se repetirán los pasos del 4 al 6 hasta que, al quitar el molde, el agregado fino se desmorone formando un cono, lo que nos indicaría la condición de saturado con superficie seca o de un contenido de humedad menor que esta condición.
7. Inmediatamente se procede a pesar de 200 a 500 gr de agregado fino en esta condición y se anota este peso como  $W_{sss}$ .
8. Colocar la muestra en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas después de lo cual se procede a sacar del horno la muestra y pesarla, anotando este peso como  $W_s$ .

➤ **Absorción del agregado grueso**

1. Cuartear el material para obtener una muestra representativa y colocarla sumergida en un recipiente por 24 horas.
2. Tomar la muestra que se ha dejado sumergida y secarla con una franela.
3. Pesar de 3 a 5 kg , llamando a este  $W_{sss}$ .
4. Colocar la muestra en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas después de lo cual se procede a sacar del horno la muestra y pesarla, anotando este peso como  $W_s$ .

✓ **CÁLCULOS:**

Calcular el porcentaje de absorción del agregado fino y grueso por medio de la siguiente ecuación.

**Ecuación: 3.3:** *Porcentaje de absorción del agregado fino y grueso*

$$\% = \frac{W_{sss} - W_s}{W_s} \times 100$$

**Fuente:** *ASTM C 127*

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO**

✓ **MÉTODO DE LA CANASTILLA:**

1. Pesar de 3 a 5 kg de material húmedo, el cual ha sido previamente saturado en aguas 24 horas antes, desechar el material que pase la malla No. 4.
2. Secar superficialmente el agregado grueso con papel toalla para eliminar el agua superficial y pesarla nuevamente para obtener el peso saturado superficialmente seco  $W_{sss}$ .
3. Colocar el material en la canastilla y sumergirlo en un recipiente con capacidad mínima de 16 lt.
4. Obtener el peso sumergido del material utilizando una balanza,  $W_{sum}$ .
5. Sacar el material de la canastilla y dejarlo secar en el horno durante 24 horas a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
6. Pesar la muestra después de 24 horas y anotar este como peso seco  $W_s$ .
  - Gravedad específica en masa (basado en el agregado seco)

✓ **CALCULOS**

**Ecuación 3.4:** *Gravedad específica en masa (Agregado seco)*

$$G_s = \frac{W_s}{W_{SSS} - W_{sum}}$$

**Fuente:** ASTM C 128

- Gravedad específica en masa (basada en el agregado saturado superficialmente seco)

**Ecuación 3.5:** *Gravedad específica en masa (Agregado saturado superficialmente seco)*

$$G_s = \frac{W_{SSS}}{W_{SSS} - W_{sum}}$$

**Fuente:** ASTM C 128

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO:**

✓ **GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO POR EL MÉTODO DEL PICNÓMETRO**

1. Lavar el picnómetro y ponerlo a secar.
2. Introducir agua al frasco de vidrio, colocarle el empaque y el cono, terminarlo de llenar para verificar si no existen fugas.
3. Cuando el picnómetro este lleno, secarlo por la parte exterior y pesar el conjunto  $W_{f+a}$ .
4. Pesar 500 gr de agregado fino en la condición saturada superficialmente seca.
5. Introducir el agregado fino al picnómetro vacío y llenar con agua hasta alcanzar aproximadamente el 90% del volumen total.

6. Revertir y agitar el picnómetro para eliminar las burbujas de aire, posteriormente llevar el nivel de agua en el picnómetro hasta su capacidad de calibración.
7. Secarlo por la parte exterior, y pesar el conjunto  $W_{f+a}$ .
8. Retirar el agregado fino del frasco y colocarlo al horno por 24 horas a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C, pasado ese tiempo sacar la muestra del horno, dejarla enfriar a temperatura ambiente por un período de ½ hora y obtener el peso de la muestra  $W_a$ .

✓ **CALCULOS**

**Ecuación 3.6:** *Gravedad específica del agregado fino por el Método del Picnómetro*

$$G_s = \frac{W_{sss}}{W_{fa} + W_{sss} - W_{faa}}$$

**Fuente:** *ASTM C 127*

Donde:

$W_{sss}$  = Peso del agregado fino en condición de saturada superficialmente seca.

$W_{fa}$  = Peso del picnómetro + agua a la temperatura.

$W_{faa}$  = Peso del picnómetro + agua + agregado fino

**Tabla 3.3:** *Peso mínimo de muestra de ensayo según tamaño nominal de agregado*

Tamaño nominal máx. pulg. (mm)	Peso mínimo de la muestra (Kg.)
½ (12.5) o menor	2
¼ (19.0)	3
1 (25.0)	4
1 ½ (37.5)	5
2 (50.0)	8
2 ½ (3.0)	12
3 (75.0)	18
3 ½ (90)	25

**Fuente:** ASTM C 128

**Fotografías 3.2** *Procedimiento para la elaboración del ensayo de gravedad específica del agregado fino por el método del picnómetro*



**Fuente:** *Elaboración propia*

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO (ASTM C 127)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** AGREGADO GRUESO

**LUGAR DE PROCEDENCIA:** CANTERA SINAI, ARAMUACA, SAN MIGUEL

**FECHA DE ENSAYO:** 27 DE ABRIL DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO GRUESO POR EL METODO DE LA CANASTILLA</b>	
Tamaño máximo del agregado:	3/8 Pulg
Peso inicial de la muestra saturada superficialmente seca ( $W_{SSS}$ ):	2.000 Kg
Peso del recipiente sumergido:	0.880 Kg
Peso del recipiente sumergido + muestra:	2.060 Kg
Peso de la muestra sumergida ( $W_{sum}$ )	1.170 Kg
Gravedad especifica en masa ( $G_s$ )	2.410
<b>ABSORCION</b>	
Peso del recipiente:	0.080 Kg
Peso inicial de la muestra saturada superficialmente seca ( $W_{SSS}$ ):	1.000 Kg
Peso seco de la muestra ( $W_s$ ):	0.950 Kg
% Absorción:	5.26%



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO (ASTM C 128)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** AGREGADO FINO

**LUGAR DE PROCEDENCIA:** RIO LEMPA, USULUTAN

**FECHA DE ENSAYO:** 27 DE ABRIL DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO FINO POR EL METODO DEL PICNOMETRO</b>	
Peso inicial de la muestra saturada superficialmente seca ( $W_{sss}$ ):	0.500 Kg
Peso del frasco más agua ( $W_{fa}$ ):	1.295
Peso del frasco-agua+agregado fino ( $W_{faa}$ ):	1.585 Kg
Gravedad especifica en masa ( $G_s$ )	2.350
<b>ABSORCION</b>	
Peso del recipiente:	0.100 kg
Peso inicial de la muestra saturada superficialmente seca ( $W_{sss}$ ):	1.000Kg
Peso seco de la muestra ( $W_s$ ):	0.925 Kg
% Absorción:	8.1 %

### **3.4 ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C 136)**

Por granulometría o análisis granulométrico de un material, se entiende como el procedimiento manual o mecánico por medio del cual, se pueden separar las partículas que constituyen el material según sus tamaños; de tal manera que se pueda conocer las cantidades en peso de cada tamaño que al sumarlas dan el peso total de la muestra.

Para separar los tamaños se utilizan mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo del material en cada una de ellas. Los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al peso total de la muestra. Estos porcentajes se calculan tanto parciales como acumulados en cada malla, con los porcentajes acumulados que pasan las mallas se traza la gráfica de valores del material.

Los estándares de la ASTM C-33 nos muestra los requisitos de granulometrías para agregados finos (ver tabla 3.4) y agregados gruesos (ver tabla 3.5), la que establece el máximo y mínimo, es decir, la zona donde debe estar contenido el diagrama granulométrico para que el material sea aceptable para ser utilizado en la elaboración de concreto.

De la granulometría de agregado grueso se puede obtener el tamaño máximo del agregado, el que se define según la ASTM C 125 y el ACI 116 como el menor tamaño de malla por el cual todo agregado debe de pasar, este término se debe de diferenciar del tamaño máximo nominal, el que se define como el menor tamaño de malla por el cual

debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del tamaño del agregado.

Comúnmente la granulometría del agregado fino suele identificarse por su Módulo de Finura, la que es definida por la ASTM C 125 como la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices que van del N°4 al N°100, dividido entre 100, un módulo de finura menor a 2.2 es un indicativo de un agregado demasiado fino y mayor a 3.1 como un agregado demasiado grueso para usarse en el concreto. La tabla 3.6 muestra una clasificación del agregado fino dependiendo de su módulo de finura.

**Tabla 3.4:** *Requisitos de granulometría para agregado fino*

Tamaño de la malla	Porcentaje que pasa en peso
9.52mm. (3/8)	100
4.75mm.(N°4)	95 a 100
2.36mm.(N°8)	80 a 100
1.18mm.(N°16)	50 a 85
0.60mm.(N°30)	25 a 60
0.30mm.(N°50)	10 a 30
0.15mm.(N°100)	2 a 10

**Fuente:** *ASTM C 33*

**Tabla 3.5:** *Requisitos de granulometría para agregado grueso*

Tamaño de la malla	Porcentaje que pasa en peso
12.5 mm. (1/2)	100
9.5 mm (3/8)	85 a 100
4.75mm.(N°4)	10 a 30
2.36mm.(N°8)	0 a 10
1.18mm.(N°16)	0 a 5
0.60mm.(N°30)	0 a 0

**Fuente:** *ASTM C 33*

**Tabla 3.6: Modulo de finura**

Módulo de finura	Clasificación
Menor que 2.0	Muy fina
2.0 – 2.3	Fina
2.3 – 2.6	Medianamente fina
2.6 – 2.9	Mediana
2.9 – 3.2	Medianamente gruesa
3.2 – 3.5	Gruesa
Mayor que 3.5	Muy gruesa

**Fuente:** ASTM C 33

En este caso para agregados combinados se usará una comparación granulométrica de acuerdo a la NCh 163, ya que la ASTM solo cuenta con parámetros exclusivos para los agregados finos y gruesos, se verificará primeramente los rangos que especifica la ASTM, debiendo cumplir estos, se harán las comparaciones con la NCh 163 con el agregado ya combinado, esta norma se aplica a los áridos de densidad real entre 2000 y 3000 kg/m<sup>3</sup>.

La NCh 163 usa los siguientes parámetros para combinación de agregados con tamaño máximo 3/8 Pulg.

**Tabla 3.7: Especificaciones granulométricas de agregados combinados usado para diseño de mezclas en el método.**

TAMIZ	TAMAÑO MAXIMO 3/8 “			
	D	A	B	C
3/4 Pulg	100	100	100	100
1/2 Pulg	100	100	100	100
3/8 Pulg	100	100	100	100
N° 4	30	61	74	87
N° 8	30	37	56	73
N° 16	30	22	41	59
N° 30	0	13	27	43
N° 50	0	5	13	26
N° 100	0	3	7	10

**Fuente:** NCh 163

**Zona 1:** Curvas límites C y D, Zona aceptable para granulometrías discontinuas.

**Zona 2:** Curvas límites A y B, Zona preferida.

**Zona 3:** Curvas límites B y C, Aceptable, pero requiere más cemento y agua.

✓ **MATERIAL Y EQUIPO:**

**Agregado fino:**

- Agregado fino
- Balanza de 0.1 gr. de precisión
- Juego de mallas: 3/8 Pulg, N° 4 (4.75mm.),  
N° 8 (2.36 mm), N° 16 (1.18mm.),  
N° 30 (600mm.), N°50 (300mm.),  
N° 100 (150 mm), fondo y tapa.
- Juego de pesas (500 y 1000 gr.)
- 1 Brochuelo
- 1 Recipiente de aluminio
- 1 Cucharón de aluminio
- 1 Ro-Tap (vibrador)

✓ **PROCEDIMIENTO:**

➤ **Agregado Fino:**

1. Para realizar esta práctica es necesario que la muestra esté completamente seca. El secado puede ser: en un horno (24 horas a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ) ó al aire.
2. Tomar 6 Kg. aproximadamente de agregado fino seco y cuartear dos veces el material: por el método de cono o en un cuarteador.
3. Tomar una muestra de acuerdo al tamaño del agregado, según lo que especifica el apartado donde se hace la preparación de la muestra.
4. Ensámblense las mallas en orden decreciente de abertura de la malla y coloque la muestra en la malla superior, agite las mallas por medio del ROP-TAP durante un tiempo de 15 minutos y posteriormente se deja reposar durante 3 minutos para que el polvo se asiente.
5. Pese la cantidad retenida en cada malla.

➤ **Agregado Grueso:**

1. Para realizar este ensayo es necesario que la muestra esté completamente seca. El secado puede ser: en un horno (24 horas a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  o al aire)
2. Tomar una cantidad de acuerdo al tamaño de la muestra, según el apartado donde se hace referencia a la preparación de la muestra.
3. El tamizado se hace manual; malla por malla, en orden decreciente de abertura.
4. Pese la cantidad retenida en cada malla.

✓ **CÁLCULOS:**

1. Se sumará la cantidad de material retenida en cada malla, lo que nos permitirá detectar cualquier pérdida durante el proceso de tamizado, si se tiene una pérdida de más de 0.5%, con respecto al inicial se considera que el ensayo no es satisfactorio, si es menor se considera válido y se procederá a compensar sumando o restando la diferencia entre el peso total de la muestra antes del tamizado y el peso total de la muestra después del tamizado, al mayor peso retenido, con el fin de obtener el peso inicial de la muestra.
2. Calcular los porcentajes de material retenido en cada tamiz, dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos entre el peso total seco.
3. Con los porcentajes retenidos parciales, calcular los porcentajes retenidos acumulados y los porcentajes pasando.
4. Trazar la curva granulométrica del material en una gráfica que tiene por abscisa en la escala logarítmica la abertura de las mallas y por ordenadas los % de material que pasan por dichas mallas, a escala natural.
5. El paso anterior se hará tanto para el agregado fino y grueso
6. Con referencia al paso número 4, graficar los rangos que establecen las normas en su correspondiente figura, tanto para agregados finos como para agregados gruesos; verificando de esta forma si cae la granulometría dentro del rango que corresponde.
7. Calcular el módulo de finura; para el agregado fino.

**Ecuación 3.7:** *Modulo de finura para agregado fino*

$$M.F = \frac{\% \text{ acumulado retenido desde la malla N}^\circ 4 \text{ a N}^\circ 100}{100}$$

**Fuente:** *ASTM C 136*

**Fotografías 3.3:** *Procedimiento de las pruebas de granulometría*



**Fuente:** *Elaboración propia*



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C 136)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS Y ACÚSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** AGREGADO FINO

**LUGAR DE PROCEDENCIA:** RÍO LEMPA, USULUTÁN

**FECHA DE ENSAYO:** 25 DE ABRIL DEL 2017

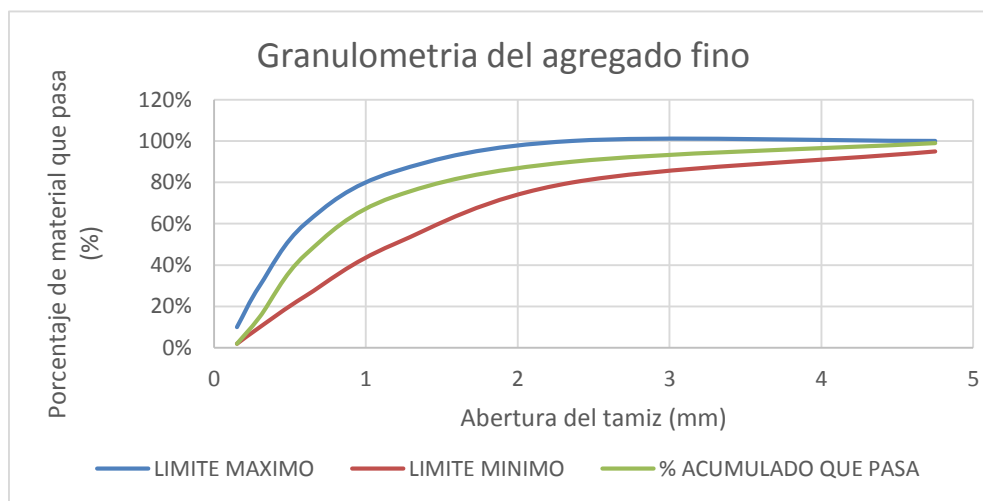
**LABORATORISTAS:** CAMPOS VÁSQUEZ, MARÍA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNÁNDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTÍNEZ, JORGE HUMBERTO

MALLA	ABERTURA (MM)	LÍMITE MÁXIMO	LÍMITE MÍNIMO	% ACUMULADO QUE PASA	OBSERVACION
No. 4	4.75	100%	95.00%	99.00%	CUMPLE
No. 8	2.36	100%	80.00%	90.00%	CUMPLE
No. 16	1.18	85.00%	50.00%	73.00%	CUMPLE
No. 30	0.60	60.00%	25.00%	45.00%	CUMPLE
No. 50	0.30	30.00%	10.00%	15.00%	CUMPLE
No. 100	0.150	10.00%	2.00%	2.00%	CUMPLE

*M.F = 2.76 MEDIANA*



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C 136)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** AGREGADO GRUESO

**LUGAR DE PROCEDENCIA:** CANTERA SINAI, ARAMUACA, SAN MIGUEL

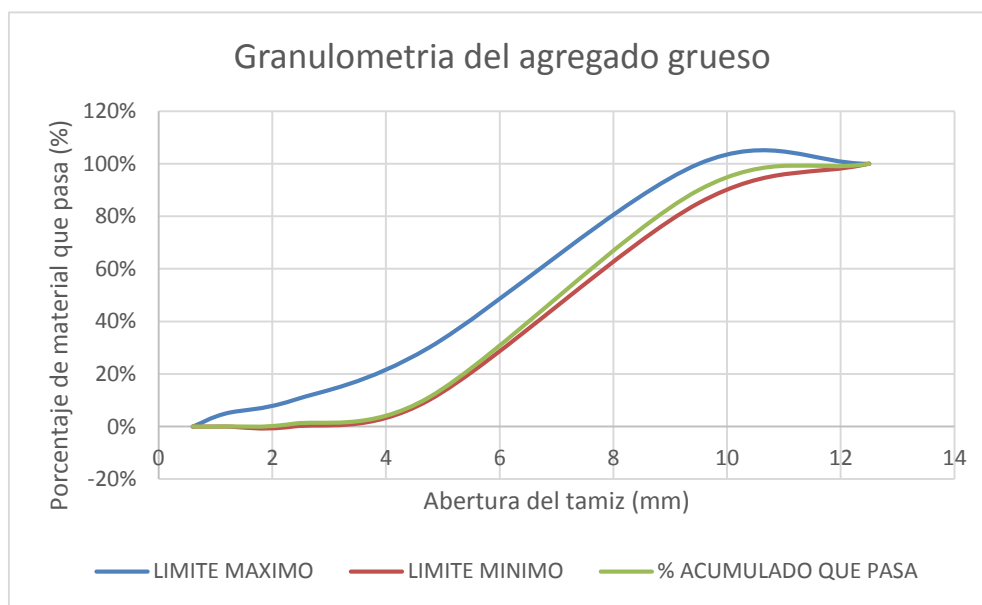
**FECHA DE ENSAYO:** 25 DE ABRIL DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

MALLA	ABERTURA (MM)	LIMITE MAXIMO	LIMITE MINIMO	% ACUMULADO QUE PASA	OBSERVACION
1/2 Pulg	12.5	100%	100%	100.00%	CUMPLE
3/8 Pulg	9.5	100%	85.00%	90.00%	CUMPLE
No. 4	4.75	30.00%	10.00%	11.00%	CUMPLE
No. 8	2.36	10.00%	0.00%	1.00%	CUMPLE
No. 16	1.18	5.00%	0.00%	0.00%	CUMPLE
No. 30	0.60	0.00%	0.00%	0.00%	CUMPLE



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C 136)**

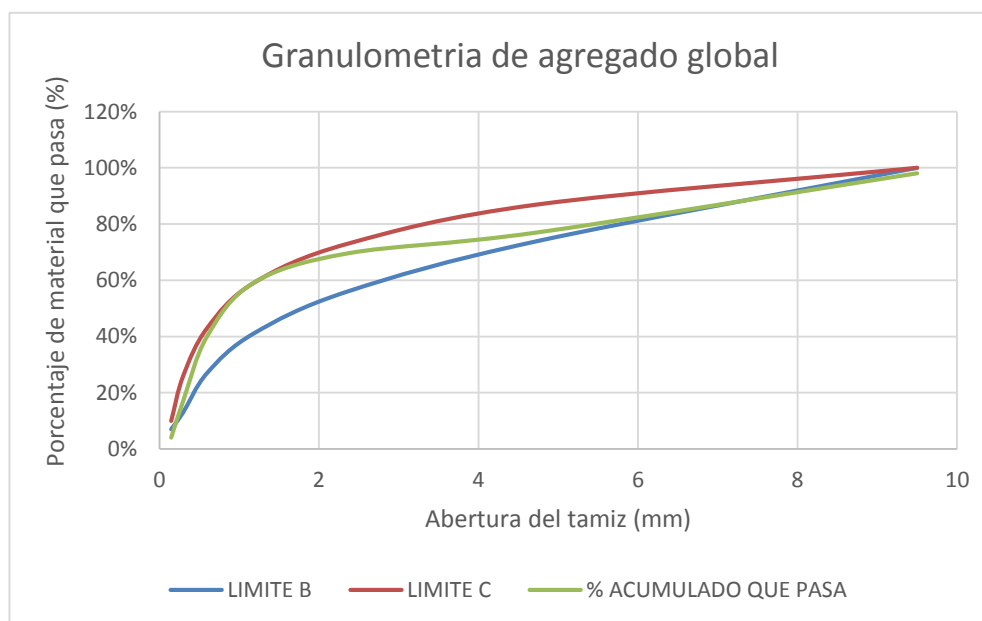
**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS Y ACÚSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** AGREGADO GLOBAL

**FECHA DE ENSAYO:** 25 DE ABRIL DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VÁSQUEZ, MARÍA DE LOS ANGELES  
 CASTILLO HERNÁNDEZ, SONIA YAMILETH  
 MOREIRA MARTÍNEZ, JORGE HUMBERTO

MALLA	ABERTURA (MM)	LÍMITE B	LÍMITE C	% ACUMULADO QUE PASA	OBSERVACION
3/8 Pulg	9.5	100%	100%	98.00%	NO CUMPLE
No. 4	4.75	74%	87%	77.00%	CUMPLE
No. 8	2.36	56%	73%	69.50%	CUMPLE
No. 16	1.18	41%	59%	59.00%	CUMPLE
No. 30	0.60	27%	43%	40.00%	CUMPLE
No. 50	0.30	13%	26%	17.00%	CUMPLE
No. 100	0.150	7%	10%	4.0%	CUMPLE



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C 136)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** PET

**LUGAR DE PROCEDENCIA:** IBERPLASTIC, LA LIBERTAD

**FECHA DE ENSAYO:** 25 DE ABRIL DEL 2017

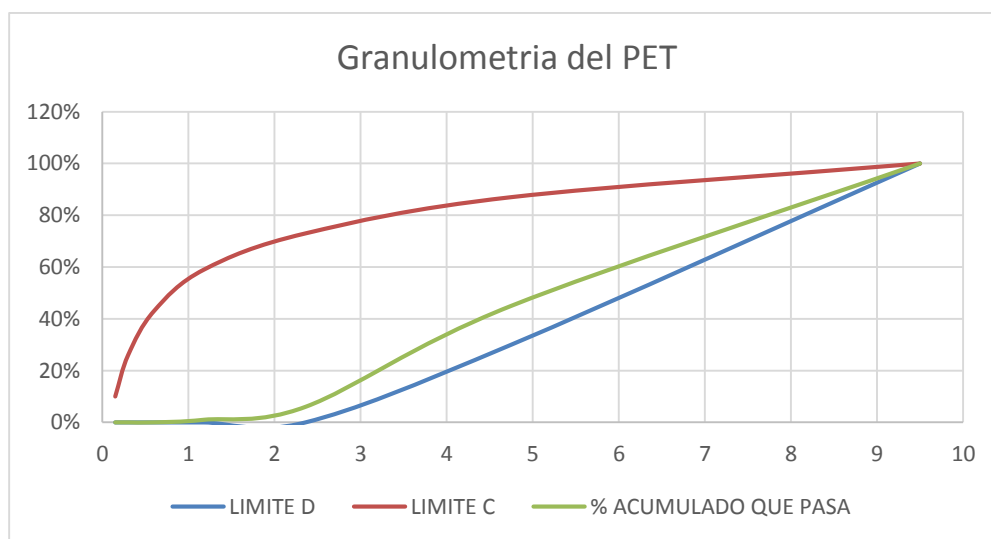
**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

MALLA	ABERTURA (MM)	LIMITE C	LIMITE D	% ACUMULADO QUE PASA	OBSERVACION
3/8 Pulg	9.5	100%	100%	100.00%	CUMPLE
No. 4	4.75	87%	30.0%	45.00%	CUMPLE
No. 8	2.36	73.0%	0.00%	6.00%	CUMPLE
No. 16	1.18	59.0%	0.00%	1.00%	CUMPLE
No. 30	0.60	43.00%	0.00%	0.00%	CUMPLE
No. 50	0.30	26.00%	0.00%	0.00%	CUMPLE
No. 100	0.150	10.00%	0.00%	0.00%	CUMPLE

*M. F = 3.48 MATERIAL GRUESO*



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C 136)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** 2.5% PET, 92.5% AGREGADOS GLOBAL

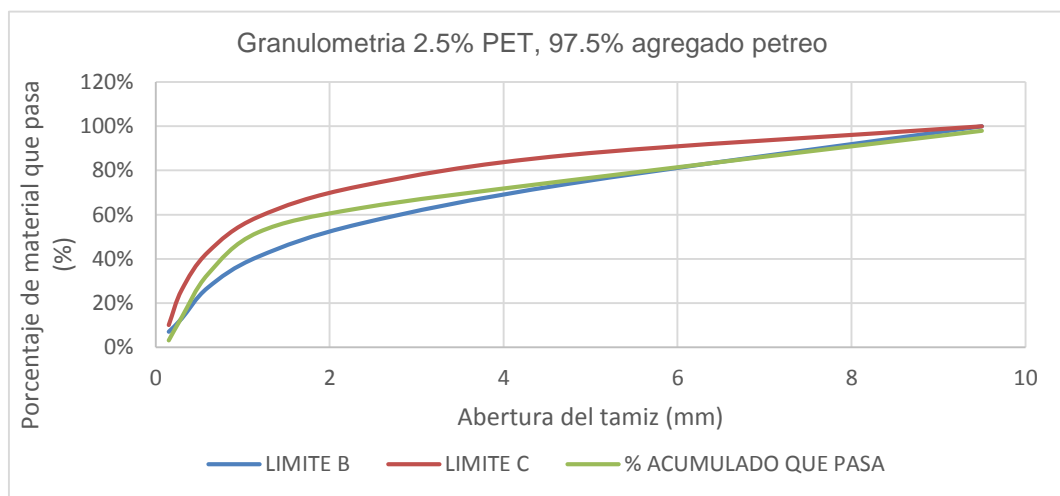
**FECHA DE ENSAYO:** 25 DE MAYO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

MALLA	ABERTURA	LIMITE C	LIMITE B	% ACUMULADO	OBSERVACION
3/8 "	9.5	100%	100%	<b>95.00%</b>	<i>NO CUMPLE</i>
No. 4	4.75	87%	74.0%	74.50%	CUMPLE
No. 8	2.36	73.0%	56.0%	67.50%	CUMPLE
No. 16	1.18	59.0%	41.0%	58.50%	CUMPLE
No. 30	0.60	43.00%	27.0%	40.50%	CUMPLE
No. 50	0.30	26.00%	13.0%	17.50%	CUMPLE
No. 100	0.150	10.00%	7.0%	4.00%	CUMPLE



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C 136)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** 5% PET, 95% AGREGADOS GLOBAL

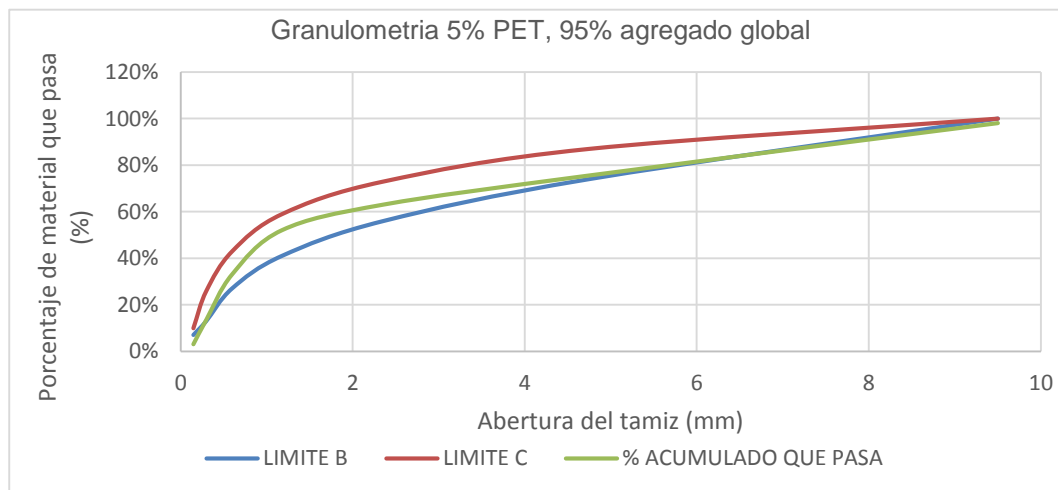
**FECHA DE ENSAYO:** 25 DE MAYO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

MALLA	ABERTURA	LIMITE C	LIMITE B	% ACUMULADO	OBSERVACION
3/8 "	9.5	100%	100%	<b>97.00%</b>	NO CUMPLE
No. 4	4.75	87%	74.0%	75.50%	CUMPLE
No. 8	2.36	73.0%	56.0%	65.50%	CUMPLE
No. 16	1.18	59.0%	41.0%	53.50%	CUMPLE
No. 30	0.60	43.00%	27.0%	34.50%	CUMPLE
No. 50	0.30	26.00%	13.0%	14.50%	CUMPLE
No. 100	0.150	10.00%	7.0%	3.00%	CUMPLE



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C 136)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS Y ACÚSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** 7.5% PET, 92.5% AGREGADO GLOBAL

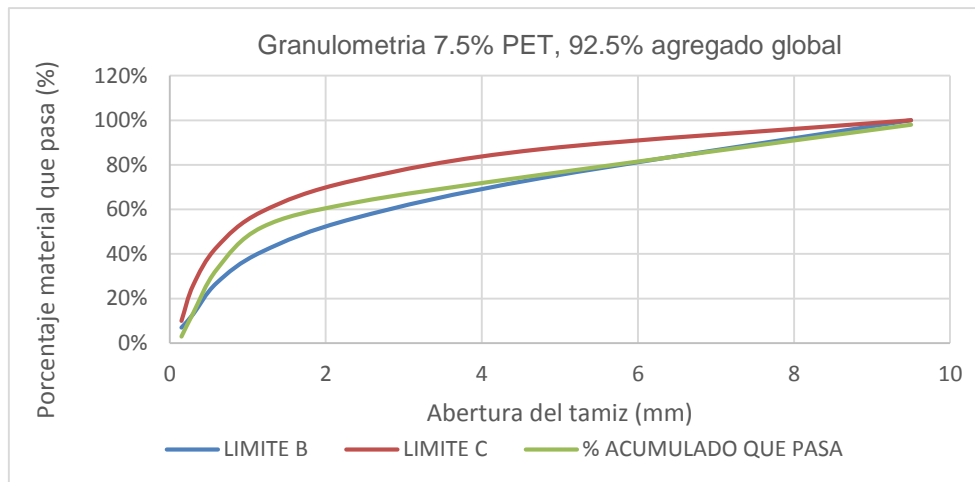
**FECHA DE ENSAYO:** 25 DE MAYO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VÁSQUEZ, MARÍA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNÁNDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTÍNEZ, JORGE HUMBERTO

MALLA	ABERTURA	LÍMITE C	LÍMITE B	% ACUMULADO	OBSERVACION
3/8 "	9.5	100%	100%	97.00%	NO CUMPLE
No. 4	4.75	87%	74.0%	76.00%	CUMPLE
No. 8	2.36	73.0%	56.0%	64.00%	CUMPLE
No. 16	1.18	59.0%	41.0%	52.00%	CUMPLE
No. 30	0.60	43.00%	27.0%	34.00%	CUMPLE
No. 50	0.30	26.00%	13.0%	14.00%	CUMPLE
No. 100	0.150	10.00%	7.0%	3.00%	CUMPLE



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C 136)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS Y ACÚSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** 10% PET, 90% AGREGADO GLOBAL

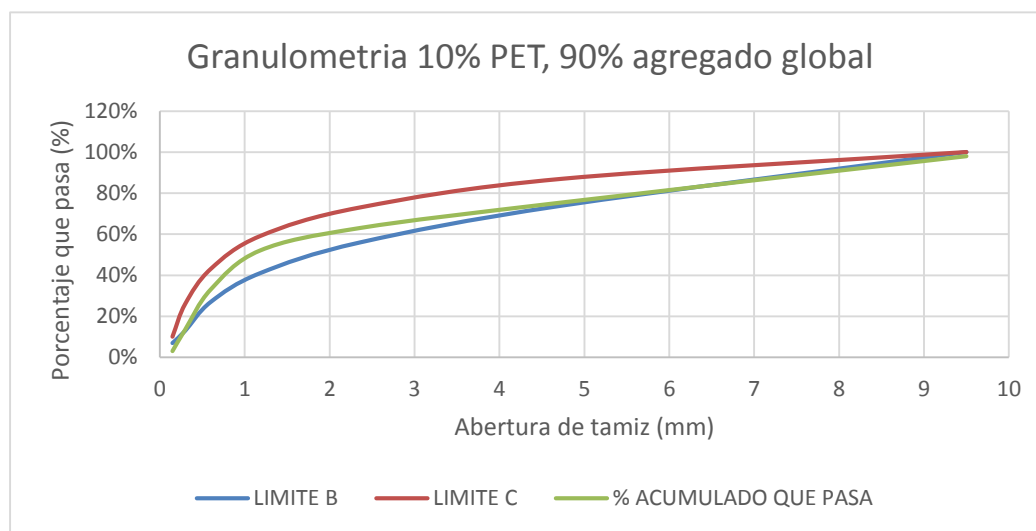
**FECHA DE ENSAYO:** 25 DE MAYO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VÁSQUEZ, MARÍA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNÁNDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTÍNEZ, JORGE HUMBERTO

MALLA	ABERTURA	LÍMITE C	LÍMITE B	%	OBSERVACION
3/8 "	9.5	100%	100%	98.00%	NO CUMPLE
No. 4	4.75	87%	74.0%	75.50%	CUMPLE
No. 8	2.36	73.0%	56.0%	63.00%	CUMPLE
No. 16	1.18	59.0%	41.0%	52.00%	CUMPLE
No. 30	0.60	43.00%	27.0%	33.00%	CUMPLE
No. 50	0.30	26.00%	13.0%	13.50%	CUMPLE
No. 100	0.150	10.00%	7.0%	3.00%	CUMPLE





### **3.5 DISEÑO DE MEZCLA PARA PREFABRICADOS USANDO EL MÉTODO INGLES**

#### **3.5.1 METODO DE DISEÑO DE MEZCLA PARA LA DOSIFICACION DE MATERIALES EN LA FABRICACION DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO.**

El proceso de dosificación para la fabricación de las unidades de mampostería de concreto se hará usando el método Ingles para el diseño de mezcla el cual se describe de la siguiente manera:

#### **3.5.2 DISEÑO DE MEZCLA**

##### **✓ SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO**

**Ecuación 3.8:** *Selección de tamaño máximo de agregado*

$$T_{max} = \frac{b}{3}$$

**Fuente:** *IDIEM*

b = Menor dimensión interna entre paredes del molde

Para este caso la ASTM C90 especifica un tamaño mínimo de paredes internas en las unidades de mampostería de concreto (tabiques), en este caso el valor es 25 mm

$$T_{max} = \frac{25mm}{3}$$

$$T_{max} = 8.33 \text{ mm}$$

Este valor esta entre el tamaño del agregado que pasa el tamiz 3/8" (9.52 mm) y que queda retenido en el tamiz N° 4 (4.75 mm), por lo tanto dejaremos el tamaño máximo nominal del agregado grueso en 3/8".

#### ✓ **CALCULO DE LA RESISTENCIA MEDIA DE DOSIFICACION**

De la ecuación 2.1 tenemos:

$$f_m = f_c + ts$$

$$f_c = 11.7 \text{ MPa}$$

$$s = 8 \text{ MPa}$$

$$t = 1.645$$

$$f_d = 11.7 \text{ MPa} + (1.645) (8 \text{ MPa})$$

$$f_d = 24.90$$

✓ **DETERMINACION DE LA RELACION AGUA CEMENTO**

POR CONDICION DE RESISTENCIA (Ver Tabla 2.6):

$$W/C = 0.55$$

POR CONDICIONES DE DURABILIDAD (Ver Tabla 2.7)

$$W/C = 0.45$$

Se elige la menor

✓ **ELECCION DE LA TRABAJABILIDAD** (Ver Tabla 2.9)

Para prefabricados según el método inglés tenemos:

Asentamiento en cm: 0 – 2

✓ **ELECCION DEL EQUIPO DE COMPACTACION** (Ver Tabla 2.10)

Para asentamientos menores a 2 cm: mecanismos de alta potencia tales como: vibrador externo, vibro-compresión, pisón mecánico.

✓ **CALCULO DEL AGUA LIBRE DE MEZCLADO (PARA AGREGADOS EN CONDICION SSS)**

Para tamaño máximo nominal de 9.52 mm y asentamiento menor a 2cm:

De Tabla 2.13, tenemos:

Agregado rondado:  $150 \text{ kg/m}^3$

Agregado chancado:  $180 \text{ kg/m}^3$

Cuando el árido grueso y la arena son de diferente tipo, la dosis de agua libre se calcula mediante la ecuación 2.2:

$$W = \frac{2}{3} W_a + \frac{1}{3} W_g$$

$W_a$  = dosis de agua para tipo de árido de la arena

$W_g$  = dosis de agua para tipo de árido del árido grueso

Para este caso el agregado fino es rondado y el agregado grueso es chancado:

$$W = \frac{2}{3} (150 \text{ kg/m}^3) + \frac{1}{3} (180 \text{ kg/m}^3)$$

$$W = 160 \text{ kg/m}^3$$

✓ **DETERMINANDO LA DOSIS DE CEMENTO**

De la ecuación 2.3:

$$C = \frac{W}{W/C}$$

$$C = \frac{160 \text{ kg/m}^3}{0.45}$$

$$C = 355.56 \text{ kg/m}^3$$

✓ **CANTIDAD DE AIRE PROMEDIO ATRAPADO**

Para un tamaño máximo de 10 mm tenemos: 0.03 m<sup>3</sup> (3%)

✓ **DETERMINACION DE LA DENSIDAD REAL (GRAVEDAD ESPECÍFICA) DEL AGREGADO GLOBAL**

Densidad real del agregado fino (método del picnómetro): 2.35

Densidad real del agregado grueso (método de la canastilla): 2.41

Para un agregado global con combinación de 75% agregado fino y 25% agregado grueso tenemos:

$$GE_{combinada} = 0.75(2.35) + 0.25(2.41)$$

$$GE_{combinada} = 2.37$$

✓ **ESTIMACION DEL PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO FRESCO COMPACTADO**

SE REALIZARA MEDIANTE LA FORMULA SIGUIENTE:

$$D = 10(GE_{combinada})(100 - \% \text{ aire atrapado}) + (C) \left(1 - \frac{GE_{combinada}}{GE_{cemento}}\right) - (W)(GE_{combinada} - 1)$$

$$D = 10(2.37)(100 - 3.00) + (355.56 \text{ kg/m}^3) \left(1 - \frac{2.37}{3.15}\right) - (160 \text{ kg/m}^3)(2.37 - 1)$$

$$D = 2298.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 88.04 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 219.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$D = 2167.74 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

✓ **CALCULANDO DOSIS DE AGREGADOS**

$$A = D - C - W$$

$$A = 2167.74 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 355.56 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - \frac{160 \text{ kg}}{\text{m}^3}$$

$$A = 1652.18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$A_{FINO} = 1652.18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (0.75)$$

$$A_{FINO} = 1239.14 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$A_{GRUESO} = 1652.18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (0.25)$$

$$A_{GRUESO} = 413.04 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**DISEÑO DE MEZCLAS PARA UNDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO USANDO EL  
 METODO INGLES**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**FECHA DE ENSAYO:** 3 DE MAYO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>Descripción</b>	<b>Referencia</b>	<b>Valor/Tipo</b>
Resistencia requerida	Especificada	11.700 MPa
Desviación estándar	Recomendada	8.000 MPa
Factor estadístico	Recomendado	1.645
Margen	Calculado	13.200 MPa
Resistencia de diseño	Calculada	24.900 MPa
Tipo de cemento	Portland tipo I	ASTM C 1157
Agregado fino	Rio Lempa	Rodado
Módulo de finura	Calculado	2.760
Gravedad específica	Calculada	2.350
Agregado grueso	Cantera Sinaí, Aramuaca	Chancado
Tamaño máximo	Especificado	3/8 Pulg
Gravedad específica	Calculada	2.410

HOJA 1/2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



**DISEÑO DE MEZCLAS PARA UNDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO USANDO EL METODO INGLES**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**FECHA DE ENSAYO:** 3 DE MAYO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

Descripción	Referencia	Valor/Tipo
Relación agua cemento	Por resistencia	
	Por durabilidad	
Uso del concreto	Prefabricado	Unidades de mampostería
Trabajabilidad	Cono de revenimiento	0 - 2 cm
Dosis de cemento	Calculada	355.560 Kg/m <sup>3</sup>
Dosis de agua	Calculada	160.000 Kg/m <sup>3</sup>
Densidad del hormigón fresco	Calculada	2167.740 Kg/m <sup>3</sup>
Dosis total de agregados	Calculado	1652.180 Kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de agregado fino	Calculado	75%
Dosis de agregado fino	Calculada	1239.140 kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de agregado grueso	Calculado	25%
Dosis de agregado grueso	Calculada	413.040 Kg/m <sup>3</sup>

HOJA2/2



**CAPITULO IV: FABRICACIÓN  
Y ENSAYOS DE UNIDADES DE  
MAMPOSTERÍA DE  
CONCRETO**

## **4.1 FABRICACIÓN DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO USANDO EL DISEÑO DE MEZCLA PROPUESTO**

### **4.1.1 GENERALIDADES**

Las unidades de mampostería de concreto se elaboran según diferentes modalidades que van desde una producción manual, hasta una fabricación totalmente automatizada. El proceso de fabricación aun cuando es variable en función del equipo y de las condiciones del medio, debe permitir obtener productos que tengan las condiciones mínimas de calidad aceptables, según los estándares correspondiente.

#### **4.1.1.1 MATERIA PRIMA**

Las unidades de mampostería de concreto, son generalmente fabricados con una mezcla relativamente seca de cemento y agua. Dependiendo de requerimientos específicos, a la mezcla de concreto se le pueden adicionar otros componentes como aditivos, pigmentos de color, repelentes de agua, etc.

Las características que las materias primas deben cumplir, para la fabricación de unidades de mampostería de concreto, que proporciona ASTM C90 son las siguientes:

- ✓ **Cemento:** los cementos que pueden utilizarse en la fabricación de unidades de mampostería de concreto portantes son los siguientes: Portland ASTM C 150, Cemento ASTM C 595 y ASTM C 1157.

- ✓ **Agregados:** los agregados desempeñan un papel importante en la determinación de las propiedades y características finales de las unidades de mampostería de concreto, tales como durabilidad, resistencia, uniformidad y propiedades térmicas y acústicas; por lo que los agregados deberán cumplir con especificaciones dadas en ASTM C 33 para agregados de peso normal y ASTM C 331 para agregados de peso ligero.
- ✓ **Agua:** se utilizarán, tanto para el mezclado como para el curado, las aguas que no perjudiquen el fraguado y endurecido del concreto.

Otros constituyentes: aditivos inclusores de aire, pigmentos de color, repelentes de agua y otros constituyentes deberán previamente establecerse, como adecuados para ser utilizados en las unidades de mampostería. Dichos constituyentes cumplirán los estándares de ASTM o deberá demostrarse por ensayos o experiencia que no actuaran en detrimento de la durabilidad del concreto en las unidades, o en cualquier otro material, utilizando en la construcción de mampostería.

#### **4.1.1.2 RECEPCIÓN, ALMACENAJE Y CONTROL DE MATERIAS PRIMAS.**

El lugar de recepción deberá ser amplio, para permitir que los camiones que transportan los materiales puedan maniobrar y descargar fácilmente, sin interferir con las actividades de producción. Se deberá de disponer del espacio y los métodos para el control de calidad de los materiales recibidos, verificando su procedencia, calidad y cantidad.

El cemento, deberá en todo momento protegerse de la humedad, almacenando las bolsas sobre tarimas de madera, cubriéndose con plásticos. Si es necesario el cemento a granel, este deberá depositarse en silos. Los agregados deberán almacenarse en un lugar destinado para ello, evitando su contaminación con elementos perjudiciales (aceite, polvo, desperdicios). Los agregados se deberán someter a un proceso de tamizado para garantizar los requisitos granulométricos y de limpieza.

Si se utilizan aditivos, estos deberán almacenarse siguiendo las recomendaciones del fabricante.

#### **4.1.1.3 DOSIFICACIÓN Y MEZCLA**

Debido a que la mezcla tiene una influencia muy importante, en la obtención de niveles de calidad óptimos del producto terminado, debe tenerse cuidado en cada paso de su elaboración.

La dosificación de la mezcla deberá realizarse por peso y se utilizarán las dosificaciones por volumen, solamente cuando las condiciones técnicas así lo obliguen. De realizarse por volumen, se podrá utilizar cualquier recipiente, tomando como medida la unidad del cemento y garantizando el uso del mismo recipiente, para medir todos los componentes de la mezcla.

##### **✓ Equipo e instalaciones necesarias**

La mezcla de los componentes debe ser afectada a través de una mezcladora que permita garantizar la máxima homogeneidad de la mezcla.

✓ **Procedimiento**

El tiempo de mezcla, medido a partir del final del de la carga de todos los componentes previstos, debe ser suficiente para garantizar la homogeneidad de la mezcla.

**Fotografía 4.1:** *Procedimiento de la dosificación y mezclado*



**Fuente:** *Elaboración propia*

#### **4.1.1.4 MOLDEADO Y VIBRO COMPACTACIÓN.**

Al llenarse el molde deberá tenerse el cuidado de vaciar la mezcla rellenando todos los espacios vacíos del molde, para que las unidades de mampostería de concreto fabricados tengan una calidad uniforme. Lo general, una vez que el concreto ha sido vaciado en el molde, la mezcla se compacta y consolida por una combinación de presión y vibración controlada, con el objetivo de que la mezcla se acomode en el molde.

La vibro compactación, es un proceso automatizado que consiste en comprimir a una determinada presión la mezcla ubicada en los moldes, produciéndose la vibración del conjunto al mismo tiempo de la compresión. Esta operación se realiza en un tiempo considerable para asegurar la calidad de las unidades.

**Fotografía 4.2:** *Procedimiento del moldeado y vibro compactación en la fabricación de las unidades de mampostería*



**Fuente:** *Elaboración propia*

#### 4.1.1.5 CURADO

Se procede al curado de las unidades de mampostería de concreto, el cual puede realizarse por vía húmeda en patios de curado abierto, por no menos de 3 días. También es posible realizar procedimientos de curado acelerado en plantas con cámaras de curado.

El proceso de curado tiene como objeto mantener unas condiciones suficientes de humedad, para que la unidad adquiera resistencia.

**Fotografía 4.3:** *Procedimiento del curado de las unidades de mampostería*



**Fuente:** *Elaboración propia*

## **4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO FABRICADOS CON MATERIAL RECICLADO**

### **4.2.1 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

#### **✓ MATERIAL Y EQUIPO:**

- Unidades de mampostería de concreto
  
- Cinta métrica.
  
- Balanza de 1 gramo de precisión.
  
- Máquina de prueba

#### **✓ PROCEDIMIENTO:**

1. Inmediatamente que las unidades de mampostería de concreto hayan llegado al laboratorio, deben marcarse con un distintivo ocupando para ello no más del 5% del área superficial del espécimen. Las unidades de mampostería deben estar en el laboratorio 72 horas antes de ser ensayados.
  
2. Pesar cada uno de las unidades de mampostería de concreto restantes, para determinar su peso húmedo. Anotar este peso como peso húmedo.
  
3. Tomar las dimensiones; alto, ancho y largo; cada valor será el promedio de dos mediciones realizadas en caras opuestas y sobre la línea central. Medir el espesor de



caras y membranas una sola vez y en el punto más delgado, preferentemente  $\frac{1}{2}$  pulg abajo de la cara que posee las membranas más delgadas. Calcular luego el área bruta de las unidades de mampostería de concreto

4. Calcular del área neta de las unidades de mampostería de concreto.
5. Pulir las caras de las unidades de mampostería de concreto de tal manera de que se obtenga una superficie plana.
6. Colocar la unidad de mampostería de concreto en la máquina, centrarlo y aplicar la carga. Anotar la carga de falla.

#### **Calculo de absorción:**

1. Secar al sol o al horno las unidades de mampostería de concreto durante 24 horas, pasado este período tomar su peso,  $W_s$ .
2. Luego sumergirlos en agua durante 24 horas (el agua deberá cubrir toda la muestra). Sacar las unidades de mampostería de concreto del agua, dejar escurrir por un minuto, secar el agua visible con un paño húmedo (para asegurar que el secado sea superficial), pesarlos y anotar este peso como  $W_{sss}$ .

✓ **CÁLCULOS:**

Calcular la resistencia a la compresión:

**Ecuación 4.1:** *Resistencia a la compresión*  
$$\text{Resistencia a la compresion} = \frac{\text{carga de ruptura}}{\text{area neta}}$$
**Fuente:** *ASTM C 140*

**Ecuación 4.2:** *Porcentaje de absorción.*  
$$\% \text{ absorcion} = \frac{W_{sss} - W_s}{W_s} \times 100$$
**Fuente:** *ASTM C 140*

Dónde:

$W_{sss}$  : Peso saturado superficialmente seco.

$W_s$  : Peso seco.

Contenido de humedad:

**Ecuación 4.3:** *Contenido de humedad*  
$$\% w = \frac{W_{humedo} - W_s}{W_s} \times 100$$
**Fuente:** *ASTM C 140*

Dónde:

$W_{humedo}$  = peso húmedo.

$W_s$  = peso seco.

**Fotografías 4.4** Procedimiento del ensayo de compresión de las unidades de mampostería de concreto y unidades de mampostería de concreto con PET



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Fotografías 4.5** *procedimiento del ensayo de absorción de las unidades de mampostería de concreto y unidades de mampostería de concreto con PET*



**Fuente:** *Elaboración propia*

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 7 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 7 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA BASE</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	10.740	10.460	10.360	10.460	10.460	10.500
Largo (mm)	395	395	396	393	392	394.200
Alto (mm)	185	185	189	183	188	186
Ancho(mm)	95	97	93	95	95	95
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	24	24	24	24	24
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.025	0.025	0.024	0.024	0.025	0.025
Carga aplicada (KN)	262	260	256	270	254	260.400
Resistencia a la compresión (MPa)	10.480	10.400	11.300	10.800	10.160	10.630

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 14 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 14 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA BASE</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	10.340	10.460	10.770	10	10.640	10.440
Largo (mm)	391	391	391	391	391	391
Alto (mm)	182	180	182	182	180	181.200
Ancho(mm)	95	96	96	96	96	95.800
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	24	23	25	24	24
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.024	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Carga aplicada (KN)	288	290	303	300	328	301.800
Resistencia a la compresión (MPa)	11.900	11.600	12.120	11.400	13.170	12.040

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 28 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 28 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA BASE</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	10.240	10.720	10.730	10.340	10.520	10.510
Largo (mm)	392	395	395	390	390	392.400
Alto (mm)	185	190	185	185	186	186.200
Ancho(mm)	97	98	95	95	96	96.200
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	23	23	25	24	23.800
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.027	0.028	0.024	0.026	0.025	0.026
Carga aplicada (KN)	439	368	320	424	362	382.600
Resistencia a la compresión (MPa)	16.250	13.190	13.330	16.120	14.480	14.670

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 7 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 7 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA CON 2.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	10.660	10.700	10.520	10.380	10.380	10.530
Largo (mm)	390	394	391	395	395	393
Alto (mm)	189	185	190	187	183	186.800
Ancho(mm)	95	98	92	90	97	94.400
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	23	25	24	24	24
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.026	0.022	0.024	0.024	0.024	0.024
Carga aplicada (KN)	274	240	270	280	254	263.600
Resistencia a la compresión (MPa)	10.530	10.900	11.250	11.670	10.580	10.990



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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 14 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 14 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA CON 2.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	10.370	10.410	10.370	10.230	10.460	10.370
Largo (mm)	392	390	392	391	391	391.200
Alto (mm)	181	180	181	183	182	181.400
Ancho(mm)	95	95	96	95	95	95.200
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	23	23	24	24	23.600
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.025	0.025	0.025	0.024	0.024	0.025
Carga aplicada (KN)	280	278	295	285	273	282.200
Resistencia a la compresión (MPa)	11.200	11.120	11.800	11.870	11.370	11.470

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 28 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 28 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA CON 2.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	10	10.120	10.400	10.520	9.950	10.200
Largo (mm)	390	390	390	390	390	390
Alto (mm)	185	190	185	185	190	187
Ancho(mm)	95	95	95	95	95	95
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	24	24	23	24	23.800
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.025	0.027	0.024	0.024	0.023	0.025
Carga aplicada (KN)	320	336	325	318	300	319.800
Resistencia a la compresión (MPa)	12.800	12.920	13.540	13.250	13.040	13.110

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 7 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 7 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA CON 5.0% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	9.460	9.420	10.380	9.500	9.780	9.710
Largo (mm)	396	393	395	397	395	395.200
Alto (mm)	180	185	185	190	185	185
Ancho(mm)	95	95	95	95	95	95
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	24	23	24	24	23.800
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.023	0.024	0.024	0.025	0.023	0.024
Carga aplicada (KN)	260	240	254	264	252	254
Resistencia a la compresión (MPa)	11.300	10	10.580	10.560	10.950	10.680

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 14 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 14 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA CON 5.0% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	9.790	10.530	9.650	9.410	10.580	9.990
Largo (mm)	391	391	391	392	392	391.400
Alto (mm)	182	180	182	180	184	181.600
Ancho(mm)	96	97	96	96	96	96.200
Espesor promedio de tabiques (mm)	23	24	24	24	25	24
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.025	0.025	0.024	0.024	0.025	0.0246
Carga aplicada (KN)	270	277	265	272	266	270
Resistencia a la compresión (MPa)	10.800	11.800	10.600	10.880	10.640	10.940

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 28 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 28 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA CON 5.0% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	9.580	9.590	9.750	9.390	9.500	9.560
Largo (mm)	395	390	390	390	390	391
Alto (mm)	180	185	185	190	185	185
Ancho(mm)	95	95	95	95	95	95
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	25	25	23	24	24.200
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.024	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Carga aplicada (KN)	270	295	313	319	315	302.400
Resistencia a la compresión (MPa)	11.250	11.340	12.520	12.760	12.600	12.090

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 7 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 7 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA CON 7.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	9.320	9.400	9.220	9.540	9.260	9.350
Largo (mm)	389	391	387	395	390	390.400
Alto (mm)	189	191	186	185	189	188
Ancho(mm)	95	95	95	95	95	95
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	23	23	24	24	23.600
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.022	0.023	0.023	0.024	0.023	0.023
Carga aplicada (KN)	182	192	190	186	178	185.600
Resistencia a la compresión (MPa)	8.270	8.350	8.260	7.750	8.090	8.140

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 14 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 14 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA CON 7.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	9.570	9.150	9.460	9.440	9.530	9.430
Largo (mm)	392	391	391	392	392	391.600
Alto (mm)	185	185	181	187	187	185
Ancho(mm)	95	95	95	95	95	95
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	24	23	24	24	23.800
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.024	0.025	0.025	0.024	0.025	0.025
Carga aplicada (KN)	226	242	249	235	241	238.600
Resistencia a la compresión (MPa)	9.040	9.680	9.960	9.790	9.640	9.620

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 28 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 28 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA CON 7.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	9.100	9.140	8.830	9.040	9.040	9.030
Largo (mm)	390	398	390	395	390	392.600
Alto (mm)	185	185	190	180	190	186
Ancho(mm)	98	98	95	95	95	96.200
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	23	24	23	25	23.800
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.024	0.025	0.025	0.024	0.023	0.024
Carga aplicada (KN)	270	283	280	277	259	273.800
Resistencia a la compresión (MPa)	11.250	11.320	11.200	11.540	11.260	11.310



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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 7 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 7 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA CON 10% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	9.020	9.100	8.880	8.720	8.820	8.910
Largo (mm)	390	395	392	398	395	394
Alto (mm)	185	184	186	190	187	186.400
Ancho(mm)	95	94	97	94	95	95
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	23	24	24	25	24
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.023	0.024	0.025	0.023	0.023	0.024
Carga aplicada (KN)	139	120	128	132	114	126.600
Resistencia a la compresión (MPa)	6.040	5	5.120	5.740	4.960	5.370

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 14 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 14 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA CON 10% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	8.940	8.920	8.860	8.830	8.610	8.830
Largo (mm)	391	392	391	391	390	391
Alto (mm)	183	181	184	183	183	182.800
Ancho(mm)	94	95	96	96	95	95.200
Espesor promedio de tabiques (mm)	23	23	24	24	24	23.600
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.024	0.024	0.025	0.025	0.025	0.025
Carga aplicada (KN)	170	167	179	183	190	177.800
Resistencia a la compresión (MPa)	7.080	6.950	7.160	7.320	7.600	7.220

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



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 28 DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** RESISTENCIA A LA COMPRESION

**LUGAR DE ENSAYO:** LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES, MZ CONSULTORES S.A. DE C.V.

**EDAD DE LOS ESPECIMENES:** 28 DIAS

**LABORATORISTA:** OSCAR RENE CHICAS

<b>MEZCLA CON 10% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	8.760	8.440	8.840	8.360	8.760	8.630
Largo (mm)	390	394	390	390	390	390.800
Alto (mm)	185	190	185	180	190	186
Ancho(mm)	95	97	95	95	95	95.400
Espesor promedio de tabiques (mm)	24	23	25	24	24	24
Área neta (mm <sup>2</sup> )	0.023	0.023	0.025	0.024	0.024	0.024
Carga aplicada (KN)	200	193	203	189	191	195.200
Resistencia a la compresión (MPa)	8.650	8.390	8.120	7.880	7.950	8.200

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** ABSORCION Y PESO VOLUMETRICO

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA BASE</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso inicial (Kg)	10.820	10.610	9.920	10.520	10.340	10.440
Peso seco (Kg)	10.338	10.135	9.667	10.047	9.883	10.010
Peo sumergido (Kg)	11.180	10.950	10.400	10.880	10.620	10.810
Volumen (desalojado) (m <sup>3</sup> )	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Densidad (Kg/ m <sup>3</sup> )	2067.600	2027	1933.400	2009.400	1976.600	2002.800
Contenido de humedad (%)	4.660	4.690	2.620	4.710	4.620	4.260
Absorción (Kg/ m <sup>3</sup> )	168.400	163	146.600	166.600	147.400	158.400
% Absorción	8.140	8.040	7.580	8.290	7.460	7.900

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** ABSORCION Y PESO VOLUMETRICO

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA CON 2.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso inicial (Kg)	10.640	10.780	9.720	9.700	10.960	10.360
Peso seco (Kg)	10.158	10.305	9.467	9.227	10.503	9.930
Peo sumergido (Kg)	10.940	11.080	10.240	10.220	11.280	10.750
Volumen (desalojado) (m <sup>3</sup> )	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Densidad (Kg/ m <sup>3</sup> )	2031.600	2061	1893.400	1845.400	2100.600	1986.400
Contenido de humedad (%)	4.750	4.610	2.670	5.130	4.350	4.300
Absorción (Kg/ m <sup>3</sup> )	156.400	155	154.600	198.600	155.400	164
% Absorción	7.700	7.520	8.170	10.760	7.400	8.310

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** ABSORCION Y PESO VOLUMETRICO

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA CON 5.0% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso inicial (Kg)	9.400	9.520	9.800	9.840	9.620	9.640
Peso seco (Kg)	9.018	9.045	9.147	9.167	9.063	9.090
Peo sumergido (Kg)	10	9.950	10.100	10.110	9.980	10.030
Volumen (desalojado) (m <sup>3</sup> )	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Densidad (Kg/ m <sup>3</sup> )	1803.600	1809	1829.400	1833.400	1812.600	1817.600
Contenido de humedad (%)	4.240	5.250	7.140	7.340	6.150	6.020
Absorción (Kg/ m <sup>3</sup> )	196.400	181	190.600	188.600	183.400	188
% Absorción	10.890	10.010	10.420	10.290	10.120	10.340

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** ABSORCION Y PESO VOLUMETRICO

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA CON 7.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso inicial (Kg)	9	9.400	9.120	9.420	9.150	9.220
Peso seco (Kg)	8.510	8.825	8.567	8.827	8.560	8.660
Peo sumergido (Kg)	9.460	9.810	9.510	9.800	9.520	9.620
Volumen (desalojado) (m <sup>3</sup> )	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Densidad (Kg/ m <sup>3</sup> )	1702	1765	1713.400	1765.400	1712	1731.560
Contenido de humedad (%)	5.760	6.520	6.460	6.720	6.890	6.470
Absorción (Kg/ m <sup>3</sup> )	190	197	188.600	194.600	192	192.440
% Absorción	11.160	11.160	11.010	11.020	11.210	11.110

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** DE JULIO DEL 2017

**TIPO DE ENSAYO:** ABSORCION Y PESO VOLUMETRICO

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA CON 10.0% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso inicial (Kg)	8.640	8.660	8.600	8.760	8.380	8.610
Peso seco (Kg)	8.380	8.485	8.247	8.527	8.310	8.390
Peo sumergido (Kg)	9.460	9.810	9.510	9.800	9.520	9.620
Volumen (desalojado) (m <sup>3</sup> )	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Densidad (Kg/ m <sup>3</sup> )	1676	1697	1649.400	1705.400	1662	1677.960
Contenido de humedad (%)	3.100	2.060	4.280	2.730	0.840	2.600
Absorción (Kg/ m <sup>3</sup> )	216	265	252.600	254.600	242	246.040
% Absorción	12.890	15.620	15.310	14.930	14.560	14.660



## **4.2.2 ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA TERMICA DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

### **✓ MATERIAL Y EQUIPO:**

- Unidades de mampostería de concreto.
- Cinta métrica.
- Balanza de 1 gramo de precisión.
- Caja para prueba
- Equipo de medición de temperatura
- Regleta de conexión eléctrica.
- Computadora

### **✓ PROCEDIMIENTO:**

1. Marcar las unidades de mampostería de concreto con un distintivo o numerarlos.
2. Pesar las unidades de mampostería de concreto.
3. Tomar las dimensiones; alto, ancho y largo; Cada valor será el promedio de dos mediciones realizadas en caras opuestas y sobre la línea central. Medir el espesor de caras y membranas una sola vez y en el punto más delgado, preferentemente  $\frac{1}{2}$  pulg abajo de la cara que posee las membranas más delgadas. Calcular luego el área superficial de la cara de las unidades de mampostería de concreto
4. Colocar las unidades de mampostería de concreto en la caja de ensayo.
5. Programar el equipo de obtención de temperatura, para tomar datos cada minuto.

6. Mantener el equipo de obtención de temperatura 1 minuto fuera para tomar la temperatura ambiente.
7. Colocar los equipos de obtención de temperatura en sus respectivos lugares: uno en el lado caliente, otro en la cavidad de la unidad de mampostería de concreto y por ultimo uno en el lado frio.
8. Colocar las tapaderas de material aislante
9. Mantener encendió los focos durante 15 minutos, luego apagar y encender el sistema 2 y 1 minuto respectivamente durante 30 minutos.
10. Dejar enfriar el sistema durante 5 minutos antes de retirar el equipo de medición de temperatura.
11. Usando el software del equipo extraer los datos de temperatura.

✓ **CONSIDERACIONES:**

- 1- La transferencia de calor a través de las unidades de mampostería de concreto es estacionaria, dado que las temperaturas superficiales permanecen constantes en los valores especificados
- 2- La transferencia de calor es unidimensional, ya que se realiza de manera predominante en la dirección x.
- 3- La conductividad térmica es constante
- 4- Se supuso que cualquier sección transversal de la pared normal a la dirección del flujo de calor es isotérmica.
- 5- El flujo de calor a través de las caras de las unidades de mampostería de concreto es constante

6- Se tomará las temperaturas de la base de datos un valor que este 5 minuto antes de terminado el ensayo para evitar algún error por lectura o inferencia al momento de extraer el equipo.

✓ **CALCULOS:**

La ecuación de transferencia de calor por convección se expresa de la siguiente manera:

**Ecuación 4.4:** *Transferencia de calor por convección*

$$Q_{conveccion} = h_{conv.interna} A_s (T_1 - T_2)$$

**Fuente:** *Transferencia de calor y masa, Yunus. A Cengel*

Donde:

$Q_{conveccion}$ : Trasterencia de calor por convección

$h_{conv. interna}$ : Coeficiente de convección interna en espacios cerrados (Se puede obtener de tablas)

$A_s$ : Es el área superficial a través de la cual influye la transferencia de calor por convección

$T_1$ : Temperatura en el sistema de generador de calor (focos)

$T_2$ : Temperatura en la cara expuesta de la unidad de mampostería de concreto

En este caso para el  $h_{\text{conv.interna}}$  se usaron valores tomados del documento:

“Comportamiento térmico de cerramientos soleados”<sup>2</sup>

Para calcular el coeficiente de conducción de calor a través de la pared de la unidad de mampostería concreto y de los extremos paralelos al flujo de calor usaremos la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.5:** *Coeficiente de conducción de calor a través de la pared de la unidad de mampostería concreto y de los extremos paralelos al flujo de calor*

$$k = \frac{LQ_{\text{conveccion}}}{A_s(T_2 - T_3)}$$

**Fuente:** *Transferencia de calor y masa, Yunus. A Cengel*

Dónde:

k: Coeficiente de conductividad térmica

L: Es el ancho del material

$Q_{\text{conveccion}}$ : Tráferencia de calor por convección

$A_s$ : Es el área superficial a través de la cual influye la transferencia de calor por convección

$T_2$ : Temperatura en la cara expuesta la unidad de mampostería de concreto

$T_3$ : Temperatura en la cavidad la unidad de mampostería de concreto

---

<sup>2</sup> Tesis doctoral presentada por D. Manuel Matin Monrroy, Universidad de las palmas de gran canaria. (capitulo 4 pagina 80, tabla 4.2 coeficiente  $h_i$  de conductancia superficial interior, incluyendo radiación.) ensayos realizados bajo normas ASTM de conductividad térmica

Para calcular el coeficiente de conducción de calor a través de los extremos paralelos al flujo de calor usaremos la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.6:** *Coeficiente de conducción de calor a través de los extremos paralelos al flujo de calor*

$$k = \frac{LQ_{conveccion}}{A_s(T_2 - T_4)}$$

**Fuente:** *Transferencia de calor y masa, Yunus. A Cengel*

Dónde:

k: Coeficiente de conductividad térmica

L: Es el ancho del material

Q<sub>conveccion</sub>: Trasterencia de calor por convección

A<sub>s</sub>: Es el área superficial a través de la cual influye la transferencia de calor por convección

T<sub>2</sub>: Temperatura en la cara expuesta de la unidad de mampostería de concreto

T<sub>4</sub>: Temperatura en la cara externa de la unidad de mampostería de concreto

Calcular el k medio

**Ecuación 4.7:** *Coeficiente de conducción de calor medio a través de los extremos paralelos al flujo de calor*

$$k_m = \frac{\sum kA}{\sum A}$$

**Fuente:** *Norma Basoca de la edificación NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas en edificios, Madrid, España*

Elaborar el esquema de resistencia térmica

La resistencia térmica de las paredes solidas está dada por:

**Ecuación 4.8:** *Resistencia térmica de las paredes solidas*

$$R_{\text{pared del bloque}} = \frac{L}{kA_s}$$

**Fuente:** *Transferencia de calor y masa, Yunus. A Cengel*

Dónde:

$R_{\text{pared del bloque}}$ : Es la resistencia de la pared de la unidad de mampostería de concreto en estudio

L: es el espesor de la pared

$A_s$ : Es el área de la pared

Para el caso de las cavidades y los extremos expuesto y externos de la unidad de mampostería de concreto la resistencia térmica está dada por:

**Ecuación 4.9:** *Resistencia térmica para las cavidades y los extremos expuesto y externos de la unidad de mampostería de concreto*

$$R_{\text{conveccion}} = \frac{1}{h_{\text{conveccion interna}} A_s}$$

**Fuente:** *Transferencia de calor y masa, Yunus. A Cengel*

Para sistema de resistencias en paralelo:

**Ecuación 4.10:** *Resistencia térmica en paralelo*

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

**Fuente:** *Transferencia de calor y masa, Yunus. A Cengel*

**Fotografías 4.6:** *Procedimiento para el ensayo de resistencia térmica de las unidades de mampostería de concreto*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA TERMICA DE UNIDADES DE  
MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 7 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA BASE</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	10.820	10.605	9.915	10.520	10.345	10.441
Largo (m)	0.392	0.395	0.395	0.390	0.390	0.392
Alto (m)	0.185	0.190	0.185	0.185	0.186	0.186
Ancho(m)	0.970	0.980	0.950	0.950	0.960	0.962
Espesores promedio de tabiques(m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área de exposición (m <sup>2</sup> )	0.073	0.075	0.073	0.072	0.072	0.073
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	2067.600	2027	1933.400	2009.400	1976.600	2002.800
Temperatura promedio de ensayo (°C)	53.633	57.197	55.750	56.350	54.570	55.500
Conductividad térmica (W/m.°C)	0.246	0.216	0.246	0.262	0.248	0.244
Resistencia térmica total (°C/W)	8.042	8.292	7.899	7.735	7.990	7.992
Resistencia térmica por unidad de área (°C.m/W)	0.583	0.622	0.577	0.558	0.580	0.584



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA TERMICA DE UNIDADES DE  
MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 8 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA CON 2.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	10.635	10.775	9.715	9.690	10.965	10.356
Largo (m)	0.390	0.390	0.390	0.390	0.390	0.390
Alto (m)	0.185	0.190	0.185	0.185	0.190	0.187
Ancho(m)	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950
Espesores promedio de tabiques(m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área de exposición (m <sup>2</sup> )	0.072	0.074	0.072	0.072	0.074	0.073
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	2031.600	2061	1893.400	1845.400	2100.600	1986.400
Temperatura promedio de ensayo (°C)	55.927	57.00	58.450	57.287	57.320	57.197
Conductividad térmica (W/m.°C)	0.213	0.216	0.191	0.255	0.257	0.226
Resistencia térmica total (°C/W)	8.498	8.386	9.118	7.834	7.656	8.299
Resistencia térmica por unidad de área (°C.m/W)	0.613	0.621	0.658	0.565	0.567	0.605

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA TERMICA DE UNIDADES DE  
MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 9 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

**MEZCLA CON 5.0% DE SUSTITUCION DE PET**

Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Peso (kg)	9.580	9.595	9.755	9.390	9.500	9.564
Largo (m)	0.395	0.390	0.390	0.390	0.390	0.391
Alto (m)	0.180	0.185	0.185	0.190	0.185	0.185
Ancho(m)	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095
Espesores promedio de tabiques(m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área de exposición (m <sup>2</sup> )	0.058	0.059	0.059	0.060	0.059	0.059
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1803.6	1809	1829.4	1833.4	1812.6	1817.60
Temperatura promedio de ensayo (°C)	55.440	55.463	55.630	57.043	56.427	56.001
Conductividad térmica (W/m.°C)	0.207	0.214	0.193	0.229	0.241	0.217
Resistencia térmica total (°C/W)	8.816	8.646	9.068	8.105	8.020	8.531
Resistencia térmica por unidad de área (°C.m/W)	0.627	0.624	0.654	0.601	0.579	0.617

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA TERMICA DE UNIDADES DE  
MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 10 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

**MEZCLA CON 7.5% DE SUSTITUCION DE PET**

Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Peso (kg)	9.100	9.135	8.325	9.045	9.045	8.930
Largo (m)	0.390	0.398	0.390	0.395	0.390	0.393
Alto (m)	0.185	0.185	0.190	0.180	0.190	0.186
Ancho(m)	0.098	0.098	0.095	0.095	0.095	0.096
Espesores promedio de tabiques(m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área de exposición (m <sup>2</sup> )	0.059	0.060	0.060	0.058	0.060	0.060
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1702	1765	1713.400	1765.400	1712	1731.560
Temperatura promedio de ensayo (°C)	55.547	55.440	57.377	55.370	55.273	55.801
Conductividad térmica (W/m.°C)	0.208	0.205	0.210	0.218	0.223	0.213
Resistencia térmica total (°C/W)	8.769	8.663	8.373	8.693	8.309	8.561
Resistencia térmica por unidad de área (°C.m/W)	0.633	0.638	0.620	0.618	0.616	0.625

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA TERMICA DE UNIDADES DE  
MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 11 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

**MEZCLA CON 10.0% DE SUSTITUCION DE PET**

<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	8.755	8.44	8.835	8.355	8.755	8.628
Largo (m)	0.390	0.394	0.390	0.390	0.390	0.391
Alto (m)	0.185	0.190	0.185	0.180	0.190	0.186
Ancho(m)	0.095	0.097	0.095	0.095	0.095	0.095
Espesores promedio de tabiques(m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área de exposición (m <sup>2</sup> )	0.059	0.061	0.059	0.057	0.060	0.059
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1676	1697	1649.400	1705.400	1662	1677.960
Temperatura promedio de ensayo (°C)	57.500	57.520	58.487	57.330	54.507	57.069
Conductividad térmica (W/m.°C)	0.191	0.200	0.201	0.212	0.231	0.207
Resistencia térmica total (°C/W)	9.022	8.563	8.765	8.859	8.051	8.652
Resistencia térmica por unidad de área (°C.m/W)	0.651	0.641	0.632	0.622	0.597	0.629

### **4.2.3 ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA ACUSTICA DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

#### **✓ MATERIAL Y EQUIPO:**

- Unidades de mampostería de concreto
  
- Cinta métrica.
  
- Balanza de 1 gramo de precisión.
  
- Caja para prueba
  
- Medidor de decibeles.
  
- Bocina.
  
- Computadora

#### **✓ PROCEDIMIENTO:**

1. Marcar las unidades de mampostería de concreto con un distintivo o numerarlos.
  
2. Pesar las unidades de mampostería de concreto
  
3. Tomar las dimensiones; alto, ancho y largo; cada valor será el promedio de dos mediciones realizadas en caras opuestas y sobre la línea central. Calcular luego el área superficial de la cara las unidades de mampostería de concreto.
  
4. Colocar la unidad de mampostería de concreto en la caja de ensayo.

5. Programar el equipo de obtención de decibeles, para tomar datos cada 10 segundos.
6. Tomar datos del ruido externo en el cuarto de ensayo, luego tomar datos del ruido en el interior de la caja acústica cerrada.
7. En el software generador de tonos programar el ruido rosa para un tiempo de 1 minuto (60,000ms).
8. Haciendo uso del software generador de tonos realizar ensayos a diferentes frecuencias hasta encontrar la frecuencia optima que sobrepase el ruido ambiente.
9. Encontrando la frecuencia optima se procede a reprogramar los equipos y se coloca uno en el recinto emisor y otro en el recinto receptor
10. Usando el software del equipo extraer los datos obtenidos.
11. Realizar las gráficas de temperatura para cada lectura respectiva

✓ **CALCULOS:**

Hacer un promedio de las 6 lecturas obtenidas en cada minuto para cada uno de los dos aparatos y tomar estos datos.

Calcular la diferencia bruta de decibles

**Ecuación 4.11:** *Diferencia bruta de decibles*

$$D = L_1 - L_2$$

**Fuente:** *Evaluación del acondicionamiento acústico y recomendaciones de diseño para salas de clases en la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la universidad de Chile*

Dónde:

D es la diferencia entre ambas zonas.

$L_1$  es la presión sonora registrada en el recinto emisor.

$L_2$  es la del recinto receptor.

También se calculará el porcentaje de absorción de las unidades en estudio de la siguiente manera:

**Ecuación 4.12:** *Porcentaje de absorción decibles*

$$\% \text{ e absorcion} = \frac{D}{L_1} \times 100$$

**Fuente:** *Evaluación del acondicionamiento acústico y recomendaciones de diseño para salas de clases en la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la universidad de Chile*

Calcular la resistencia acústica mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.13:** Resistencia de absorción decibels

$$R = D + 10 \log \left( \frac{T}{T_0} \right)$$

**Fuente:** *Evaluación del acondicionamiento acústico y recomendaciones de diseño para salas de clases en la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la universidad de Chile*

Donde:

D es la diferencia de nivel de presión acústica,

T es el tiempo de reverberación del recinto receptor

T<sub>0</sub> es el tiempo de reverberación de referencia, que para particiones se toma un valor de 0,5 segundos.

Para cuantificar el aislamiento acústico, se utilizará el coeficiente STC, clase de transmisión sonora. Es un índice de número único mediante el cual se cuantifica el aislamiento acústico proporcionado por una partición

**Ecuación 4.14:** *Índice de número único mediante el cual se cuantifica el aislamiento acústico proporcionado por una partición*

$$STC = 0.04W + 40$$

**Fuente:** *Evaluación del acondicionamiento acústico y recomendaciones de diseño para salas de clases en la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la universidad de Chile*

Donde:

W: es el peso en unidad de área de la sección



**Fotografías 4.7:** *Procedimiento para el ensayo de absorción acústica de unidades de mampostería*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA ACUSTICA DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 14 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA BASE</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	10.820	10.605	9.915	10.520	10.345	10.441
Largo (m)	0.392	0.395	0.395	0.390	0.390	0.392
Alto (m)	0.185	0.190	0.185	0.185	0.186	0.186
Ancho(m)	0.970	0.980	0.950	0.950	0.960	0.962
Área de exposición (m <sup>2</sup> )	0.073	0.075	0.073	0.072	0.073	0.073
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	2067.600	2027	1933.400	2009.400	1976.600	2002.800
Frecuencia de ensayo (Hz)	44,100	44,100	44,100	44,100	44,100	44,100
Frecuencia intervalo de tonos (Hz)	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Diferencia bruta de decibeles (Db)	23.370	20.900	19.820	19.420	19.980	20.700
Porcentaje de absorción	22.800	20.610	19.500	19.030	19.680	20.320
Resistencia acústica (Db)	44.160	41.690	40.610	40.210	40.770	41.490
STC (Db)	47.860	47.700	47.350	47.640	47.510	47.610

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA ACUSTICA DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 14 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA CON 2.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	10.635	10.775	9.715	9.690	10.965	10.356
Largo (m)	0.390	0.390	0.390	0.390	0.390	0.390
Alto (m)	0.185	0.190	0.185	0.185	0.190	0.187
Ancho(m)	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950
Área de exposición (m <sup>2</sup> )	0.072	0.074	0.072	0.072	0.074	0.073
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	2031.600	2061	1893.400	1845.400	2100.600	1986.400
Frecuencia de ensayo (Hz)	44,100	44,100	44,100	44,100	44,100	44,100
Frecuencia intervalo de tonos (Hz)	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Diferencia bruta de decibeles (Db)	19.320	21.250	21.020	19.370	21.970	20.580
Porcentaje de absorción	19.110	20.910	20.920	19.100	21.670	20.340
Resistencia acústica (Db)	40.110	42.040	41.810	40.160	42.760	41.370
STC (Db)	47.720	47.830	47.190	47.010	47.980	47.550

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA ACUSTICA DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 14 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA CON 5.0% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	9.385	9.525	9.790	9.835	9.615	9.630
Largo (m)	0.395	0.390	0.390	0.390	0.390	0.391
Alto (m)	0.180	0.185	0.185	0.190	0.185	0.185
Ancho(m)	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950
Área de exposición (m <sup>2</sup> )	0.071	0.072	0.072	0.074	0.072	0.072
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1803.600	1809	1829.400	1833.400	1812.600	1817.600
Frecuencia de ensayo (Hz)	44,100	44,100	44,100	44,100	44,100	44,100
Frecuencia intervalo de tonos (Hz)	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Diferencia bruta de decibeles (Db)	18.390	15.830	17.270	18.180	16.420	17.220
Porcentaje de absorción	18.150	15.880	17.070	18.060	16.130	17.060
Resistencia acústica (Db)	39.180	36.620	38.060	38.970	37.210	38.010
STC (Db)	46.850	46.870	46.950	46.970	46.890	46.910

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA ACUSTICA DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 15 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA CON 7.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	9.100	9.135	8.325	9.045	9.045	8.930
Largo (mm)	0.390	0.398	0.390	0.395	0.390	0.393
Alto (mm)	0.185	0.185	0.190	0.180	0.190	0.186
Ancho(mm)	0.098	0.098	0.095	0.095	0.095	0.096
Área de exposición (m <sup>2</sup> )	0.059	0.060	0.060	0.058	0.060	0.060
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1702	1765	1713.400	1765.400	1712	1731.560
Frecuencia de ensayo (Hz)	44100	44100	44100	44100	44100	44100
Frecuencia intervalo de tonos (Hz)	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Diferencia bruta de decibeles (Db)	14.630	16.480	14.520	8.530	13.800	13.570
Porcentaje de absorción	14.500	16.590	14.440	8.860	13.720	13.620
Resistencia acústica (Db)	35.420	37.270	35.310	29.320	34.590	34.360
STC (Db)	46.470	46.710	46.510	46.710	46.510	46.580

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA ACUSTICA DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 15 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA CON 10.0% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	8.755	8.440	8.835	8.355	8.755	8.628
Largo (mm)	0.390	0.394	0.390	0.390	0.390	0.391
Alto (mm)	0.185	0.190	0.185	0.180	0.190	0.186
Ancho(mm)	0.095	0.097	0.095	0.095	0.095	0.095
Área de exposición (m <sup>2</sup> )	0.059	0.061	0.059	0.057	0.060	0.059
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1676	1697	1649.400	1705.40	1662	1677.960
Frecuencia de ensayo (Hz)	44100	44100	44100	44100	44100	44100
Frecuencia intervalo de tonos (Hz)	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Diferencia bruta de decibeles (Db)	12.880	11.230	12.750	12.870	13.940	12.740
Porcentaje de absorción	12.840	11.350	12.540	12.970	13.730	12.690
Resistencia acústica (Db)	33.670	32.020	33.540	33.660	34.730	33.530
STC (Db)	46.370	46.450	46.270	46.480	46.320	46.380

#### **4.2.4 METODO DE ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA TASA INICIAL DE ABSORCIÓN (IRA) - ENSAYO DE CAMPO (ASTM C 67)**

✓ **MATERIAL Y EQUIPO:**

- Unidades de mampostería de concreto
  
- Cinta métrica.
  
- Balanza de 1 gramo de precisión.
  
- Botella de exprimido
  
- Una botella de plástico de presión, capacidad mínima de 100 ml.
  
- Probeta o recipiente graduado con un volumen minio de 100 ml
  
- Soportes metálicos de tamaño no mayor a 5 cm
  
- Recipiente plano con una profundidad máxima de 30 cm
  
- Dispositivo de sincronización
  
- Un dispositivo de temporización adecuado que indicará un tiempo de 1 minuto a 1s más cercano

✓ **PROCEDIMIENTO:**

1. Seleccionar cinco unidades de mampostería de concreto
2. Marcar las unidades de mampostería de concreto con un distintivo o numerarlos.
3. Calcular la densidad de las unidades de mampostería de concreto
4. Tomar las dimensiones; alto, ancho y largo; Cada valor será el promedio de dos mediciones realizadas en caras opuestas y sobre la línea central. Calcular luego el área superficial de la cara las unidades de mampostería de concreto.
5. Sumerja completamente las muestras en un recipiente de agua durante 2 h.
6. Pre-humedezca y drene la bandeja de absorción y colóquela sobre una superficie plana y nivelada.
7. Retire la unidad de mampostería de concreto previamente humedecido del recipiente, sacuda el agua superficial y coloque la unidad sobre los soportes en el recipiente.
8. Usando el recipiente graduado, llene la botella exprimidora con exactamente 100 ml de agua.
9. Coloque la unidad de mampostería de concreto directamente sobre los soportes, contando el tiempo cero como el momento en que la unidad entra en contacto con el agua. Al final de  $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$  levantar la probeta del agua e inclinar la unidad de mampostería de concreto agudamente de modo que una esquina sirva como un punto de goteo. Repita este procedimiento hasta que en el recipiente exprimidor no quede agua.



10. Registrar el tiempo que tarda en rociar el agua en la unidad de mampostería de concreto
11. Retirar la unidad y los soportes y recolectar el agua que queda en el recipiente de ensayo en la probeta y medir este volumen.
12. Para cinco unidades el agua se recolecta al terminar los cinco ensayos.

✓ **CALCULOS:**

Para calcular el IRA de campo por unidad usaremos la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.15:** *Medición de la tasa inicial de absorción (IRA)*

$$V_a = 100 - V_r$$

**Fuente:** *ASTM C 67*

Dónde:

$V_a$  = volumen absorbido

$V_r$  = volumen de agua recolectado después el ensayo

**Para más de un ensayo:**

**Ecuación 4.16:** *Medición de la tasa inicial de absorción (IRA) para más de un ensayo*

$$V_t = 100(n + 1) - V_r$$

**Fuente:** *ASTM C 67*

Dónde:

$V_t$  = volumen total medido de agua absorbida por todos los especímenes ensayados, ml,

$n$  = número de llenado de botellas exprimidoras,

$V_r$  = volumen de agua restante en la botella exprimidora, ml.

**Ecuación 4.17:** *Medición de la tasa inicial de absorción (IRA) promedio para “n”*

$$V_a = \frac{V_t}{n}$$

**Fuente:** ASTM C 67

Donde:

$V_t$  = volumen total medido de agua absorbida por todos los especímenes ensayados, ml,

$n$  = número de ensayos realizados

**Ecuación 4.18:** *Cálculo de la tasa inicial de absorción (IRA)*

$$I. R. A = \frac{V_a}{A_{abs} t} \left( \frac{kg}{m^2 \cdot min} \right)$$

**Fuente:** ASTM C 67

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**METODO DE ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA TASA INICIAL DE ABSORCIÓN (IRA) -  
 ENSAYO DE CAMPO (ASTM C 67)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C-1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 29 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA BASE</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	10.820	10.605	9.915	10.520	10.345	10.441
Largo (m)	0.392	0.395	0.395	0.390	0.390	0.392
Alto (m)	0.185	0.190	0.185	0.185	0.186	0.186
Ancho(m)	0.970	0.980	0.950	0.950	0.960	0.962
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	2067.6	2027	1933.4	2009.4	1976.6	2002.80
Volumen inicial (ml)	100	100	100	100	100	100
Volumen recolectado (ml)	88	89	86	88	87	87.600
Volumen absorbido (ml)	12	11	14	12	13	12.400
Tiempo de ensayo (min)	6.560	5.510	6.620	3.550	4.560	5.360
Área de absorción (m <sup>2</sup> )	0.0047	0.0074	0.0046	0.0047	0.0056	0.0054
IRA	0.380	0.270	0.460	0.720	0.510	0.470

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**METODO DE ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA TASA INICIAL DE ABSORCIÓN (IRA) -  
 ENSAYO DE CAMPO (ASTM C 67)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 29 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

**MEZCLA CON 2.5% DE SUSTITUCION DE PET**

Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Peso (kg)	10.635	10.775	9.715	9.690	10.965	10.356
Largo (m)	0.390	0.390	0.390	0.390	0.390	0.390
Alto (m)	0.185	0.190	0.185	0.185	0.190	0.187
Ancho(m)	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	2031.600	2061	1893.400	1845.400	2100.600	1986.400
Volumen inicial (ml)	100	100	100	100	100	100
Volumen recolectado (ml)	83	80	83	85	83	82.800
Volumen absorbido (ml)	17	20	17	15	17	17.200
Tiempo de ensayo (seg)	7.430	6.600	5.810	5.50	4.550	6.00
Área de absorción (m <sup>2</sup> )	0.0051	0.0045	0.0065	0.0047	0.0075	0.0057
IRA	0.450	0.670	0.450	0.580	0.500	0.530

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**METODO DE ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA TASA INICIAL DE ABSORCIÓN (IRA) -  
 ENSAYO DE CAMPO (ASTM C 67)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 29 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

**MEZCLA CON 5.0% DE SUSTITUCION DE PET**

Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Peso (kg)	9.385	9.525	9.790	9.835	9.615	9.630
Largo (m)	0.395	0.390	0.390	0.390	0.390	0.391
Alto (m)	0.180	0.185	0.185	0.190	0.185	0.185
Ancho(m)	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1803.600	1809	1829.400	1833.400	1812.600	1817.600
Volumen inicial (ml)	100	100	100	100	100	100
Volumen recolectado (ml)	72	72	75	70	72	72.200
Volumen absorbido (ml)	28	28	25	30	28	27.800
Tiempo de ensayo (seg)	6.300	7.750	5.500	3.500	4.800	5.570
Área de absorción (m <sup>2</sup> )	0.0075	0.0048	0.0067	0.0014	0.0081	0.0057
IRA	0.590	0.750	0.680	0.610	0.720	0.670

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**METODO DE ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA TASA INICIAL DE ABSORCIÓN (IRA) -  
 ENSAYO DE CAMPO (ASTM C 67)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 30 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

**MEZCLA CON 7.5% DE SUSTITUCION DE PET**

Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Peso (kg)	9.100	9.135	8.325	9.045	9.045	8.930
Largo (mm)	0.390	0.398	0.390	0.395	0.390	0.393
Alto (mm)	0.185	0.185	0.190	0.180	0.190	0.186
Ancho(mm)	0.098	0.098	0.095	0.095	0.095	0.096
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1702	1765	1713.4	1765.4	1712	1731.560
Volumen inicial (ml)	100	100	100	100	100	100
Volumen recolectado (ml)	53	50	54	53	50	52
Volumen absorbido (ml)	47	50	46	47	50	48
Tiempo de ensayo (seg)	5.650	6.750	6.60	5.550	6.90	6.290
Área de absorción (m <sup>2</sup> )	0.0057	0.0065	0.0045	0.0073	0.0075	0.0063
IRA	1.460	1.130	1.550	1.160	0.966	1.250

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**



**METODO DE ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA TASA INICIAL DE ABSORCIÓN (IRA) -  
 ENSAYO DE CAMPO (ASTM C 67)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**LUGAR DE FABRICACION:** FABRICA "EL INGENIO"

**TIPO DE CEMENTO USADO EN LA FABRICACION:** GU ASTM C 1157

**FECHA DE FABRICACION:** 30 DE JUNIO DEL 2017

**FECHA DE ENSAYO:** 30 DE AGOSTO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VASQUEZ, MARIA DE LOS ANGELES

CASTILLO HERNANDEZ, SONIA YAMILETH

MOREIRA MARTINEZ, JORGE HUMBERTO

<b>MEZCLA CON 10.0% DE SUSTITUCION DE PET</b>						
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Prom</b>
Peso (kg)	8.755	8.440	8.835	8.355	8.755	8.628
Largo (m)	0.390	0.394	0.390	0.390	0.390	0.391
Alto (m)	0.185	0.190	0.185	0.180	0.190	0.186
Ancho(m)	0.095	0.097	0.095	0.095	0.095	0.095
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1676	1697	1649.4	1705.4	1662	1677.96
Volumen inicial (ml)	100	100	100	100	100	100
Volumen recolectado (ml)	46	45	45	47	46	45.8
Volumen absorbido (ml)	54	55	55	53	54	54.2
Tiempo de ensayo (seg)	5.56	6.67	7.20	6.8	7.5	6.75
Área de absorción (m <sup>2</sup> )	0.0056	0.0047	0.0046	0.0065	0.0075	0.0058
IRA	1.730	1.750	1.660	1.200	0.960	1.460

**CAPITULO V:  
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE  
RESULTADO**



## 5.1 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO FABRICADOS.

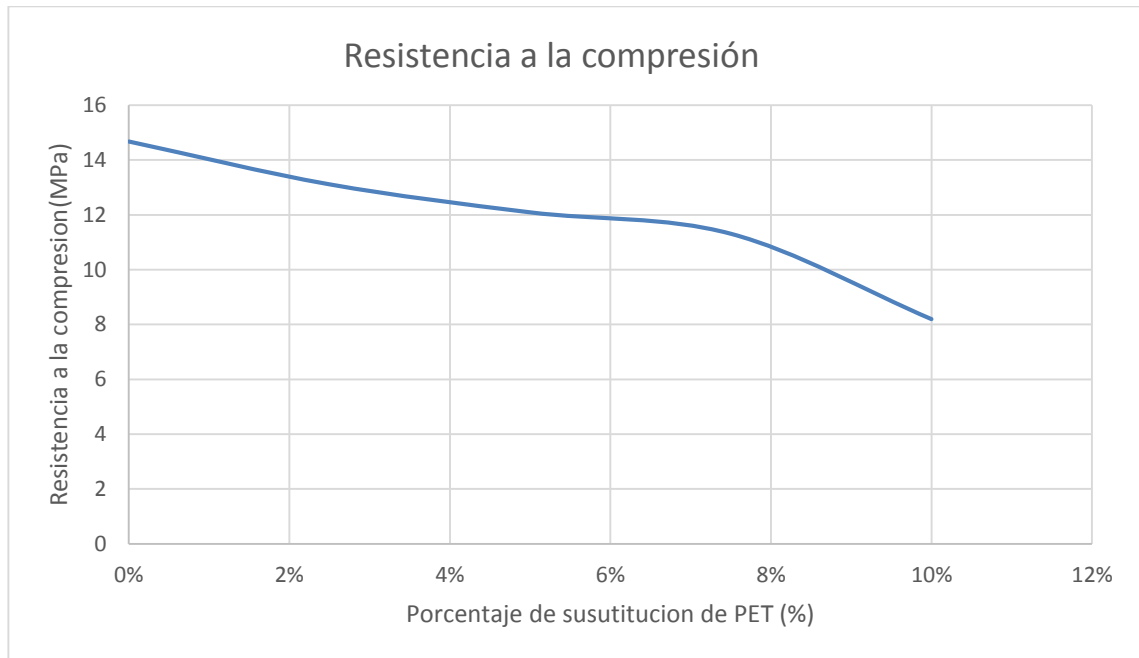
### 5.1.1 ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

**Tabla 5.1:** Resistencia a la compresión de unidades de mampostería a los 28 días.

Mezcla	Resistencia (MPa)
Base	14.67
2.50%	13.11
5%	12.09
7.50%	11.31
10%	8.2

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Grafica 5.1:** Resistencia a la compresión de unidades de mampostería.



**Fuente:** *Elaboración propia*

La grafica anterior presenta la resistencia a la compresión a los 28 días de las unidades de mampostería de concreto para los diferentes porcentajes de análisis en la cual se observa una disminución de resistencia a medida va aumentando el porcentaje de sustitución de PET.

La norma ASTM C 90 establece un rango de valores de resistencia a la compresión mínima para unidades individuales de 11.7 MPa y de 13.1 MPa para el promedio de tres unidades.

Se observa que para la unidad de mampostería de concreto fabricado con la mezcla base se obtuvo una resistencia de 14.67 MPa ya que al realizar el diseño de mezcla este pide un factor de seguridad lo cual aumenta la resistencia de diseño, en las mezclas con 2.5%, 5% y 7.5% de sustitución de PET se obtuvieron las resistencias 13.11 MPa, 12.09 MPa y 11.31 MPa respectivamente lo que significa que se encuentran dentro de los rangos establecidos según la norma ASTM C 90, sin embargo para la mezcla con 10% de sustitución de PET se obtuvo una resistencia de 8.2 MPa por lo tanto no se encuentra en el rango que establece la ASTM C 90.

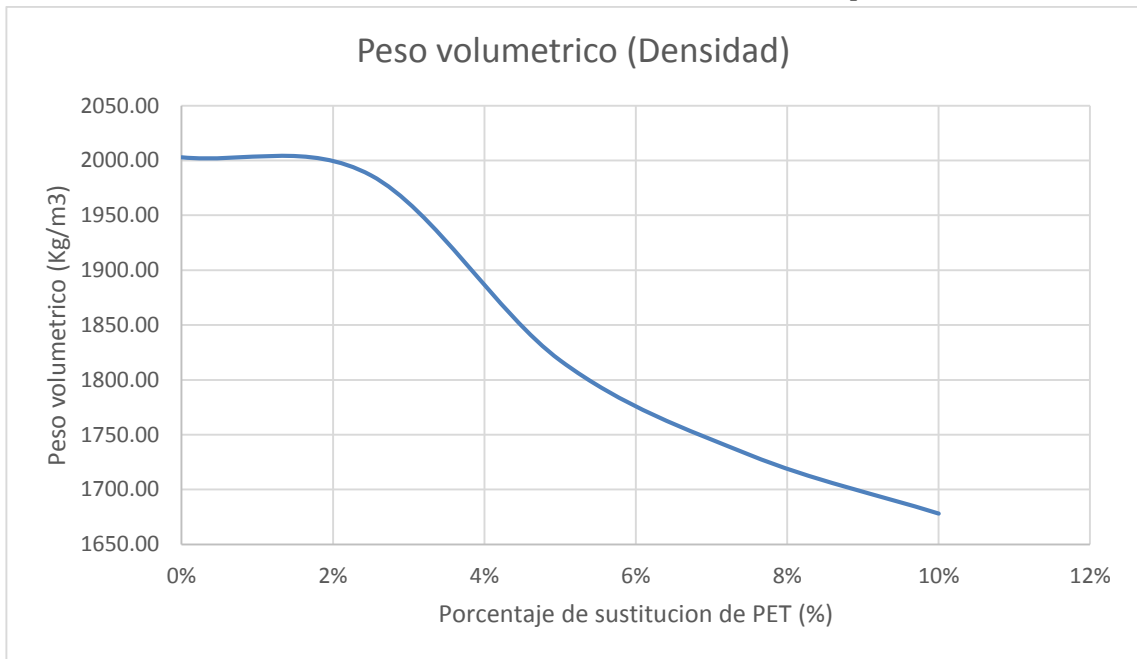
## 5.1.2 ANÁLISIS DE PESO VOLUMÉTRICO

**Tabla 5.2:** *Peso volumétrico de unidades de mampostería.*

Mezcla	Densidad(Kg/m <sup>3</sup> )
Base	2002.80
2.50%	1986.40
5%	1817.60
7.50%	1731.56
10%	1677.96

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Grafica 5.2:** *Peso volumétrico de unidades de mampostería.*



**Fuente:** *Elaboración propia*

La grafica anterior presenta el peso volumétrico de las unidades de mampostería para los diferentes porcentajes de análisis en la cual se observa una disminución a medida va aumentando el porcentaje de sustitución de PET.

La ASTM C 90 establece una clasificación de las unidades de mampostería de concreto por su densidad, de peso ligero los menores a  $1680 \text{ Kg/m}^3$ , peso medio de  $1680$  a  $2000 \text{ Kg/m}^3$  y peso normal de más de  $2000 \text{ Kg/m}^3$ .

Se observa que para la unidad de mampostería de concreto fabricado con la mezcla base se obtuvo una densidad de  $2002.80 \text{ Kg/m}^3$  por lo tanto se encuentra dentro del rango para peso normal según la ASTM C 90, en las mezcla con  $2.5\%$ ,  $5\%$  y  $7.5\%$  de sustitución de PET se obtuvieron densidades de  $1986.40 \text{ Kg/m}^3$ ,  $1817.60 \text{ Kg/m}^3$  y  $1731.56 \text{ Kg/m}^3$  respectivamente lo que significa que se encuentran dentro del rango de peso medio según la ASTM C 90, en las mezcla con  $10\%$  de sustitución de PET se obtuvo una densidad de  $1677.96 \text{ Kg/m}^3$  por lo tanto se encuentra dentro del rango de peso ligero según la ASTM C 90.

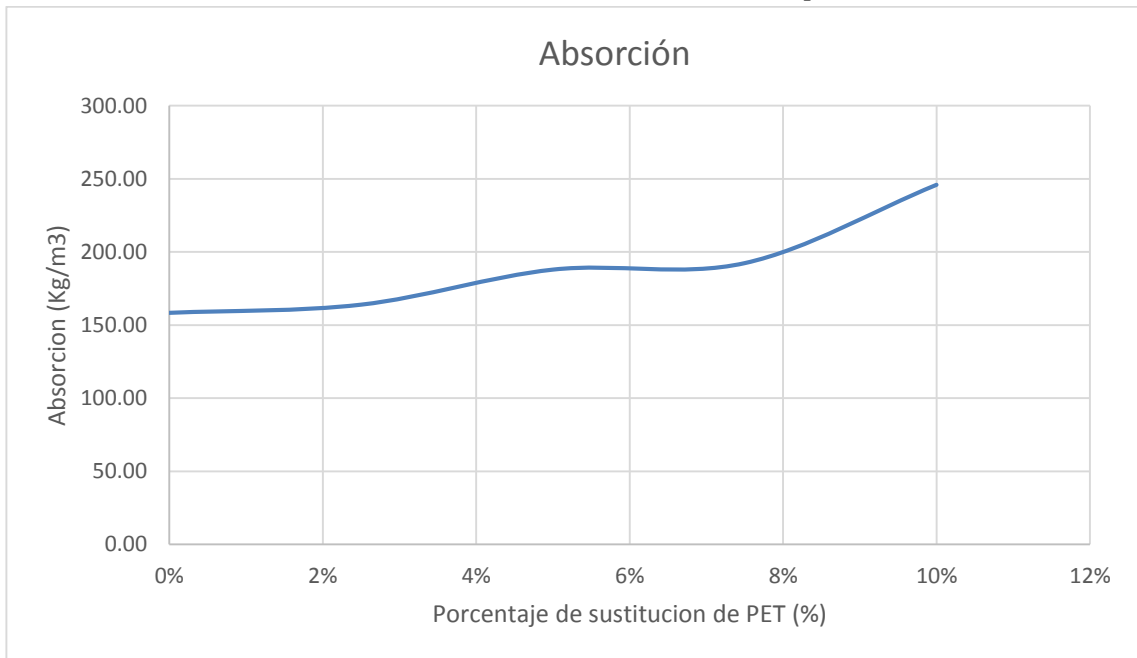
### 5.1.3 ANÁLISIS DE ABSORCIÓN.

**Tabla 5.3:** *Absorción de unidades de mampostería.*

Mezcla	Absorción(Kg/m <sup>3</sup> )
Base	158.40
2.50%	164.00
5%	188.00
7.50%	192.44
10%	246.04

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Grafica 5.3:** *Absorción de unidades de mampostería.*



**Fuente:** *Elaboración propia*

La grafica anterior presenta la absorción de las unidades de mampostería de concreto para los diferentes porcentajes de análisis la cual va aumentando de acuerdo al porcentaje de sustitución de PET.

La ASTM C 90 establece los requerimientos de absorción de acuerdo a la densidad de las unidades de mampostería para peso ligero un máximo de  $320 \text{ Kg/m}^3$  para unidades individuales y  $288 \text{ Kg/m}^3$  para el promedio de tres unidades, peso medio un máximo de  $272 \text{ Kg/m}^3$  para unidades individuales y  $240 \text{ Kg/m}^3$  para el promedio de tres unidades, peso normal un máximo de  $240 \text{ Kg/m}^3$  para unidades individuales y  $208 \text{ Kg/m}^3$  para el promedio de tres unidades.

Para las unidades de mampostería de concreto fabricado con mezcla base las cuales se encuentran dentro del peso normal se obtuvo una absorción de  $158.40 \text{ Kg/m}^3$  por lo tanto se encuentra por abajo del valor máximo establecido en la ASTM C 90, en las mezclas 2.5%, 5% y 7.5% de sustitución de PET las cuales se encuentran dentro del peso medio se obtuvo una absorción de  $164 \text{ Kg/m}^3$ ,  $188 \text{ Kg/m}^3$  y  $192.44 \text{ Kg/m}^3$  respectivamente por lo tanto se encuentran por abajo del valor máximo establecido en la ASTM C 90, la mezcla con el 10% de sustitución de PET se encuentra dentro del peso ligero y obtuvo una absorción de  $246.04 \text{ Kg/m}^3$  por lo tanto se encuentra por abajo del valor máximo establecido.

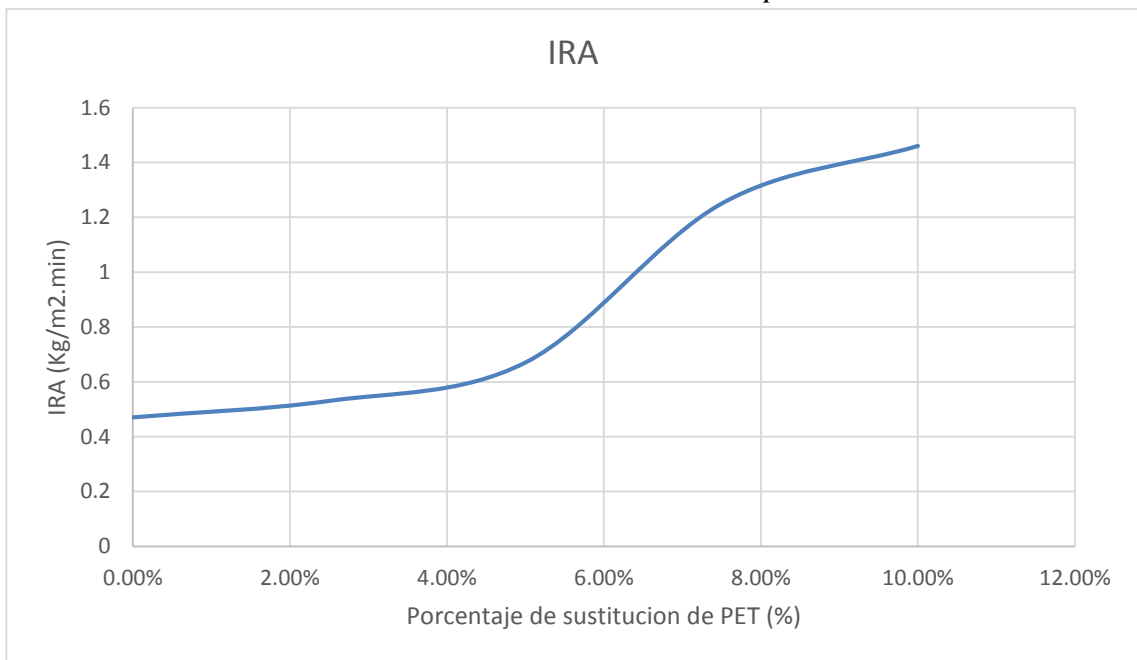
### 5.1.4 ANÁLISIS DE TASA INICIAL DE ABSORCIÓN (IRA).

**Tabla 5.4:** IRA de unidades de mampostería.

Mezcla	IRA (Kg/m <sup>2</sup> .min)
Base	0.47
2.50%	0.53
5%	0.67
7.50%	1.25
10%	1.46

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Grafica 5.4:** IRA de unidades de mampostería.



**Fuente:** *Elaboración propia*

La IRA. representa la cantidad de agua en masa absorbida por unidad de área y por unidad de tiempo, los poros de las unidades de mampostería funcionan como capilares en presencia de agua. Cuando se coloca el mortero de pega o de relleno de las unidades, succiona parte del agua del mortero, que afecta su adherencia y la consistencia del mortero. Una adherencia deficiente afecta la resistencia de la mampostería, la

durabilidad y penetración de agua, La absorción de agua afecta la durabilidad de la unidad y la mampostería. Si la unidad tiene absorción alta, puede presentar cambios volumétricos significativos o permeabilidad alta a la penetración de agua, es por ello que para valores de IRA altos se recomienda hacer pre humedecimientos en las unidades para evitar el mal fraguado y que esto afecte la resistencia en las juntas de adherencia.

La ASTM C 67 no establece parámetros para esta característica sin embargo se suele usar parámetros que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 5.5:** *Recomendaciones para diferentes valores de IRA*

<b>IRA</b>	<b>Tiempo recomendado de pre-humedecimiento</b>
Menores a 0.1 gr/cm <sup>2</sup> .min (1 kg/m <sup>2</sup> .min)	5 minutos
Entre 0.15 y 0.25 gr/cm <sup>2</sup> .min (1.5y 2.5 kg/m <sup>2</sup> .min)	1 hora
Mayoras a 0.25 gr/cm <sup>2</sup> .min (2.5 kg/m <sup>2</sup> .min)	24 horas

**Fuente:** *Norma Técnica Colombiana (NTC-4017)*

La IRA para la unidad de mampostería base, con 2.5% y con 5.0% de sustitución de PET muestran un valor por debajo de 1 kg/m<sup>2</sup>.min, (0.47, 0.53 y 0.67 kg/m<sup>2</sup>.min), lo cual nos indica que poseen una absorción baja y no requieren de un pre humedecimiento alto, en cambio las unidades de mampostería con 7.5% y 10% de sustitución de PET muestran valores un poco altos de IRA (1.25 y 1.46 kg/m<sup>2</sup>.min respectivamente) lo cual nos indica que requieren de un pre humedecimiento previo a su uso.



## 5.2 ANÁLISIS DE PRUEBAS TÉRMICAS PARA UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO

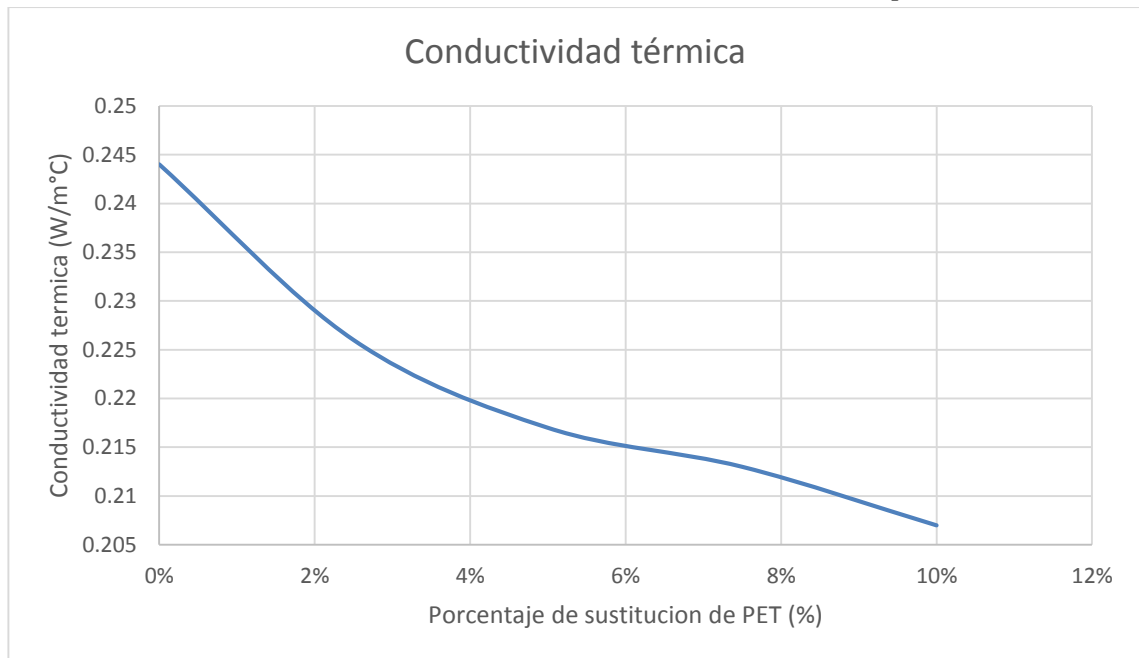
### 5.2.1 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

**Tabla 5.6:** Conductividad térmica de unidades de mampostería.

Mezcla	Conductividad térmica ((W/m.°C))
Base	0.244
2.50%	0.226
5%	0.217
7.50%	0.213
10%	0.207

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Grafica 5.5:** Conductividad térmica de unidades de mampostería



**Fuente:** *Elaboración propia*

La grafica anterior presenta la conductividad térmica de las unidades de mampostería para los diferentes porcentajes de análisis la cual disminuye a medida aumenta el porcentaje de sustitución de PET.

En el Salvador no se cuenta con una norma para la conducción térmica de unidades de mampostería, pero se puede observar que la mezcla base tienen una conductividad térmica de 0.244 y que para las mezclas con 2.5%, 5% y 7.5% y 10% de sustitución de PET se obtuvieron valores de 0.226, 0.217, 0.213, 0.207 respectivamente lo que muestra una disminución de conductividad a medida aumenta la sustitución de PET.

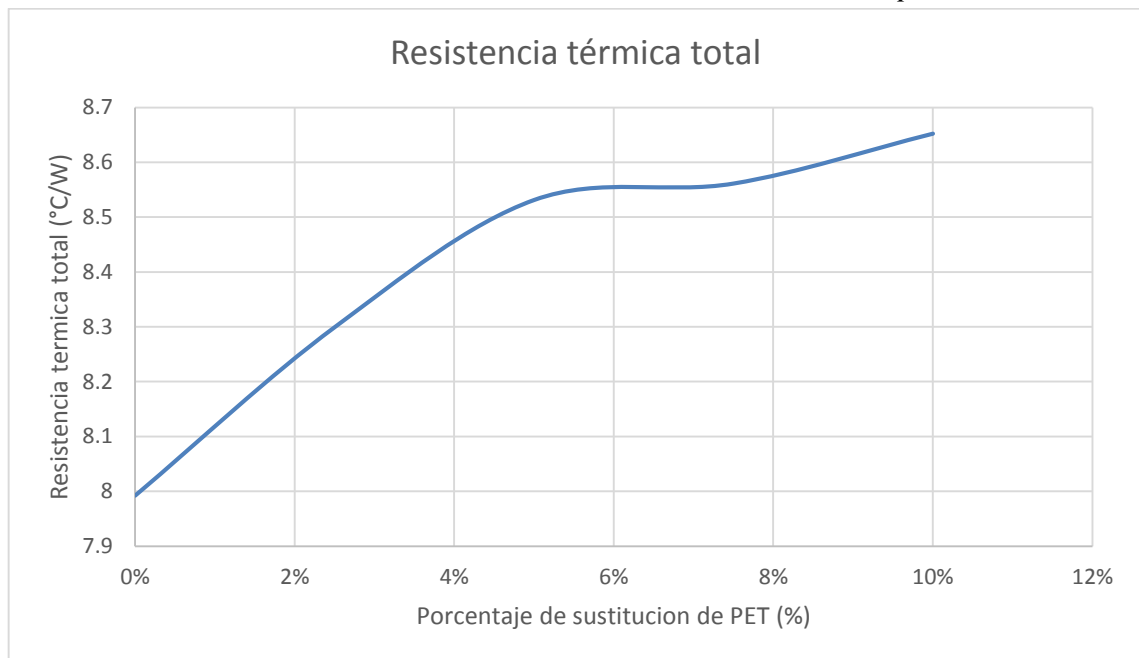
## 5.2.2 RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL

**Tabla 5.7:** Resistencia térmica total de unidades de mampostería.

Mezcla	Resistencia térmica (°C/W)
Base	7.992
2.50%	8.299
5%	8.531
7.50%	8.561
10%	8.652

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Grafica 5.6:** Resistencia térmica total de unidades de mampostería.



**Fuente:** *Elaboración propia*

La grafica anterior presenta la resistencia térmica total de las unidades de mampostería en la cual se observa que a mayores proporciones de cantidad de PET con los porcentajes de análisis aumenta la resistencia térmica.

Para las unidades de mampostería fabricadas con mezcla base se obtuvo una resistencia térmica de 7.992 °C/W, mientras que para las mezclas con 2.5%, 5% y 7.5% y 10% de sustitución de PET se obtuvieron valores de 8.299 °C/W, 8.531°C/W, 8.561 °C/W, 8.652 °C/W respectivamente.

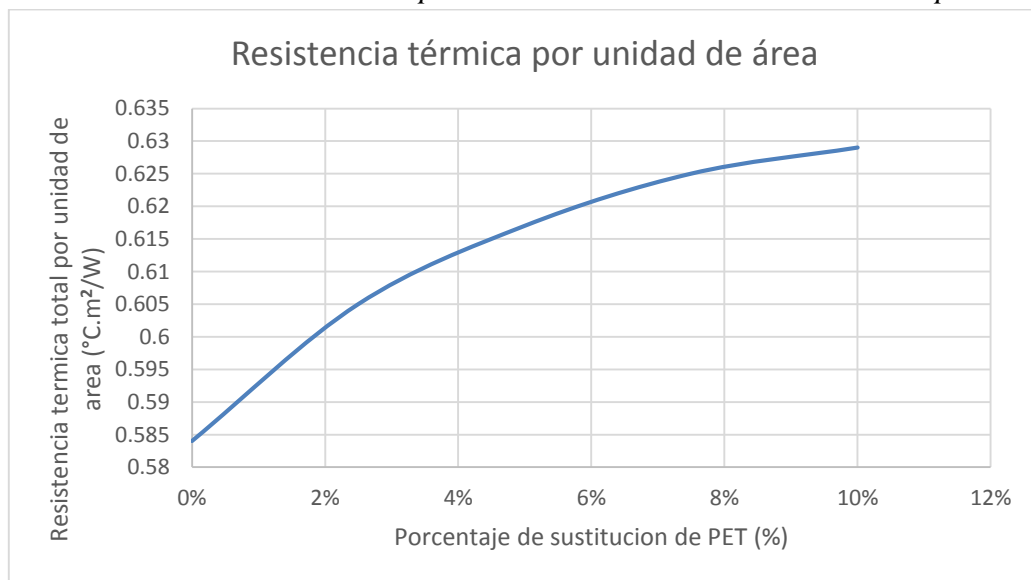
### 5.2.3 RESISTENCIA TÉRMICA POR UNIDAD DE ÁREA

**Tabla 5.8:** Resistencia térmica por unidad de área de unidades de mampostería.

Mezcla	Resistencia térmica por unidad de área (°C.m <sup>2</sup> /W)
Base	0.584
2.50%	0.605
5%	0.617
7.50%	0.625
10%	0.629

**Fuente:** Elaboración propia

**Grafica 5.7** Resistencia térmica por unidad de área de unidades de mampostería.



**Fuente:** Elaboración propia

La grafica anterior presenta la resistencia térmica por unidad de área de las unidades de mampostería en la cual se observa que a mayores proporciones de cantidad de PET con los porcentajes de análisis esta aumenta.

Para las unidades de mampostería fabricadas con mezcla base se obtuvo una resistencia térmica por unidad de área de  $0.584 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m}/\text{W}$ , mientras que para las mezclas con 2.5%, 5% y 7.5% y 10% de sustitución de PET se obtuvieron valores de  $0.605 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m}/\text{W}$ ,  $0.617 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m}/\text{W}$ ,  $0.625 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m}/\text{W}$ ,  $0.629 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m}/\text{W}$  respectivamente.

Debido a que en el país no se cuenta con un código técnico que regule requisitos de conductividad o resistencia térmica a elementos constructivos, para efectos de comparación en nuestro caso se utilizó la unidad de mampostería de concreto base.

Para tener una comparación más técnica, el IRAM 11605: Acondicionamiento térmico en edificios, condiciones de habitabilidad en edificios, tiene un rango de valores permisibles de conductancia térmica para muros en edificios la cual varía entre:  $0.18 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} - 2.00 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ , para este caso las unidades de mampostería de concreto base tiene un valor de conductancia térmica de  $1.71 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ , cumpliendo así lo establecido por esta norma.

En Costa Rica para unidades de mampostería de concreto con densidad de  $2100 \text{ kg}/\text{m}^3$  y de espesores de 15 cm se maneja un valor admisible de resistencia térmica de  $0.48 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$  en nuestro caso la unidad de mampostería de concreto base posee una resistencia térmica mayor la cual es de  $0.584 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$

Para el caso de las características térmicas la unidad de mampostería base cumple con los parámetros tomados para una comparación, por lo tanto, las demás unidades también cumplen con estos parámetros ya que estos mejoran al sustituir PET.

## 5.3 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES ACÚSTICAS

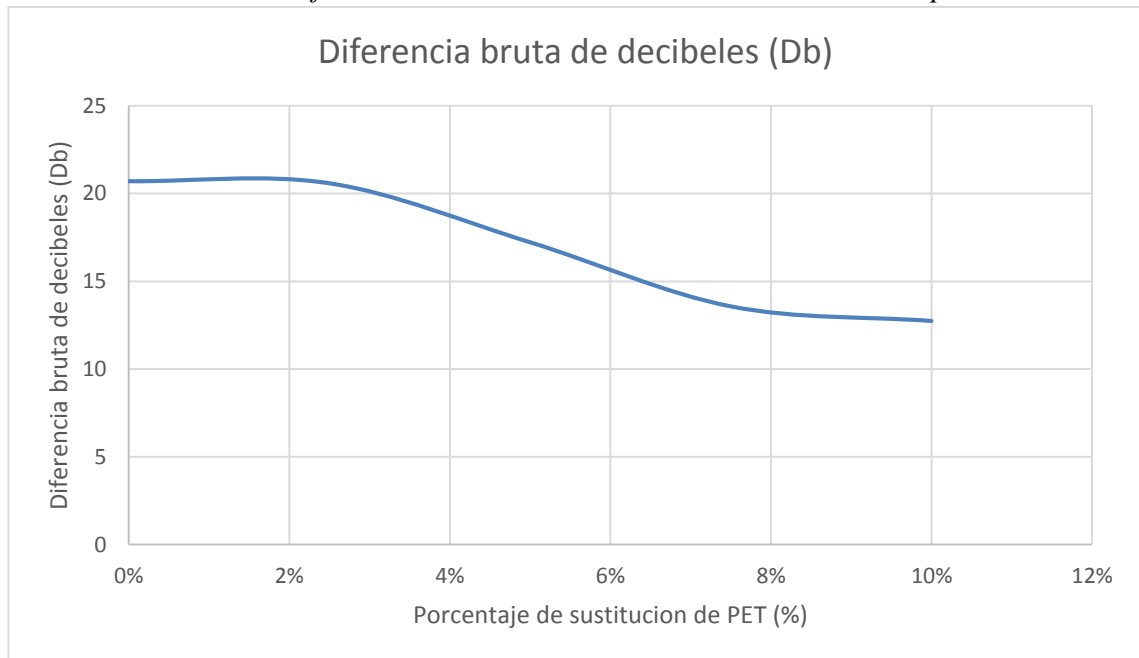
### 5.3.1 ANÁLISIS DIFERENCIA BRUTA DE DECIBELES

**Tabla 5.9:** *Diferencia bruta de decibeles en unidades de mampostería.*

Mezcla	Diferencia bruta de decibeles (Db)
Base	20.7
2.50%	20.58
5%	17.22
7.50%	13.57
10%	12.74

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Grafica 5.8:** *Diferencia bruta de decibeles en unidades de mampostería.*



**Fuente:** *Elaboración propia*

Para las unidades de mampostería de concreto fabricadas con la mezcla base se obtuvo una diferencia bruta de decibeles de 20.7, mientras que para las mezclas con 2.5%, 5% y 7.5% y 10% de sustitución de PET se obtuvieron valores de 20.58, 17.22, 13.57, 12.74 respectivamente.

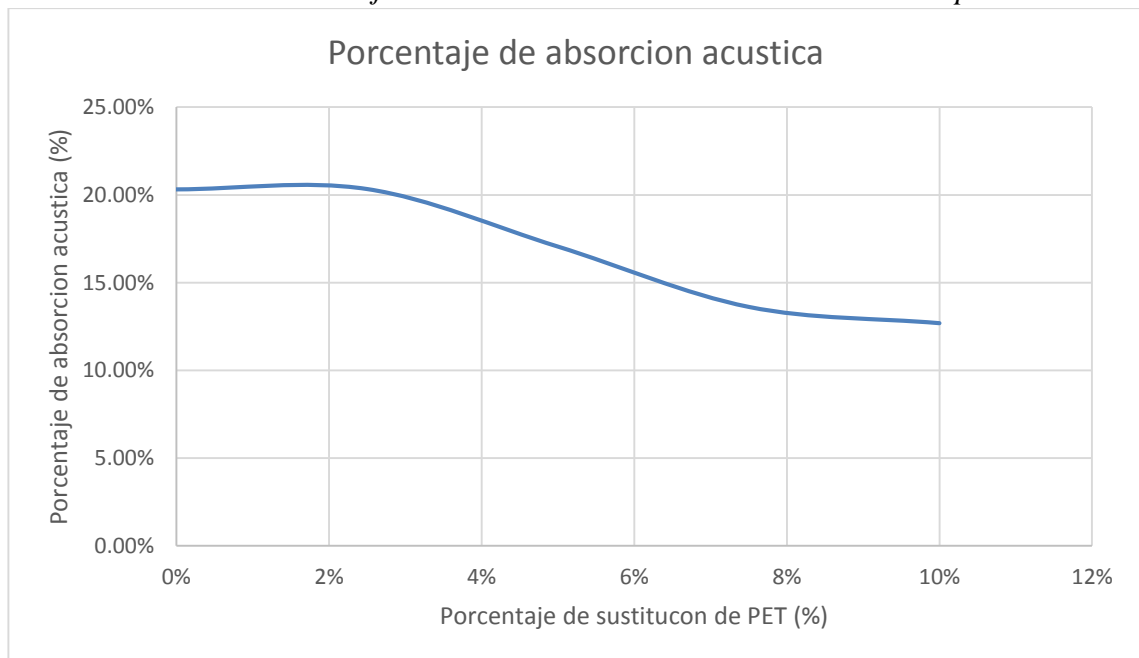
### 5.3.2 ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE ABSORCIÓN ACÚSTICA

**Tabla 5.10:** *Porcentaje de absorción acústica en unidades de mampostería.*

Mezcla	Porcentaje de absorción acústica
Base	20.32%
2.50%	20.34%
5%	17.06%
7.50%	13.62%
10%	12.69%

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Grafica 5.9** *Porcentaje de absorción acústica en unidades de mampostería*



**Fuente:** *Elaboración propia*

Para las unidades de mampostería de concreto fabricadas con la mezcla base se obtuvo un porcentaje de absorción acústica de 20.32%, mientras que para las mezclas con 2.5%, 5% y 7.5% y 10% de sustitución de PET se obtuvieron porcentajes de 20.34%, 17.06%, 13.62%, 12.69% respectivamente.

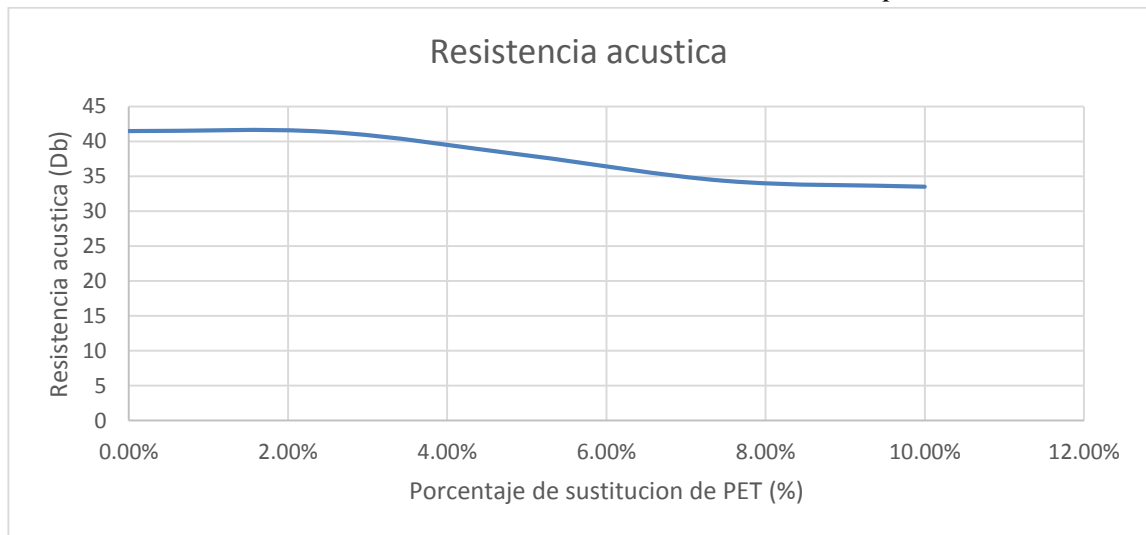
### 5.3.3 ANÁLISIS RESISTENCIA ACÚSTICA

**Tabla 5.11:** Resistencia acústica de unidades de mampostería.

Mezcla	Resistencia acústica(Db)
Base	41.49
2.50%	41.37
5%	38.01
7.50%	34.36
10%	33.53

**Fuente:** Elaboración propia

**Grafica 5.10:** Resistencia acústica de unidades de mampostería



**Fuente:** Elaboración propia

Para las unidades de mampostería de concreto fabricadas con la mezcla base se obtuvo una resistencia acústica de 41.49 Db. mientras que para las mezclas con 2.5%, 5% y 7.5% y 10% de sustitución de PET se obtuvieron resistencias acústicas de 41.37 Db,

38.01 Db, 34.36 Db, 33.53 Db respectivamente. La disminución se debe a que esta propiedad es directamente proporcional a la densidad de la unidad de mampostería de concreto siendo así las menos densas la que menos resistencia acústica presentan debido a la inclusión del material de reciclaje PET

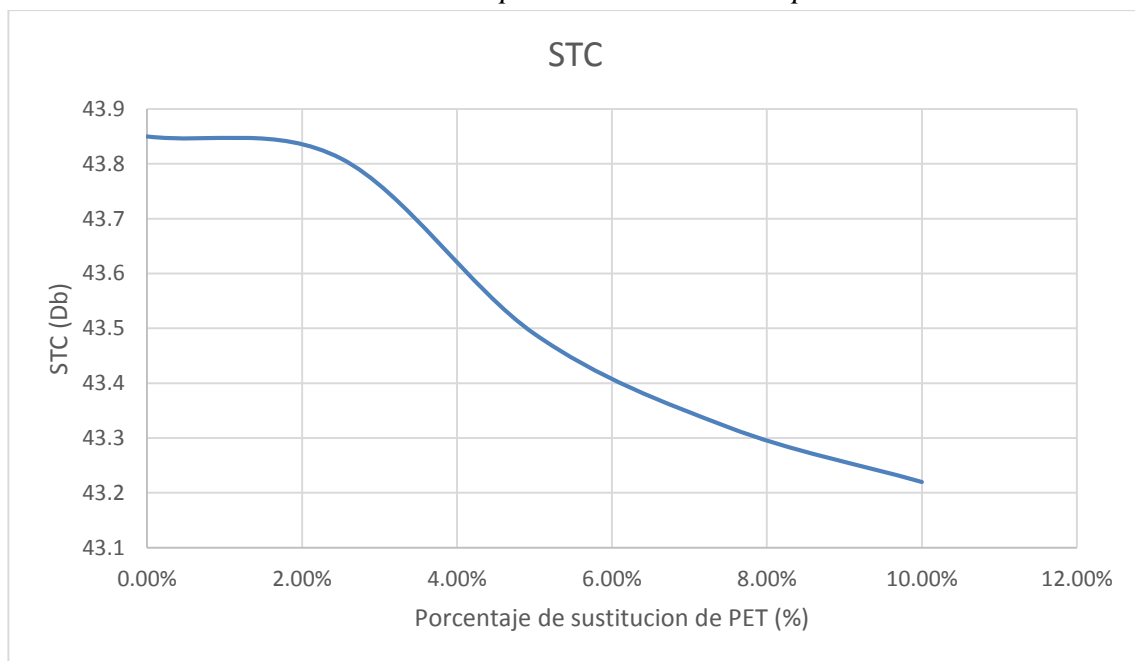
### 5.3.4 ANÁLISIS DEL COEFICIENTE STC (CLASE DE TRANSMISION SONORA)

**Tabla 5.12:** *STC para unidades de mampostería.*

Mezcla	STC (Db)
Base	43.85
2.50%	43.81
5%	43.49
7.50%	43.32
10%	43.22

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Grafica 5.11:** *STC para unidades de mampostería.*



**Fuente:** *Elaboración propia*



Para efectos de comparación normativos ya que en nuestro país no existe una normativa que regule características como resistencia acústica, realizamos una comparación con la normativa española CTE DB-HR (dBA) la cual permite una resistencia acústica para recintos habitables de  $RA \geq 33$  Db, en nuestro caso el bloque posee un valor de 41.5 Db, cumpliendo así el parámetro establecido en esta norma.

En comparación con unidades de mampostería en Costa Rica, para unidades de mampostería de 12 cm de espesor se presenta un valor STC ( de sus siglas en inglés, clase de transmisión de sonido) de 45 Db, en nuestro caso el valor STC de las unidades es de 47 Db.

El IRAM 4044 establece un valor de resistencia acústica mínimo de 48 Db para paredes, en este caso la unidad de mampostería no cumple estos requerimientos ya que su valor de resistencia es de 41.5 Db

## **5.4 ANÁLISIS DE COSTOS**

Se realizó un análisis basado en costos de materiales, mano de obra y maquinaria, esto no incluye un análisis de costo de factibilidad o costo- beneficio simplemente se presenta el costo directo con respecto a costos reales de mercado.

Este costo solo es válido para los materiales usados en la investigación y basado en mano de obra y costo de maquinaria para la fábrica “El Ingenio”. Para este caso se usó agregado fino procedente del rio Lempa, el costo de este ya incluye transporte y mano de obra, y se usó agregado grueso de 3/8 Pulga de cantera “El Sinaí”, Aramuaca, San Miguel.

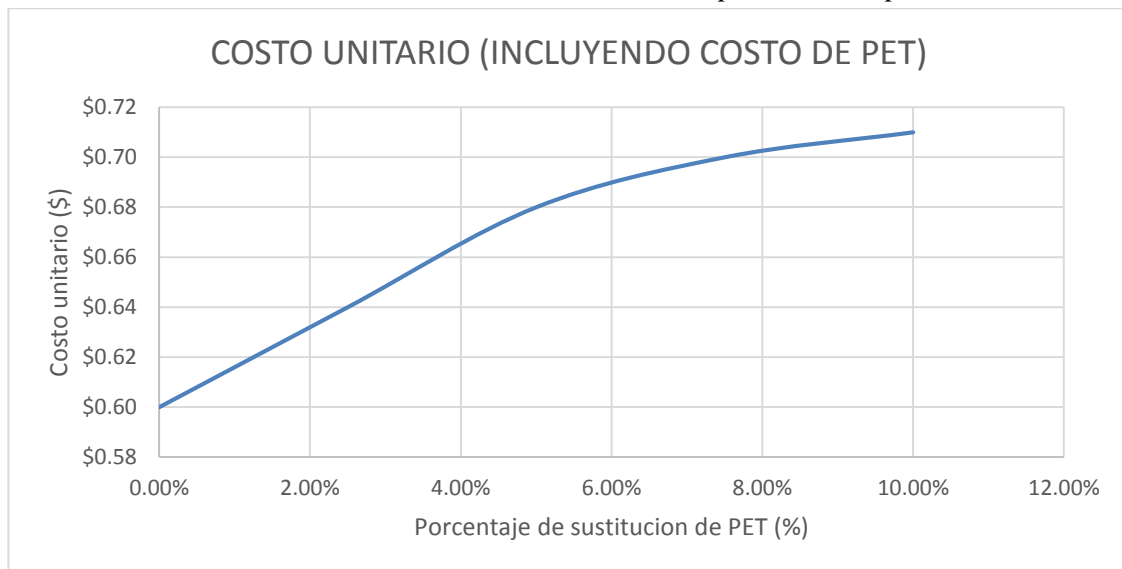
## 5.4.1 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS INCLUYENDO PRECIO DEL PET

**Tabla 5.13:** Costo unitario de unidades de mampostería con precio de PET

Unidades	Costo
Unidad base	\$0.60
2.50%	\$0.64
5%	\$0.68
7.50%	\$0.70
10%	\$0.71

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfica 5.12:** Costo unitario de unidades de mampostería con precio de PET.



**Fuente:** Elaboración propia

Se observa en la gráfica un aumento en el costo de la unidad de mampostería, a medida se sustituye el agregado pétreo por PET, tomando en consideración este valor, económicamente lleva más costo las unidades con este material, en este caso solo se realiza este análisis económico en base a costos unitarios, cabe mencionar que el lugar de donde se obtuvo el PET, el fin de este es la fabricación de escobas y cepillos entre

otros utensilios plásticos, no es su fin la venta del material triturado, es así que el costo del PET es un valor solo de proceso de producción del material triturado.

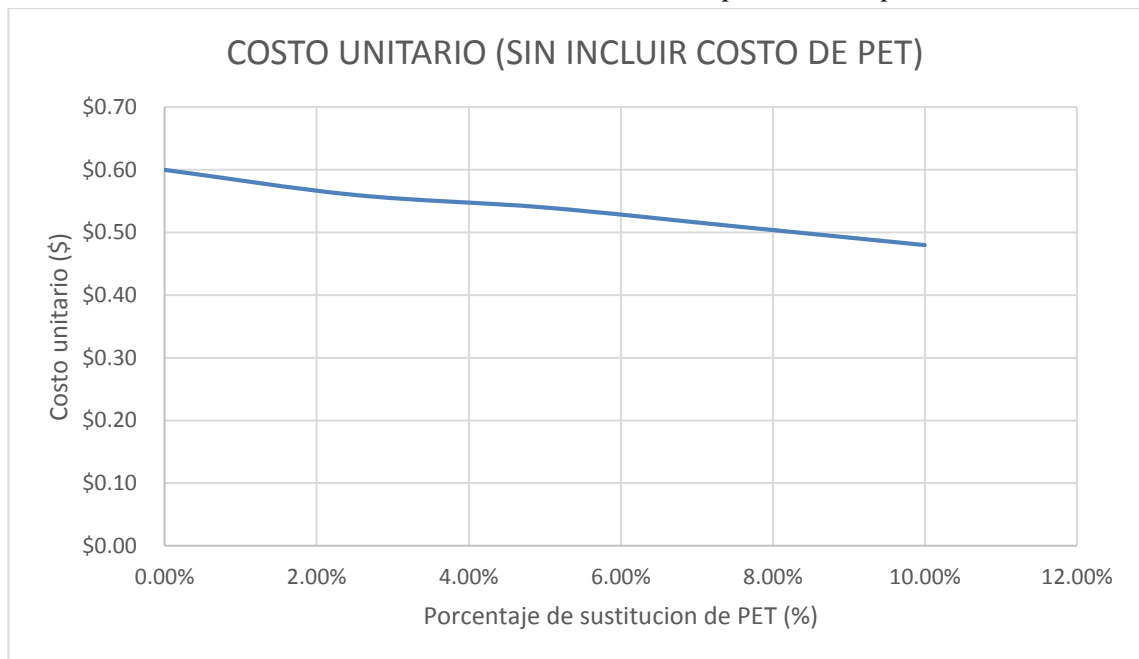
### 5.4.2 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS SIN INCLUIR PRECIO DEL PET

**Tabla 5.14:** Costo unitario de unidades de mampostería SIN precio de PET.

Unidades	Costo
Unidad base	\$0.60
2.50%	\$0.56
5%	\$0.54
7.50%	\$0.51
10%	\$0.48

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Grafica 5.13:** Costo unitario de unidades de mampostería sin precio de PET.



**Fuente:** *Elaboración propia*

En este caso el costo de las unidades disminuyo si se supone que no hay gastos en el material de reciclaje.

## **5.5 OTROS ANALISIS**

### **5.5.1 ADHERENCIA EN JUNTAS**

Para lograr una adherencia adecuada es necesario que la superficie de las unidades de mampostería sea de textura lisa y abierta. Para permitir la unión mecánica del mortero y la unidad. Es importante también que el mortero tenga la suficiente plasticidad y la retención de agua necesaria para que no se debilite la unión con la unidad, que debe ser tan íntima como sea posible.

La humedad y absorción de la unidad de mampostería es importante al momento de la unión con el mortero ya que una unidad muy seca y porosa puede afectar al momento de la unión con el mortero debido a esto la unidad de mampostería puede absorber el agua del mortero, produciendo una alteración de las características del mismo e impidiendo incluso que no se produzcan las reacciones químicas de algunas partículas de cemento por falta de agua.

En este caso realizando el análisis de juntas mediante los valores de la IRA que nos indican la razón de absorción por unidad de área por unidad de tiempo que puede tener la unidad en estudio, recordemos que entre más alta es esta relación se producirá un fraguado falso en las uniones pudiendo generar así una unión defectuosa, se puede observar que la unidad de mampostería de concreto base, con 2.5% y 5% de sustitución de PET, no presentarían mayor inconveniente al momento de ser colocados en unión con el mortero debido a su bajo valor de IRA, siempre y cuando el mortero sea diseñado de

manera adecuada mediante la ASTM C 270 (Especificaciones estándar de morteros para unidades de mampostería), en cambio si observamos la IRA de las unidades de mampostería con el 7.5% y 10% de sustitución de PET, que presentan un valor muy alto requieren de un mortero mucho más fluido o de un pre humedecimiento de estas para garantizar una mejor unión en las juntas.

### **5.5.2 PERMEABILIDAD EN UNIDADES DE MAMPOSTERIA.**

La permeabilidad en el concreto se refiere a la cantidad de migración de agua u otras sustancias liquidas por los poros del material en un determinado tiempo, la permeabilidad está relacionada con la densidad de la unidad de mampostería, una unidad muy densa tiene muy baja permeabilidad, en cambio unidades de baja densidad tiene permeabilidad muy alta, esto debido a la cantidad de poros que pueden existir dentro de las unidades en estudio.

Se puede determinar un coeficiente de permeabilidad mediante una ecuación empírica obtenida de la ley de Dary considerando esta ecuación en estudio de hormigones, se usa la ecuación dependiendo de la resistencia característica del bloque, esta ecuación fue obtenida del The Model Code For Concrete Structures 2010:

**Ecuación 5.1:** *Coeficiente de permeabilidad*

$$k_w = \frac{4 \times 10^{-3}}{(f_m)^6}$$

**Fuente:** *The Model Code For Concrete Structures 2010*

Donde:

$K_w$  = Coeficiente de permeabilidad

$f_m$  = resistencia media del concreto.

Obtenemos que los coeficientes de permeabilidad de las unidades en estudio son:

**Tabla 5.15:** *Coeficiente de permeabilidad de unidades de mampostería.*

Mezcla	Coeficiente de permeabilidad
Base	$4.01 \times 10^{-10}$
2.50%	$7.88 \times 10^{-10}$
5%	$1.28 \times 10^{-9}$
7.50%	$1.91 \times 10^{-9}$
10%	$1.31 \times 10^{-8}$

**Fuente:** *Elaboración propia*

Para tener un parámetro de comparación se usan tablas como la siguiente:

**Tabla 5.16:** *Clasificación según coeficiente de permeabilidad de unidades de mampostería.*

Tipo de concreto	Coeficiente de Darcy
Concreto de baja permeabilidad	$< 10^{-12}$
Concreto de mediana permeabilidad	$10^{-12}$ a $10^{-10}$
Concreto de alta permeabilidad	$>10^{-10}$

**Fuente:** *Norma Técnica Colombiana 4483*

Al realizar una clasificación mediante esta tabla podríamos decir que la unidad de mampostería de concreto base y con el 2.5% de sustitución de PET se consideran de mediana permeabilidad, en cambio las unidades de mampostería con el 5.0%, 7.5% y 10% de sustitución de PET se consideran unidades de alta permeabilidad.

### 5.5.3 RESISTENCIA AL FUEGO DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA.

Para determinar la resistencia al fuego se usa una solución numérica propuestas en el ACI 216, para poder obtener un parámetro que nos permita conocer un valor aproximado de la resistencia al fuego de las unidades en estudio.

Las soluciones numéricas propuestas por el ACI son:

Cuando la capa de concreto expuesta al fuego es de peso normal:

**Ecuación 5.2:** *Resistencia al fuego para unidades de mampostería con peso normal.*

$$R = 0.0057 \left[ 2(t_{tot}^2) - (d_1)(t_{tot}) + \frac{6}{t_{tot}} \right]$$

**Fuente:** ACI 216

Cuando la capa de concreto expuesta al fuego es de peso liviano o semiliviano:

**Ecuación 5.3:** *Resistencia al fuego para unidades de mampostería con peso liviano o semiliviano*

$$R = 0.0063 \left[ (t_{tot}^2) + (d_1)(t_{tot}) - (d_1^2) + \frac{4}{t_{tot}} \right]$$

**Fuente:** ACI 216

Donde:

R = Resistencia al fuego, horas

$t_{tot}$  = Espesor total del elemento en pulgadas (en este caso es el espesor equivalente)

$d_1$  = Espesor de la capa expuesta al fuego, en pulgadas

El capítulo 3 del ACI 216 establece que para unidades rellenas o parcialmente rellenas con mortero el espesor de tabique equivalente deberá ser el valor obtenido para el mampuesto determinado de acuerdo con ASTM C 140.

Además, establece que para tabiques compuestos La resistencia al fuego de los tabiques formados por múltiples paneles (Huecos), se deberá basar en la resistencia de cada tabique individual y el espacio de aire comprendidos entre ellos de acuerdo con la siguiente ecuación:

**Ecuación 5.4:** *Resistencia al fuego de los tabiques formados por múltiples paneles (Huecos)*

$$R = (R_1^{0.59} + R_2^{0.59} + \dots + R_n^{0.59} + A_1 + A_2 + \dots + A_n)^{1.7}$$

**Fuente:** ACI 216

Donde

R = resistencia al fuego en horas

R<sub>1</sub> = resistencia de cada capa de la unidad en estudio (en este caso es la resistencia calculada mediante las ecuaciones anteriores)

A = Factor de aire para cada espacio de aire continuo que tiene una distancia de ½ a 3½ pulgadas entre capas, se usa 0.30



Aplicando estas ecuaciones obtenemos:

**Tabla 5.17:** Resistencia al fuego de unidades de mampostería

Mezcla	Resistencia al fuego (horas)
Base	2.026
2.50%	1.25
5%	1.25
7.50%	1.25
10%	1.25

**Fuente:** *Elaboración propia*

Para realizar una comparación usaremos la siguiente tabla proporcionada por el ACI 216

**Tabla 5.18:** Resistencia al fuego de las construcciones de mampostería de hormigón.

Tipo de agregados	Mínimo espesor equivalente requerido (pulgadas.) para una resistencia al fuego de:				
	1 hr	1½ hr	2 hr	3 hr	4 hr
Grava calcárea o silícea (salvo caliza)	2,8	3,6	4,2	5,3	6,2
Caliza, cenizas o escoria enfriada al aire	2,7	3,4	4,0	5,0	5,9
Arcilla expandida, esquisto expandido o pizarra expandida	2,6	3,3	3,6	4,4	5,1
Escoria expandida o piedra pómez	2,1	2,7	3,2	4,0	4,7

**Fuente:** *Método Normalizado para Determinar la Resistencia al Fuego de las Construcciones de Hormigón y Mampostería (A.C.I 216).*

Los agregados usados en este caso son de tipo calcárea y silícea, el espesor equivalente de las unidades calculado mediante lo especificado en la ASTM C 140, tienen un promedio de 2.83 pulgadas, por lo tanto, la resistencia al fuego que exige la tabla para este caso es de 1 hora, la unidad de mampostería base posee una resistencia de 2.26 horas sobrepasando así lo exigido, las unidades de mampostería de concreto con sustitución de PET llegan al valor de 1.25 hora, por lo cual se puede asumir que teóricamente cumplen con lo establecido.

Recordemos además que las unidades de mampostería de concreto con sustitución de PET son más inflamables que la unidad base, esto por el tipo de agregado que se sustituyó en ellos, es así que en la práctica la resistencia al fuego puede cambiar, en este caso puede llegar a ser más baja que el valor teórico encontrado mediante el método analítico propuesto por el ACI.

Ya que la resistencia al fuego es el grupo de técnicas que nos permite examinar y clasificar a un conjunto de materiales, formando un elemento constructivo completo, en cuanto al cumplimiento de un cierto nivel de funciones estructurales y/o dentro del edificio en caso de incendio, es de gran importancia tener un estudio más certero de esta característica de la unidad de mampostería de concreto con sustitución de PET.

# **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

- ✓ Se realizó un diseño de mezcla que sirvió como base para la fabricación de unidades de mampostería que cumpliera con los requisitos de resistencia a la compresión establecidos en la norma ASTM C90, los cuales son de 11.7 MPa para unidades individuales y 13.1 MPa promedio de tres unidades, en la cual se sustituyeron los diferentes porcentajes de PET siendo estos 2.5%, 5 %, 7.5% y 10% determinando así que la máxima sustitución que puede realizarse en el diseño propuesto es de 7.5% de PET.
- ✓ El material reciclado puede ser usado en los porcentajes de sustitución del agregado pétreo antes mencionado, ya que la variación debido a la resistencia a la compresión en comparación con la unidad base no difiere en mucho siendo estas: 14.67 Mpa para mezcla base, 13.11 MPa para 2.5%, 12.09 MPa para 5% y 11.31 MPa para 7.5%
- ✓ Las unidades de mampostería fabricada con el 10% de sustitución de PET no cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C90 ya que su resistencia es de 7.22 Mpa, sin embargo, cumple con lo especificado en la norma ASTM C129, para unidades no portantes la cual especifica una resistencia de 4.14 Mpa.
- ✓ La conductividad térmica presenta una disminución a medida aumenta el porcentaje de sustitución de PET lo cual hace que la resistencia térmica aumente, esto se debe a que al sustituir PET disminuye la densidad del bloque creando vacíos que ayudan a la disminución de la conductividad térmica y el

aumento de la resistencia térmica, en este caso la resistencia térmica de la unidad base presenta un valor de 7.992 °C/W aumentando hasta un valor de 8.652 °C/W para las unidades con el 10% de sustitución de PET.

- ✓ En la resistencia acústica al contrario que en la térmica al aumentar el porcentaje de sustitución del PET esta disminuye, debido a que este material hace que la unidad sea menos densa, lo cual afecta la absorción de decibeles, en este caso la unidad base obtuvo una resistencia acústica de 41.49 Db disminuyendo hasta 33.53 Db para las unidades con el 10% de sustitución de PET.
- ✓ En el análisis de costo se observa un aumento en el costo de las unidades de mampostería de concreto con sustitución de PET con respecto a las unidades de mampostería de concreto fabricado con mezcla base, esto se debe a costo del material, en combinación con el costo de transporte ayuda al aumento en el costo de las unidades de mampostería de concreto. Sin embargo al no incluir el costo del material se observa una disminución en el costo económico de las unidades de mampostería
- ✓ Basados en el estudio preliminar se observó que las unidades de mampostería de concreto con el 30% de sustitución de PET, pasados los 28 días mostraban desmoronamiento, afectando así la consistencia en la unidad de mampostería de concreto, no así unidades que contenían el 20% de sustitución de PET, las cuales mantenían su forma y consistencia, por lo tanto, se concluye no usar más del 20% de sustitución de PET en la mezcla base utilizada en esta investigación.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Utilizar el diseño de mezcla propuesto para la fabricación de unidades de mampostería con los materiales utilizados en la presente investigación.
- ✓ Utilizar el PET en la fabricación de unidades de mampostería de concreto, sustituyendo un máximo del 7.5% de agregado global en el diseño de mezcla propuesto.
- ✓ Realizar un estudio de unión en junta en las unidades de mampostería fabricadas con PET mediante la ASTM C 952 (Determinación de la resistencia de adherencia del mortero a las unidades de mampostería).
- ✓ Para tener una determinación más exacta del parámetro de permeabilidad en las unidades de mampostería fabricadas con el PET se recomienda realizar los ensayos físicos mediante el Método de prueba estándar para la penetración del agua y fugas a través de la mampostería (ASTM E 14).
- ✓ Realizar ensayos de resistencia al fuego para las unidades de mampostería fabricadas con el PET basado en lo establecido en el Método Estándar para Pruebas de Fuego de Construcción de Edificios y Materiales (ASTM E 119).
- ✓ Realizar un estudio de factibilidad ambiental para determinar costos y beneficios del uso de material reciclado en aplicaciones dentro de la industria de la construcción.
- ✓ Para futuras investigaciones se recomienda utilizar una granulometría con módulo de finura menor al utilizado en esta investigación, el cual es de 3.48.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ “Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado” Autor: Arq. Guillermo José Zavala Arteaga, escuela especializada ITCA.
- ✓ “Aprovechamiento de plásticos residuales para la conformación de placas alivianadas” Autor: Anibal Moline, Horacio Panvini. XXXIV Encuentro y XIX Congreso ARQUISUR-FAU-UNLP. Rosario Argentina
- ✓ “Control de calidad de las propiedades de resistencia a la compresión, absorción y peso volumétrico para las unidades de carga de mampostería, fabricados mediante procesos manuales y semi- industriales utilizando agregados de las canteras de aramuaca y ereguayquín de la zona oriental de el salvador” Autores: Arias Guevara Alonso Ulises, Fuentes Aguilera Jafte Irad, Granados Mendoza Vicente de Jesús, tesis para optar título de ingeniero civil, Ciudad Universitaria Oriental, diciembre 2013, San Miguel El Salvador
- ✓ “Estudio de hormigones y moteros aligerados con agregados de plástico reciclado como árido y carga en la mezcla” Autor: Antonella Costa Del Pozo, Universidad politécnica de Cataluña, Master en arquitectura, energía y medio ambiente Barcelona 2012
- ✓ Comportamiento térmico de cerramientos soleados. Tesis doctoral presentada por D. Manuel Matin Monrroy, Universidad de las palmas de gran canaria. (capitulo 4 pagina 80, tabla 4.2 coeficiente  $h_i$  de conductancia superficial interior, incluyendo radiación.)

- ✓ Transferencia de calor y masa, Yunus A. Cengel. 3º edición editorial Mc Graw Hill. (Capítulos 1 y 3, definiciones y ecuaciones de conducción, convección y resistencia térmica)
- ✓ Norma Basoca de la edificación NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas en edificios, Madrid, España. (Anexo 2: Calculo del coeficiente de transmisión de calor K de cerramientos, apartado 2.6: coeficiente útil de transmisión de calor, sección 2.6.2: cerramientos con heterogeneidades simples, ecuación para calcular el k medio ( $k_m$ ))
- ✓ Propiedades térmicas, acústicas y mecánicas de placas de mortero de cauchocemento” Autor: Bustamante, R. Mayor, P, Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Construcción (modelo para el ensayo de resistencia térmica y absorción de sonido)
- ✓ Diseño, fabricación, caracterización y aplicaciones constructivas de hormigones de consistencia seca con adiciones de materiales de procedencia orgánica e inorgánica de neumáticos fuera de uso (NFUs). Autor: d. Darío Flores Medina, arquitecto por la universidad de las palmas de gran canaria
  - Departamento de construcción y tecnología arquitectónicas
  - Escuela técnica superior de arquitectura (conceptos sobre absorción acústica, método de ensayo y análisis de datos)



# **ANEXOS**

# **ANEXO 1: GENERALIDADES SOBRE LOS ENSAYOS TERMICOS Y ACUSTICOS**

## **1A. ENSAYOS TERMICOS**

### **✓ Métodos ASTM para los ensayos térmicos**

Las ASTM establecen métodos de ensayo de transmisión térmica los cuales están basados en conducción de calor en régimen estacionario, los cuales son:

- Método de la caja caliente con guarda (ASTM C-236): Es un ensayo de trasmisión térmica de paredes de dimensiones de 2.25m X 2.25m el cual consiste en un sistema aislado que consta de dos placas una fría y una caliente.
- Método de medición de propiedades de trasmisión térmica mediante el aparato placa caliente protegido (ASTM C-177): Es un ensayo que crea una diferencia de temperaturas estable en el material colocándolo entre dos placas: una caliente y otra fría (para materiales de construcción es habitual un salto térmico de 10°C, con una placa a 5°C y la otra a 15°C). Las placas están confinadas en una caja paralelepípedica de alto aislamiento térmico para minimizar el intercambio de calor con el exterior. Entre ambas placas se coloca una única muestra a medir (“muestra única asimétrica”), que debe tener el mismo tamaño que las placas y un espesor desde 20 a 90 mm como máximo.
- Método del medidor del flujo de calor (ASTM E-1530): Ese método es similar al de la placa protegida en cuanto al principio de funcionamiento, forma y dimensiones. En este método el flujo se obtiene a partir de la señal eléctrica de los medidores corrigiéndola con un factor de calibración en función de la

temperatura y el material de referencia. Es un método relativo (a diferencia del de la placa protegida que se considera absoluto) ya que el flujo de calor se obtiene por comparación con un material de referencia certificado, con el que previamente se calibra el aparato. Utiliza un transductor de flujo de calor para calcular la velocidad del flujo en lugar de calcularlo a partir de la energía eléctrica aplicada al elemento calefactor. Los transductores son termopilas que relacionan el flujo de calor que lo atraviesa con la señal de la tensión eléctrica. Las muestras se colocan bajo presión para mantener el contacto con el calentador. La conductividad se obtiene con el factor de calibración, el espesor de la probeta y la caída de temperatura a través de la probeta.

Estos métodos de la ASTM no dan un tiempo determinado para realizar los ensayos, sin embargo, en investigaciones realizadas aplicando estos métodos los rangos de tiempo que toman están entre 30 min – 2 horas, cabe destacar que estos métodos no establecen parámetros de conducción térmica mínimos y máximos que deben cumplir los materiales a ensayar.

Debido a que en el país no se cuenta con el equipo necesario para realizar estas pruebas en base a las normas de la ASTM que rigen este tipo de ensayos, es por eso que se utilizó un método alternativo (Ver Anexo 2)

✓ **Determinar tiempo teórico para la realización de pruebas:**

Se necesita encontrar un tiempo teórico estimado para este ensayo, para lo cual se consultó en la sección de física para resolver este problema llegando a lo siguiente.

- ✓ Se partirá desde el efecto de radiación para estimar el tiempo teórico de la siguiente manera:

**Ecuación:** *Intensidad luminosa*

$$I = \frac{P}{A_i}$$

**Fuente:** *Física para Ciencias e Ingenierías de Serway 7° Edición Vol.1*

Dónde:

I: Es intensidad luminosa

P: Potencia

$A_i$ : Área de expansión de la onda luminosa =  $4\pi r^2$

Donde

r: La longitud desde el foco hasta la cara del bloque

- ✓ De la ecuación de potencia tenemos:

**Ecuación:** *Potencia*

$$P = IA$$

**Fuente:** *Física para Ciencias e Ingenierías de Serway 7° Edición Vol.1*

Dónde:

P: Potencia

I: Es la intensidad luminosa

A: Área de contacto de la onda (Área de la cara del bloque)

**Ecuación:** *Potencia*

$$P = \frac{Q}{t}$$

**Fuente:** *Física para Ciencias e Ingenierías de Serway 7° Edición Vol.1*

Dónde:

P: Es potencia

Q: Cantidad de calor

t: Es tiempo

De las ecuaciones 1 y 2 se encuentra la expresión para encontrar el tiempo:

**Ecuación:** *Tiempo teórico para la realización de pruebas*

$$t = \frac{Q}{\left(\frac{P}{4\pi r^2}\right)A}$$

Para aplicar esta fórmula se hace una idealización del modelo, suponiendo que en el recinto se encuentra una masa de aire estacionario.

**Partiendo de esto tenemos que:**

**Ecuación:** *Cantidad de calor*

$$Q = mc\Delta T$$

**Fuente:** *Física para Ciencias e Ingenierías de Serway 7° Edición Vol.1*

Dónde:

Q: Cantidad de calor

m: Es la masa del aire en el recinto

c: Es el calor específico del aire

$\Delta T$ : Es el cambio de temperatura

Sustituyendo la cantidad de calor tenemos:

$$t = \frac{mc\Delta T}{\left(\frac{P}{4\pi r^2}\right)A}$$

✓ **Determinar el tiempo experimental**

Para determinar el tiempo en que se desarrollaron las pruebas se realizaron pruebas piloto en donde se determinó el tiempo en que el recinto llega a los 50°C ya que esta es la temperatura máxima propuesta para realizar el ensayo.

## **1B. ENSAYOS ACUSTICOS**

✓ **Métodos ASTM para los ensayos acústicos**

Los estándares de la ASTM establecen métodos de ensayo de transmisión acústica los cuales están basados en conducción de calor en régimen estacionario, los cuales son:

- Método de prueba estándar para la impedancia y absorción de materiales acústicos usando un tubo, dos micrófonos y un sistema de análisis de frecuencia digital. (ASTM E 1050-98): Este método de ensayo cubre el uso de un tubo de impedancia, dos ubicaciones de micrófono y un análisis de frecuencia digital, este sistema determina de la incidencia normal de sonido del coeficiente de absorción e impedancia acústica.
- Método estándar para mediciones en laboratorio de pérdida de transmisión de sonido en el aire en particiones y elementos de un edificio (ASTM E 90): Este método de ensayo proporciona un procedimiento estandarizado para medir la pérdida de transmisión sonora en decibelios (dB) en la gama de frecuencias de

125 a 4000 hertz. Con el fin de determinar su eficacia acústica, se construye un edificio de ensamblaje entre una fuente de sonido y una sala de recepción. Un campo de sonido se produce y se mide en la sala de origen y también se mide el campo acústico en la sala de recepción. Los niveles de presión sonora en las dos habitaciones, la absorción del sonido en la sala de recepción y el área de la muestra se utilizan para calcular la pérdida transmisión en una serie de bandas de frecuencia. De esta información, se puede calcular un valor de clase de transmisión de sonido.

Estos métodos de la ASTM dan una fórmula para determinar el tiempo en que se va realizar los ensayos, pero los tiempos son demasiados cortos ya que una depende de las áreas y la otra de los Hertz en que estarán expuestos sin embargo en investigaciones realizadas utilizando estos métodos aplican tiempos de 0.02 segundos – 12.4 segundos cabe destacar que estos métodos no establecen parámetros de conducción acústica mínimos y máximos que deben cumplir los materiales a ensayar.

Ya que en el país no se cuenta con el equipo necesario para realizar estas pruebas en base a los estándares de la ASTM, debido a eso se utilizó un método alternativo que consiste en la medición de la diferencia de decibeles ya que es una medida para evaluar el aislamiento acústico.

En investigaciones realizadas anteriormente aplican la fórmula de Sabine para determinar el tiempo en que se realizara la prueba la cual es:

**Ecuación:** *De Sabine para determinar el tiempo*

$$T = \frac{0.161 V}{A}$$

**Fuente:** *Evaluación del acondicionamiento acústico y recomendaciones de diseño para salas de clases en la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la universidad de Chile*

Dónde:

A: Es el área de absorción acústica equivalente, en metros cuadrados

V: Es el volumen de recinto receptor, en metros cúbicos

T: Es el tiempo de aplicación de sonido del recinto receptor, en segundos

Pero los tiempos aplicando dicha fórmula son demasiados cortos es por ello que en esta investigación se tomó un tiempo de 1 min (60 seg) ya que este es el tiempo tomado en investigaciones en donde utilizan el mismo sistema propuesto.

Se medirá la diferencia bruta de decibeles mediante la siguiente formula:

**Ecuación:** *Diferencia de decibeles*

$$D = L_1 - L_2$$

**Fuente:** *Evaluación del acondicionamiento acústico y recomendaciones de diseño para salas de clases en la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la universidad de Chile*

Donde

D: es la diferencia bruta decibeles

$L_1$ : Es el nivel de presión acústica medio en el recinto emisor.

$L_2$ : Es el nivel de presión acústica medio en el recinto receptor.



## **ANEXO 2: MÉTODO PROPUESTO PARA LAS PRUEBAS TERMCAS Y ACUSTICAS**

Para los ensayos acústicos y térmicos se elaboró un modelo basado en el estudio **“PROPIEDADES TÉRMICAS, ACÚSTICAS Y MECÁNICAS DE PLACAS DE MORTERO CAUCHO-CEMENTO”**<sup>3</sup>

Esta investigación se elabora dentro de una línea general desarrollada por alguno de los autores sobre aplicaciones del polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) para la obtención de nuevos productos de construcción con propiedades mejoradas.

Se aprovechan las características elásticas, baja densidad, compatibilidad con el cemento y estabilidad química del caucho de NFU, para explorar mejoras en morteros de cemento respecto de su capacidad de aislamiento acústico y térmico, disminuyendo al mismo tiempo la densidad y reduciendo la necesidad de utilizar otros componentes. Además, el uso del polvo de caucho en estos materiales incrementa su valorización.

La investigación se ha realizado en laboratorio, fabricando pequeñas losas de 50x25x2 cm<sup>3</sup> y probetas de 4x4x16 cm<sup>3</sup> para obtener las principales propiedades físicas, mecánicas, térmicas y acústicas. La elaboración de estas probetas es sencilla en laboratorio y versátil, de tal modo que permite comparar propiedades variando los

---

<sup>3</sup> *Elaborado por: Bustamante, R. ; Mayor, P.; Rangel, C.; Hernández-Olivares, F.*

*Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas – ETS de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.*

*Departamento de Construcciones. EUAT de la Universidad Politécnica de Madrid*

contenidos de caucho mientras se mantiene constante el resto de componentes del mortero de referencia, con excepción de la arena, que se reduce en similar volumen que el del caucho que se añade.

Los ensayos físicos y mecánicos se han realizado con los procedimientos habituales, de acuerdo a las normas UNE EN correspondientes, mientras que para los ensayos térmicos, a ruido aéreo e impacto, se ha diseñado un ensayo propio para mediciones a pequeña escala, como se aprecia en la Figura 2. La caja de 35 cm de ancho x 70 cm de largo y 60 cm de alto, está forrada con Poliestireno extrusionado (XPS) de 5 cm, más una placa interior de yeso laminado de 10 mm para evitar que se quemara el XPS. Tiene dos recintos, separados por la placa a ensayar que se coloca al centro, embutida en unas acanaladuras hechas en parte superior e inferior; con el recinto emisor y el recinto receptor a cada lado de la placa.

En el recinto emisor se coloca una fuente térmica de 60 W y un termómetro de bulbo seco y de bulbo húmedo, o un emisor de ruido rosa. El recinto receptor contiene un termómetro de bulbo seco y de bulbo húmedo, y un receptor de presión acústica, respectivamente, según los ensayos a realizar

**Figura A1:** *Equipo para el ensayo de reducción de la presión sonora, aislamiento térmico y atenuación a impacto. Para el aislamiento térmico se recubre interiormente de placas de yeso laminado.*



**Fuente:** *Propiedades térmicas, acústicas y mecánicas de placas de mortero caucho-cemento*

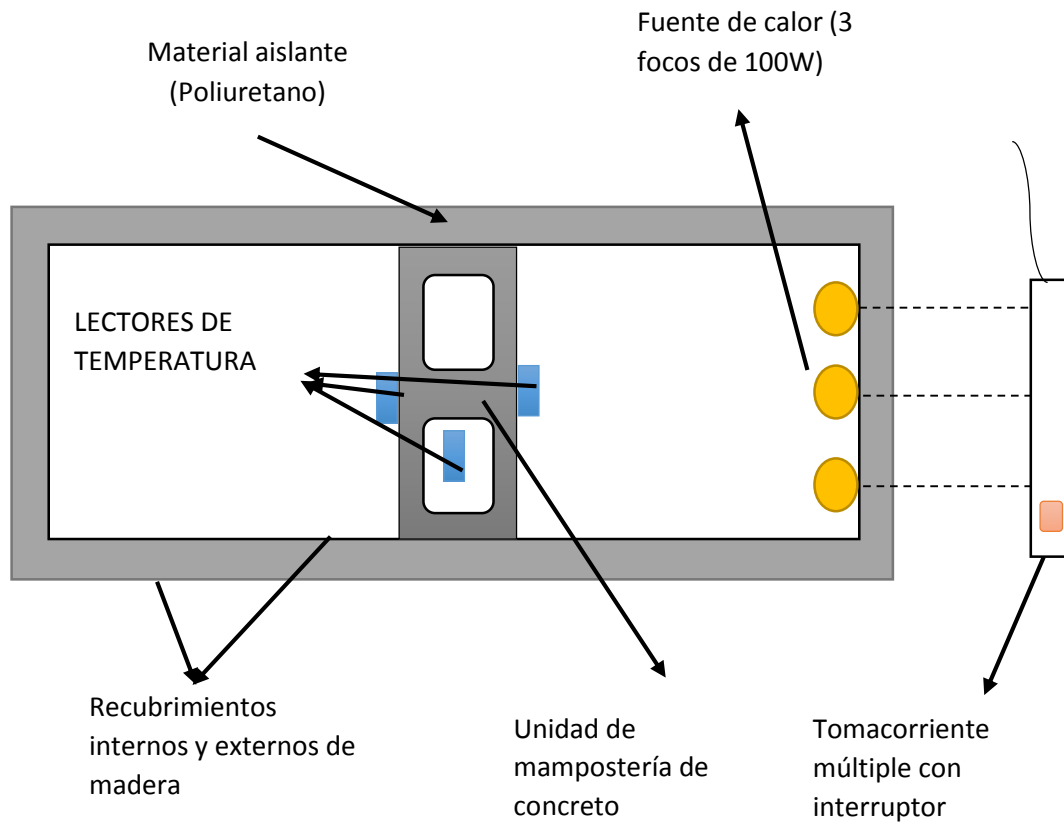
### **Propiedades térmicas**

En este ensayo se empleó como fuente de calor con una lámpara incandescente de 60 W colocada en el recinto emisor, cuyas mediciones se realizaron en intervalos de 30, 60 y 90min. Se han medido las temperaturas seca y húmeda en los recintos emisor y receptor, transcurridos los tiempos indicados.

### ANEXO 3: PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR DE LA RESISTENCIA TERMICA DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO.

#### 3A. MODELO DEL SISTEMA DE ENSAYO PARA RESISTENCIA TERMICA

**Figura A2:** *Modelo del sistema de ensayo para resistencia térmica*



**Fuente:** *Elaboración propia*

✓ **Experimentos previos**

Se fijó que la temperatura de ensayo será a  $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para llegar a esta temperatura se realizaron una serie de experimentos que se detallan a continuación:

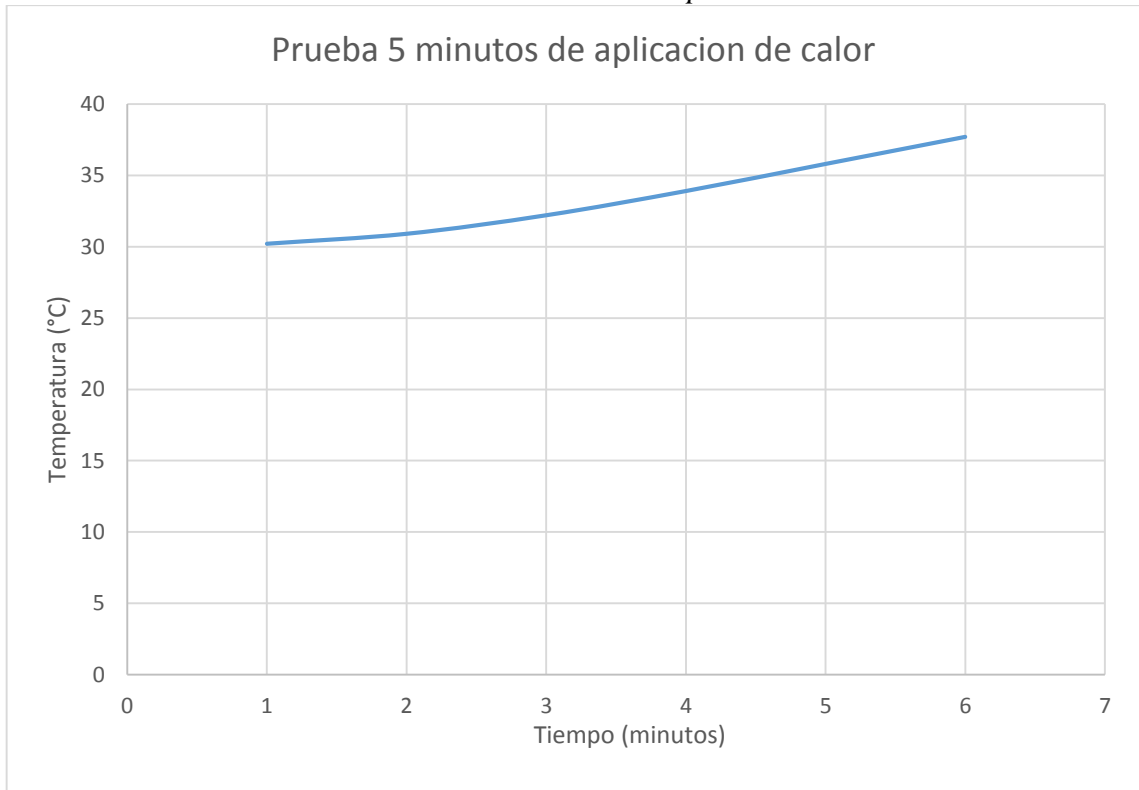
- 1- Se calibro el equipo dejándolo por un minuto en el ambiente, tomando lecturas cada 10 segundos, pasado este tiempo se extrajo la información y se comparó con un termómetro dual el cual pertenece al Laboratorio de Suelos y Materiales de la UES-FMO, después de verificar los datos se programó el equipo para obtener datos de temperatura a cada minuto de los ensayos.
- 2- Para determinar el tiempo en que la cara expuesta de la unidad de mampostería de concreto llega a la temperatura de ensayo, se realizaron experimentos encendiendo el sistema por cinco minutos y aumentado cinco minutos en cada interacción, tomando lecturas de temperatura en cada ensayo, de esta manera se determinó que en 15 minutos se podía obtener la temperatura deseada.

**Tabla A1:** *Datos de temperatura para aplicación de calor en 5 minutos*

<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
1	30.2
2	30.9
3	32.2
4	33.9
5	35.8
6	37.7

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Gráfica A1:** Prueba 5 minutos de aplicación de calor



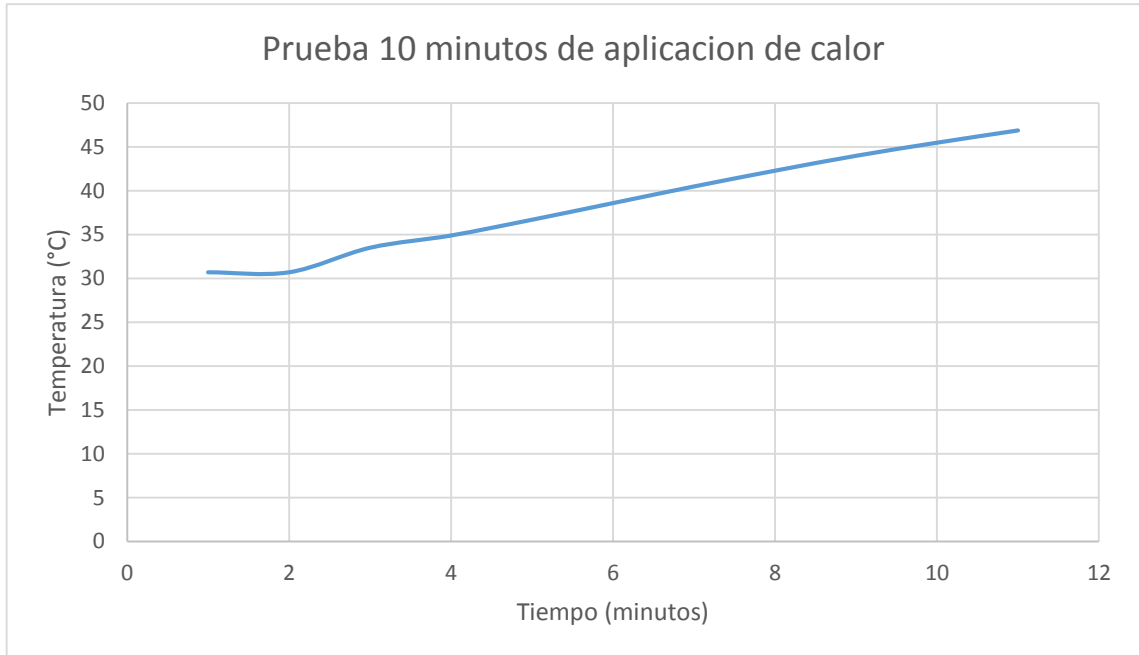
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A2:** Datos de temperatura para aplicación de calor en 10 minutos

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
1	30.7
2	30.7
3	33.5
4	34.9
5	36.7
6	38.6
7	40.5
8	42.3
9	44
10	45.5
11	46.9

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Gráfica A2:** Prueba 10 minutos de aplicación de calor



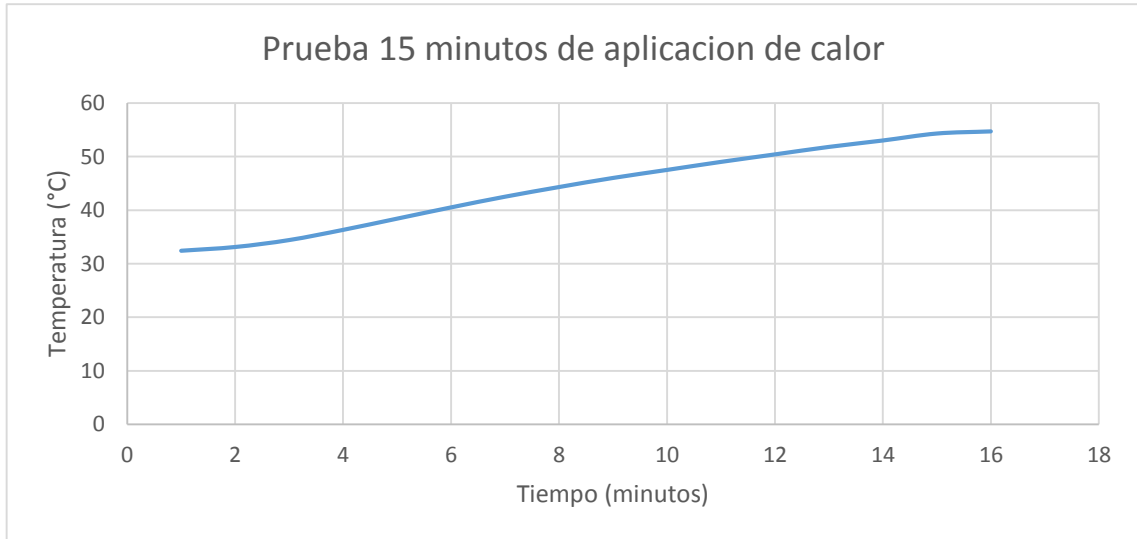
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A3:** Datos de temperatura para aplicación de calor en 15 minutos

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
1	32.4
2	33.1
3	34.4
4	36.3
5	38.4
6	40.5
7	42.5
8	44.3
9	46
10	47.5
11	49
12	50.4
13	51.8
14	53
15	54.3
16	54.7

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfica A3:** Prueba 15 minutos de aplicación de calor



**Fuente:** *Elaboración propia*

3- Luego era necesario mantener la temperatura constante en el recinto emisor, por lo cual se realizaron pruebas después de los 15 minutos iniciales, se procedió a mantener apagado el sistema por 1 minuto y luego encenderlo el mismo tiempo, esto con la ayuda del interruptor, se tomaron lecturas realizando esta interacción por un periodo de 15 minutos al observar los datos obtenidos por el equipo de medición se pudo apreciar que no era posible mantener una temperatura constante usando este tiempo, por lo cual se procedió a realizar otra interacción, pero esta vez apagando el sistema por 2 minutos y encendiéndolo por 1 minuto, al observar las lecturas del equipo se determinó que era factible realizarlo de esta manera ya que de esta forma se obtenía una tendencia más o menos constante en la temperatura.

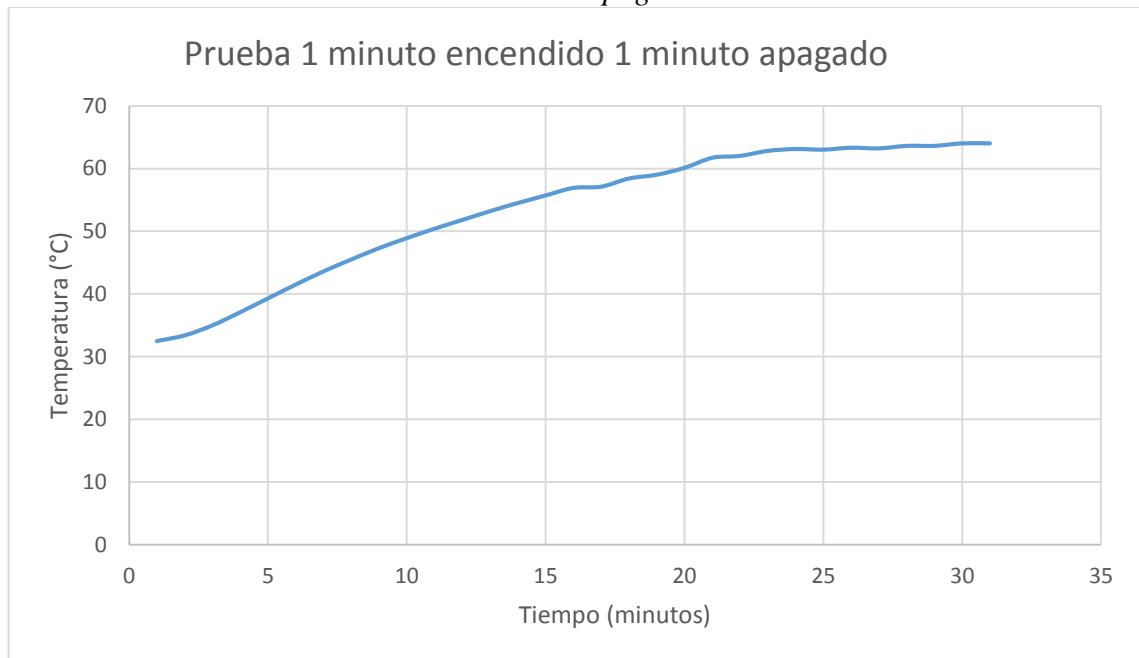


**TablaA4:** Datos de temperatura para prueba de 1 min encendido y 1 min apagado

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
1	32.5	17	57.1
2	33.4	18	58.4
3	35	19	59
4	37.1	20	60.1
5	39.3	21	61.7
6	41.5	22	62
7	43.6	23	62.8
8	45.5	24	63.1
9	47.3	25	63
10	48.9	26	63.3
11	50.4	27	63.2
12	51.8	28	63.6
13	53.2	29	63.6
14	54.5	30	64
15	55.7	31	64
16	56.9		

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Gráfica A4:** Prueba 1 minuto apagado 1 minuto encendido



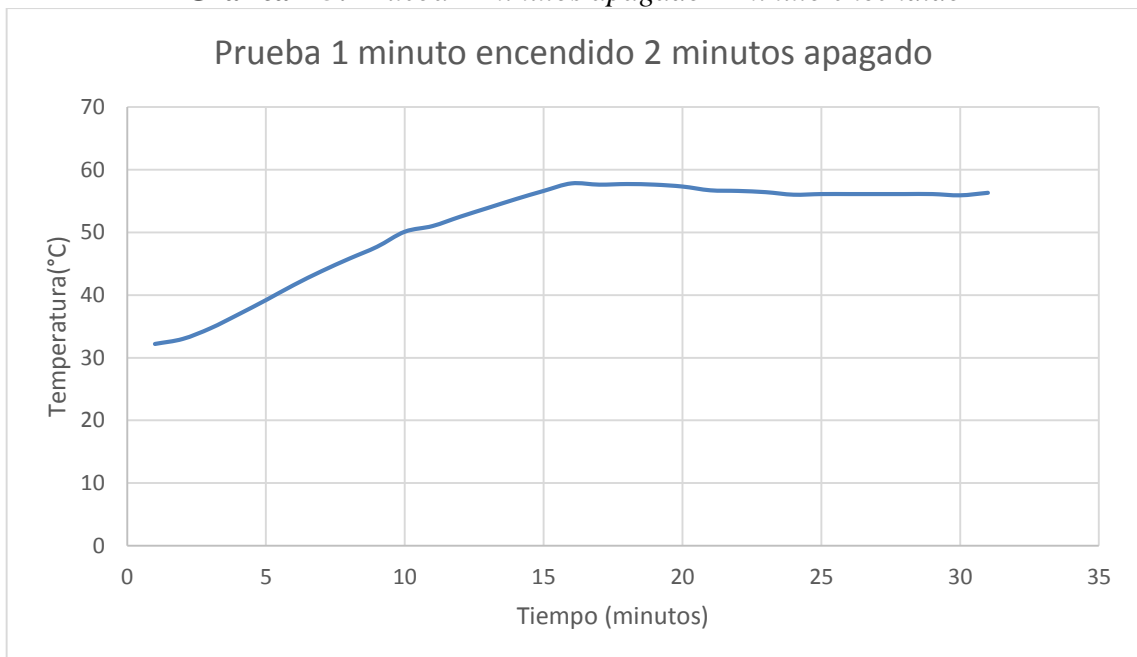
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A5: Datos de temperatura para prueba 2 min encendido y 1 min apagado**

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
1	32.2	17	57.6
2	33	18	57.7
3	34.7	19	57.6
4	36.9	20	57.3
5	39.2	21	56.7
6	41.6	22	56.6
7	43.8	23	56.4
8	45.8	24	56
9	47.7	25	56.1
10	50.1	26	56.1
11	51	27	56.1
12	52.5	28	56.1
13	53.9	29	56.1
14	55.3	30	55.9
15	56.6	31	56.3
16	57.8		

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Gráfica A5: Prueba 2 minutos apagado 1 minuto encendido**



**Fuente:** *Elaboración propia*

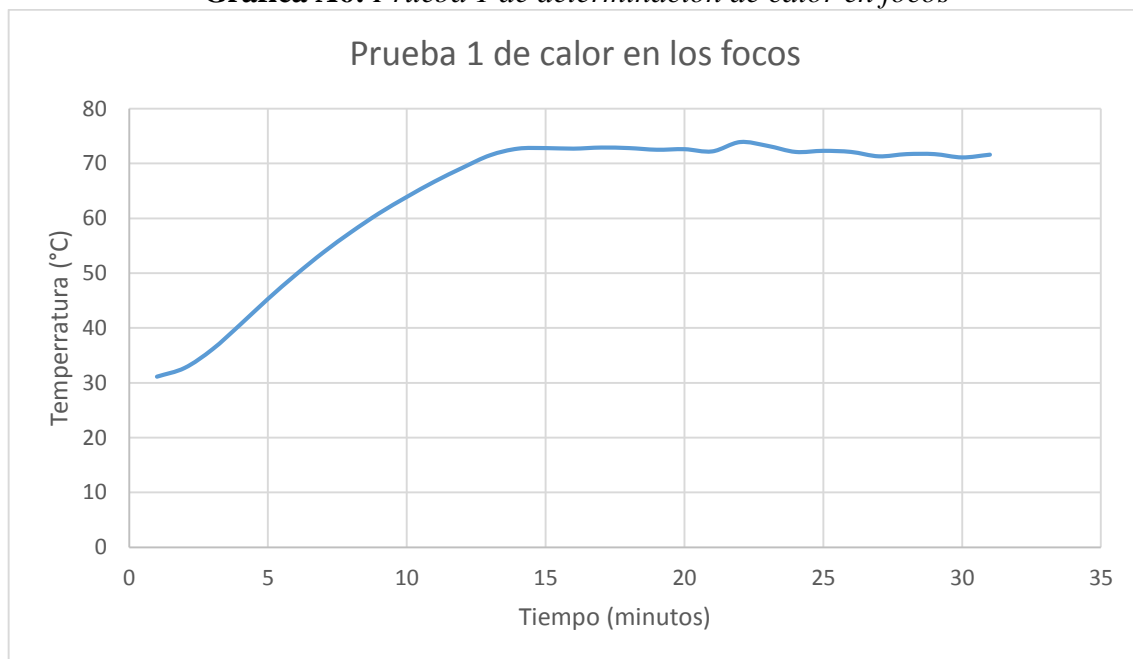
- 4- Se determinó una diferencia de temperatura en la cara externa de la unidad de mampostería de concreto, para esto se colocaron los dos equipos, uno en la cara expuesta y el otro en la cara externa de la unidad de mampostería de concreto, se procedió a encender el sistema dejando los 15 minutos iniciales para lograr la temperatura deseada, luego se procedió a mantener la temperatura constante de la manera en que se explicó en el paso anterior, pero esta vez fue por 30 minutos, al terminar este tiempo se procedió a obtener los datos registrados en los equipo y se observó variación de temperatura en la cara externa.
- 5- Fue necesario encontrar la temperatura que se mantenía en los focos durante todo el tiempo que se realizaría el ensayo para esto se realizaron dos pruebas por lo cual el valor se dejaría constante para fines de cálculos posteriores.
- 6- Para que el sistema regresara a la temperatura ambiente es necesario colocar un sistema de ventilación eléctrico (ventilador) durante un periodo de 30 minutos, de esta manera el ensayo tiene una duración de más o menos 1 hora con 15 minutos.
- 7- Se usaron tres equipos ya que es necesario medir la temperatura en las cavidades de las unidades de mampostería de concreto.

**Tabla A6:** Datos de temperatura para determinación de calor en focos

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
1	31.1	17	72.9
2	32.7	18	72.8
3	36.1	19	72.5
4	40.6	20	72.6
5	45.3	21	72.2
6	49.7	22	73.9
7	53.8	23	73.2
8	57.5	24	72.1
9	60.9	25	72.3
10	63.9	26	72.1
11	66.7	27	71.3
12	69.2	28	71.7
13	71.5	29	71.7
14	72.7	30	71.1
15	72.8	31	71.6
16	72.7		

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Gráfica A6:** Prueba 1 de determinación de calor en focos



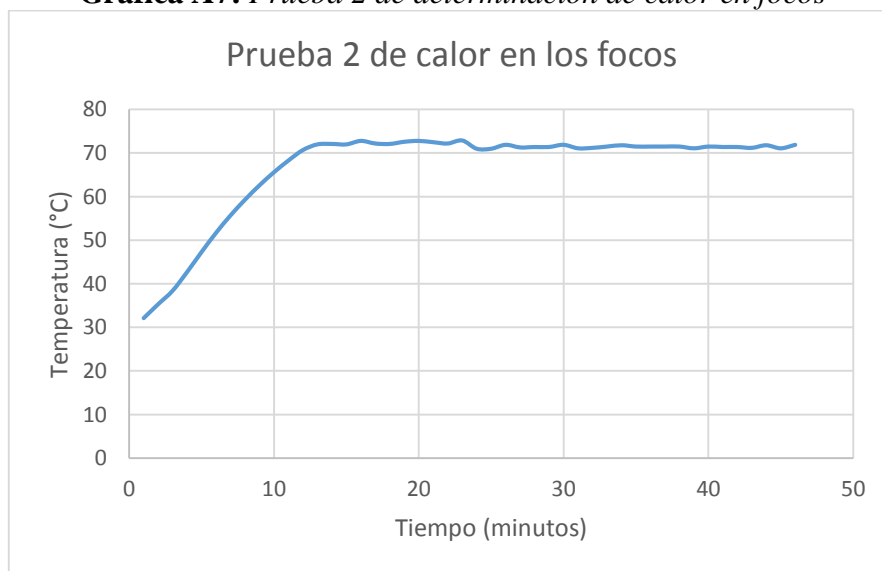
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A7:** Datos de temperatura para determinación de calor en focos

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
1	32.1	24	71
2	35.3	25	71
3	38.4	26	71.9
4	42.7	27	71.3
5	47.3	28	71.4
6	51.7	29	71.4
7	55.7	30	71.9
8	59.3	31	71.1
9	62.6	32	71.2
10	65.6	33	71.5
11	68.3	34	71.8
12	70.7	35	71.5
13	72	36	71.5
14	72.1	37	71.5
15	72	38	71.5
16	72.8	39	71.1
17	72.2	40	71.5
18	72.1	41	71.4
19	72.6	42	71.4
20	72.8	43	71.2
21	72.5	44	71.8
22	72.2	45	71.1
23	72.9	46	71.9

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfica A7:** Prueba 2 de determinación de calor en focos



**Fuente:** Elaboración propia

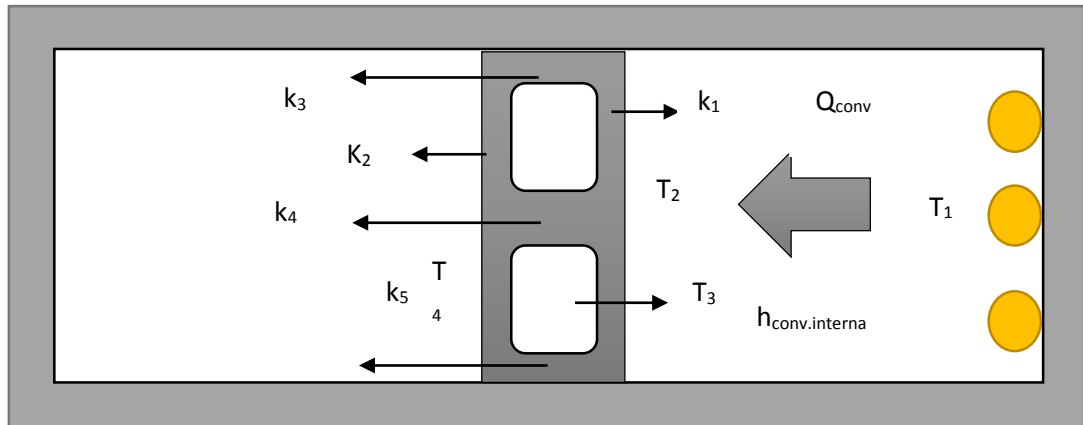
### **3B. DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.**

Al obtener la base de datos se realizó el cálculo de la conductividad térmica, para esto se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1- La transferencia de calor a través de las unidades de mampostería de concreto es estacionaria, dado que las temperaturas superficiales permanecen constantes en los valores especificados
- 2- La transferencia de calor es unidimensional, ya que se realiza de manera predominante en la dirección x.
- 3- La conductividad térmica es constante
- 4- Se supone que cualquier sección transversal de la pared normal a la dirección del flujo de calor es isotérmica.
- 5- El flujo de calor a través de las caras de las unidades de mampostería es constante.
- 6- Se tomó las temperaturas de la base de datos un valor que este 5 minuto antes de terminado el ensayo para evitar algún error por lectura o inferencia al momento de extraer el equipo.

El esquema de transferencia de calor:

**Figura A3:** Esquema modelo para efectos de cálculo en conductividad térmica



**Fuente:** Elaboración propia

Para este esquema se hacen las siguientes consideraciones:

- 1-  $k_1 = k_2$
- 2-  $k_3 = k_4 = k_5$
- 3-  $k_{cavidades} = k_{aire}$
- 4- El flujo de calor que llega a la cara expuesta de la unidad de mampostería de concreto se da por convección.

**Ecuación:** Transferencia de calor por convección:

$$Q_{conveccion} = h_{conv.interna} A_s (T_1 - T_2)$$

**Fuente:** Transferencia de calor y masa, Yunus. A Cengel

Donde:

$Q_{conveccion}$ : Transferencia de calor por convección

$h_{conv.interna}$ : Coeficiente de convección interna en espacios cerrados

$A_s$ : Es el área superficial a través de la cual influye la transferencia de calor por convección

$T_1$ : Temperatura en el sistema de generador de calor (focos)

$T_2$ : Temperatura en la cara expuesta de la unidad mampostería de concreto.

En este caso para el  $h_{conv.interna}$  se usaron valores tomados del documento: Comportamiento térmico de cerramientos soleados. Tesis doctoral presentada por D. Manuel Matin Monrroy, Universidad de las palmas de gran canaria. (capitulo 4 pagina 80, tabla 4.2 coeficiente  $h_i$  de conductancia superficial interior, incluyendo radiación.) Ensayos realizados bajo normas ASTM de conductividad térmica

Para calcular el coeficiente de conducción de calor a través de la pared de la unidad mampostería de concreto y de los extremos paralelos al flujo de calor usaremos la siguiente ecuación.

**Ecuación:** *Coficiente de conductividad térmica*

$$k = \frac{LQ_{conveccion}}{A_s(T_2 - T_3)}$$

**Fuente:** *Transferencia de calor y masa, Yunus. A Cengel*

Donde:

k: Coeficiente de conductividad térmica

L: Es el ancho del material

$Q_{conveccion}$ : Trasterencia de calor por convección



$A_s$ : Es el área superficial a través de la cual influye la transferencia de calor por convección

$T_2$ : Temperatura en la cara expuesta de la unidad mampostería

$T_3$ : Temperatura en la cavidad de la unidad mampostería.

Para calcular el coeficiente de conducción de calor a través de los extremos paralelos al flujo de calor usaremos la siguiente ecuación:

**Ecuación:** *Coeficiente de conducción térmica*

$$k = \frac{LQ_{conveccion}}{A_s(T_2 - T_4)}$$

**Fuente:** *Transferencia de calor y masa, Yunus. A Cengel*

Donde:

$k$ : Coeficiente de conductividad térmica

$L$ : Es el ancho del material

$Q_{conveccion}$ : Transferencia de calor por convección

$A_s$ : Es el área superficial a través de la cual influye la transferencia de calor por convección

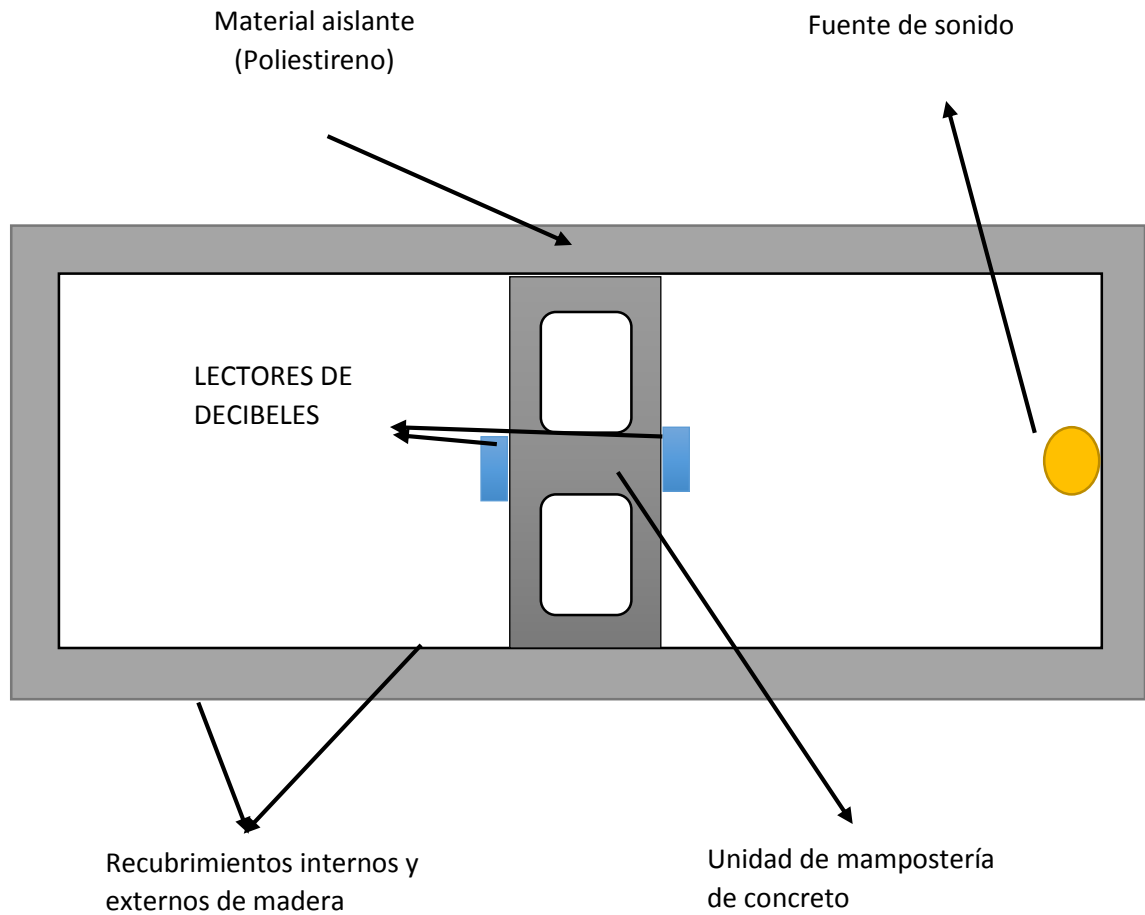
$T_2$ : Temperatura en la cara expuesta de la unidad mampostería.

$T_4$ : Temperatura en la cara externa de la unidad mampostería.

## ANEXO 4: PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA ACUSTICA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO

### 4A. MODELO DEL SISTEMA DE ENSAYO DE RESISTENCIA ACÚSTICA

**Figura A4:** Modelo del sistema de ensayo para resistencia acústica

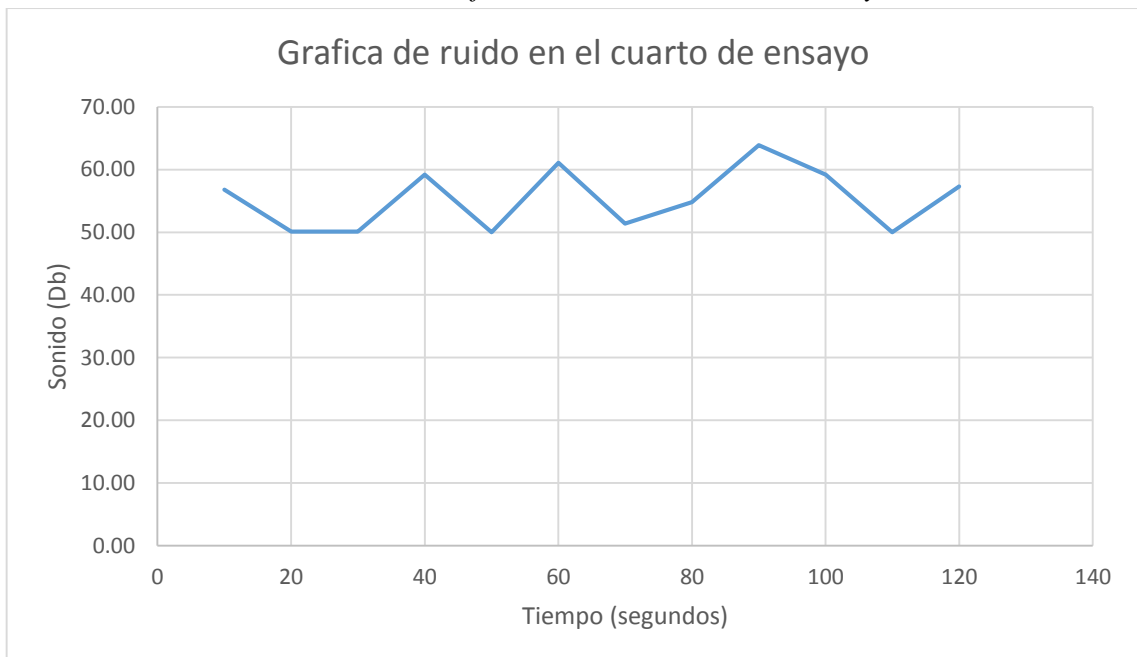


**Fuente:** *Elaboración propia*

✓ **Experimentos previos**

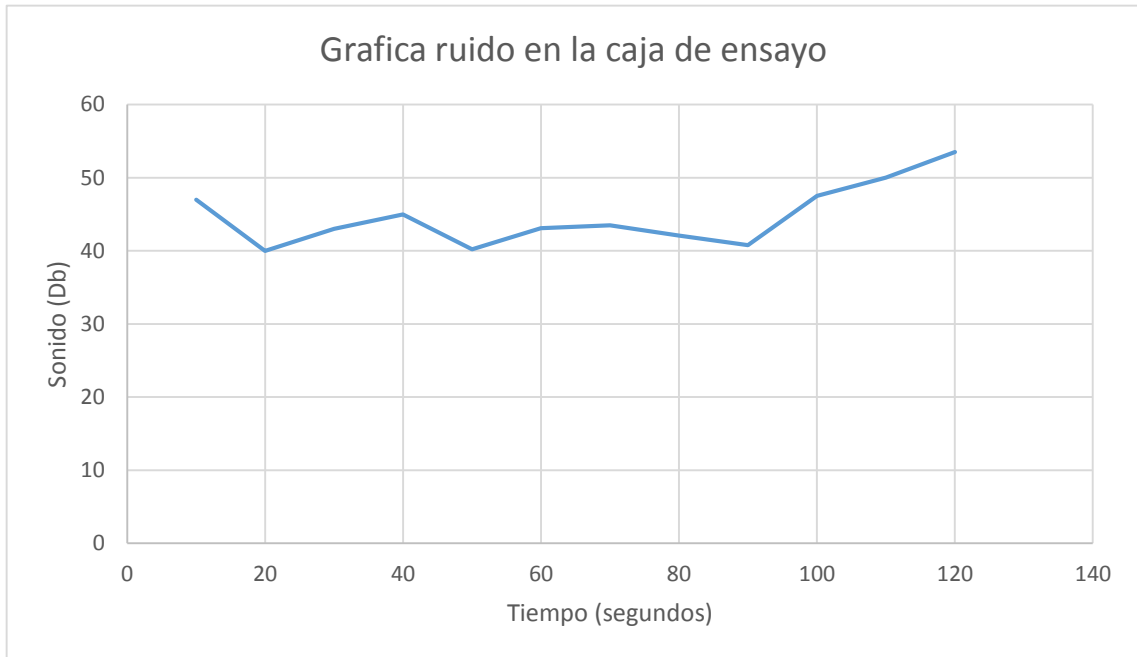
- 1- Programar el equipo para tomar datos cada 10 segundos
- 2- Se tomaron lecturas del ruido en el ambiente dentro del cuarto de ensayo además de tomar lecturas en la caja cerrada, esto con el fin de determinar la frecuencia que sobrepasara el ruido ambiente y usarla en el ensayo

**Gráfica A8:** *Gráfica ruido en el cuarto de ensayo*



**Fuente:** *Elaboración propia*

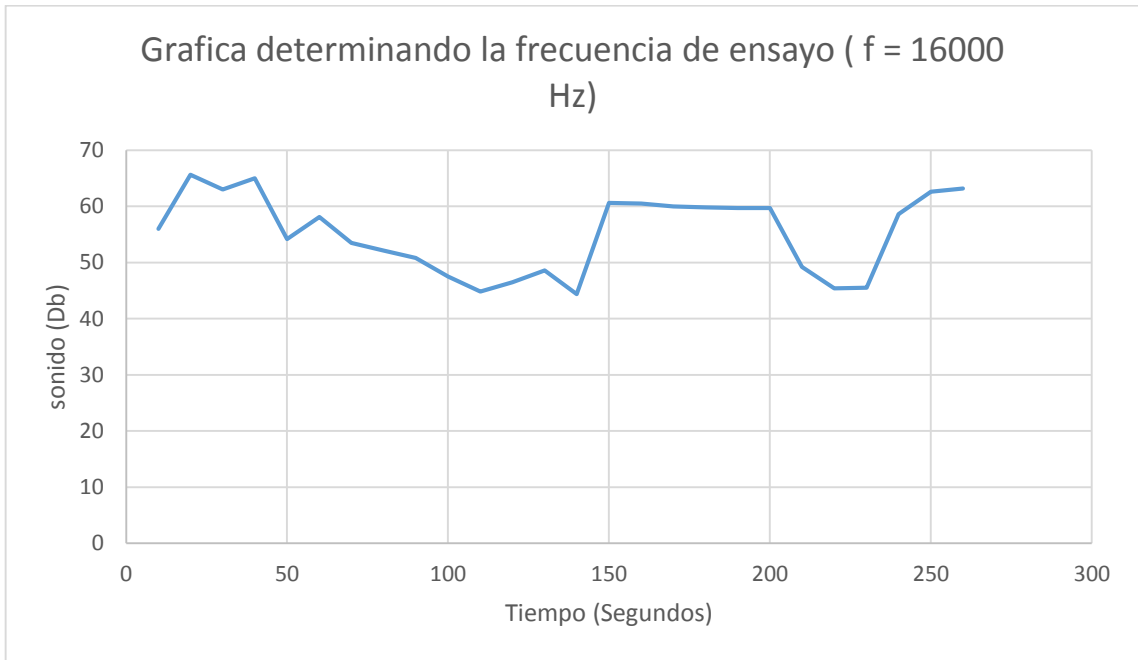
**Gráfica A9:** *Gráfica ruido en la caja de ensayo*



**Fuente:** *Elaboración propia*

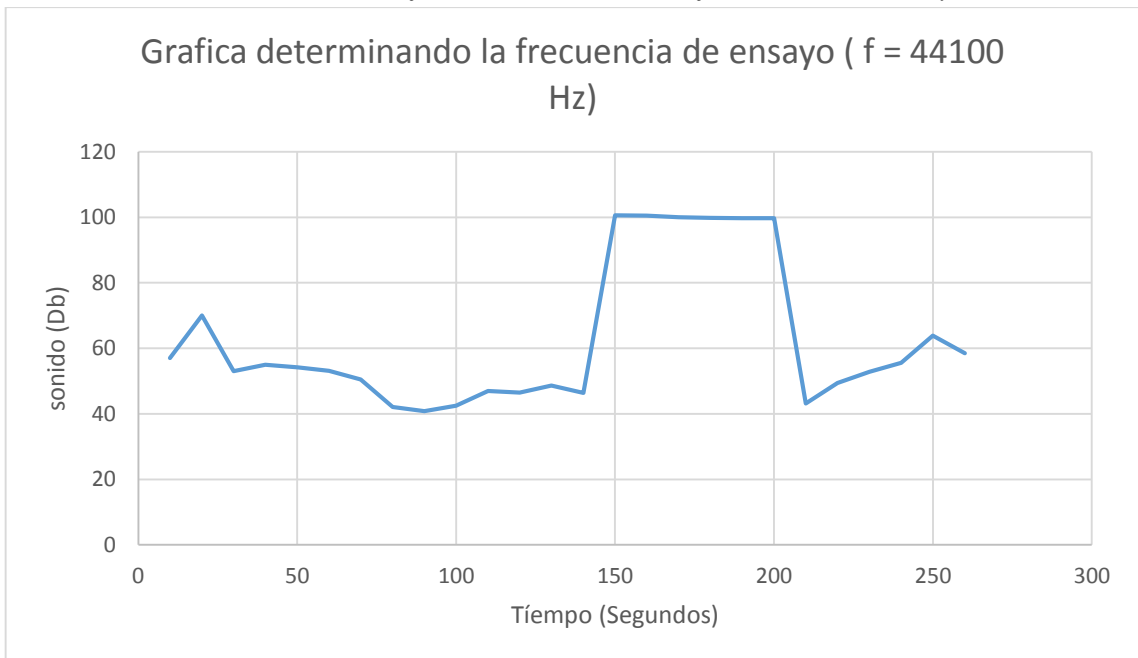
- 3- Se realizaron ensayos dejando el equipo encendido en el cuarto por unos 90 segundos, luego se introdujo a la caja y se dejó por 60 segundos, después se aplicó el ruido por 60 segundos, esto se realizó hasta encontrar la frecuencia adecuada.

**Gráfica A10:** *Grafica determinación de frecuencia de ensayo*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Gráfica A11:** *Grafica determinación de frecuencia de ensayo*



**Fuente:** *Elaboración propia*

✓ **Aislamiento Acústico:**

Para la prueba lo que se hizo fue calcular el aislamiento acústico bruto o diferencia bruta de niveles, entre recintos a ruido aéreo. Se obtienen los datos, uno para cada recinto, y se hace la diferencia entre ambos.

**Ecuación:** *Diferencia entre ambas zonas*

$$D = L_1 - L_2$$

**Fuente:** *Evaluación del acondicionamiento acústico y recomendaciones de diseño para salas de clases en la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la universidad de chile*

Dónde:

D es la diferencia entre ambas zonas.

$L_1$  es la presión sonora registrada en el recinto emisor.

$L_2$  es la del recinto receptor.

Se calculó el porcentaje de absorción de las unidades en estudio de la siguiente manera:

**Ecuación:** *Porcentaje de absorción*

$$\% \text{ de absorcion} = \frac{D}{L_1}$$

**Fuente:** *Evaluación del acondicionamiento acústico y recomendaciones de diseño para salas de clases en la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la universidad de chile*

Para generar el ruido rosa se utilizó el software NCH Toné Generator, de interface sencilla, en el cual definimos nuestra frecuencia de muestreo generalmente es una frecuencia intermedia de 44100 Hz, y la frecuencia utilizada en intervalo de tonos será de 5000 Hz.

## **ANEXO 5: MEMORIA DE CÁLCULO**

### **5A. DOSIFICACION PARA FABRICACIÓN DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

#### **VOLUMEN DE CONCRETO PARA UNA UNIDAD DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO DE 10 X 20 X 40**

Volumen solido = (0.10m x 0.20m X 0.40m)

Volumen solido = 0.008 m<sup>3</sup>

Volumen de huecos = 45% del volumen solido

Volumen de huecos = (0.008 m<sup>3</sup>) (0.45)

Volumen de huecos = 0.0036 m<sup>3</sup>

Volumen de concreto = (Volumen solido - Volumen de huecos) (% de abundamiento)

Volumen de concreto = (0.008 m<sup>3</sup> - 0.0036 m<sup>3</sup>) (1.15)

Volumen de concreto = 0.0051 m<sup>3</sup>

Del diseño de mezcla sabemos que para 1 m<sup>3</sup>:

Arena: 1239.14 kg/m<sup>3</sup>

Grava: 413.04 Kg/m<sup>3</sup>

Cemento: 355.56 Kg/m<sup>3</sup>

Agua: 160 Kg/m<sup>3</sup>

Al agregar PET es necesario disminuir la cantidad de agua ya que el plástico no absorbe agua, con esto se busca que el agua aplicada en cada caso sea la ideal para no agregar más de lo que requiere, para lo cual utilizo una relación agua/agregado total para ver qué cantidad de agua se irá disminuyendo

Relación agua/agregado para mezcla base:

**Ecuación:** *Relación de agua/agregado*

$$R = w/AT$$
$$r = \frac{160 \text{ kg/m}^3}{1652.18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$
$$r = 0.0968$$

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Para una unidad de mampostería de concreto sin sustitución de PET:**

$$W = r(AT)$$
$$W = 0.0968 (8.43)$$
$$W = 0.82 \text{ kg}$$

**Para una unidad de mampostería de concreto con 2.5% de sustitución de PET:**

$$W = r(AT)$$
$$W = 0.0968 (8.21)$$
$$W = 0.794 \text{ kg}$$



**Para una unidad de mampostería de concreto con 5.0% de sustitución de PET:**

$$W = r(AT)$$

$$W = 0.0968 (8.00)$$

$$W = 0.768 \text{ kg}$$

**Para una unidad de mampostería de concreto con 7.5% de sustitución de PET:**

$$W = r(AT)$$

$$W = 0.0968 (7.78)$$

$$W = 0.753 \text{ kg}$$

**Para una unidad de mampostería de concreto con 10% de sustitución de PET:**

$$W = r(AT)$$

$$W = 0.0968 (7.6)$$

$$W = 0.735 \text{ kg}$$

<b>PARA UNA UNIDAD DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO BASE</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO</b>
AGUA (W)	0.82
CEMENTO (C)	1.81
AGREGADO FINO	6.32
AGREGADO GRUESO	2.11

<b>PARA UNA UNIDAD DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO (CON 2.5% DE PET)</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO</b>
AGUA (W)	0.794
CEMENTO (C)	1.81
AGREGADO TOTAL DE MEZCLA DE CONTROL	8.43
AGREGADO FINO	6.16
AGREGADO GRUESO	2.05
PET	0.21

<b>PARA UNA UNIDAD DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO (CON 5.0% DE PET)</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO</b>
AGUA (W)	0.768
CEMENTO (C)	1.81
AGREGADO TOTAL DE MEZCLA DE CONTROL	8.43
AGREGADO FINO	6.00
AGREGADO GRUESO	2.00
PET	0.42

<b>PARA UNA UNIDAD DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO (CON 7.5% DE PET)</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO</b>
AGUA (W)	0.753
CEMENTO (C)	1.81
AGREGADO TOTAL DE MEZCLA DE CONTROL	8.43
AGREGADO FINO	5.84
AGREGADO GRUESO	1.94
PET	0.63

<b>PARA UNA UNIDAD DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO (CON 10% DE PET)</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO</b>
AGUA (W)	0.735
CEMENTO (C)	1.81
AGREGADO TOTAL DE MEZCLA DE CONTROL	8.43
AGREGADO FINO	5.69
AGREGADO GRUESO	1.90
PET	0.84

Estos cuadros se utilizaron para realizar una dosificación para fabricar 25 unidades de cada porcentaje.

<b>PARA 25 UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO BASE</b>		
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO</b>	<b>EQUIVALENTES</b>
AGUA (W)	20.50	0.021 m <sup>3</sup>
CEMENTO (C)	45.25	1.065 bls
AGREGADO FINO	158	0.11 m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO	52.72	0.045 m <sup>3</sup>

<b>PARA 25 UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO (CON 2.5% DE PET)</b>		
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO</b>	<b>EQUIVALENTES</b>
AGUA (W)	0.794	0.020 m <sup>3</sup>
CEMENTO (C)	45.25	1.065 bls
AGREGADO FINO	154	0.104 m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO	51.25	0.043 m <sup>3</sup>
PET	5.25	5.25 kg

<b>PARA 25 UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO (CON 5.0% DE PET)</b>		
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO</b>	<b>EQUIVALENTES</b>
AGUA (W)	19.20	0.019 m <sup>3</sup>
CEMENTO (C)	45.25	1.065 bls
AGREGADO FINO	150	0.101 m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO	50	0.041 m <sup>3</sup>
PET	10.5	10.5 kg

<b>PARA 25 UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO (CON 7.5% DE PET)</b>		
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO</b>	<b>EQUIVALENTES</b>
AGUA (W)	18.82	0.018 m <sup>3</sup>
CEMENTO (C)	45.25	1.065 bls
AGREGADO FINO	146	0.098 m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO	48.5	0.040 m <sup>3</sup>
PET	15.75	15.75 kg

<b>PARA 25 UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO (CON 10% DE PET)</b>		
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO</b>	<b>EQUIVALENTES</b>
AGUA (W)	18.38	0.018 m <sup>3</sup>
CEMENTO (C)	45.25	1.065 bls
AGREGADO FINO	142.25	0.096 m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO	47.50	0.039 m <sup>3</sup>
PET	21.0	21.0 kg

### Ejemplo de memoria de cálculo para IRA

Calcular el IRA

$$V_a = 100 - V_r$$

Dónde:

$V_a$  = volumen absorbido

$V_r$  = volumen de agua recolectado después el ensayo

$$\text{Densidad del agua} = 1 \frac{g}{ml}$$

Para muestra 1

$$V_a = 100 - 88ml = 12 ml$$

$$V_a = 12 ml \times \frac{1g}{ml} \times \frac{1kg}{1000 g} = 0.012 kg$$

Para muestra 2

$$V_a = 100 - 89ml = 11 ml$$

$$V_a = 11 ml \times \frac{1g}{ml} \times \frac{1kg}{1000 g} = 0.011 kg$$

Para muestra 3

$$V_a = 100 - 86ml = 14 ml$$

$$V_a = 14 ml \times \frac{1g}{ml} \times \frac{1kg}{1000 g} = 0.014 kg$$

Para muestra 4

$$V_a = 100 - 88ml = 12 ml$$

$$V_a = 12 ml \times \frac{1g}{ml} \times \frac{1kg}{1000 g} = 0.012 kg$$

Para muestra 5

$$V_a = 100 - 87ml = 13 ml$$

$$V_a = 13 ml \times \frac{1g}{ml} \times \frac{1kg}{1000 g} = 0.013 kg$$

Calculando el IRA

$$IRA = \frac{V_a}{A_{abs} t} \left( \frac{kg}{m^2 \cdot min} \right)$$

Para muestra 1

$$IRA = \frac{0.012}{(0.0047)(6.56)} \left( \frac{kg}{m^2 \cdot min} \right)$$
$$IRA = 0.38$$

Para muestra 2

$$IRA = \frac{0.011}{(0.0074)(5.51)} \left( \frac{kg}{m^2 \cdot min} \right)$$
$$IRA = 0.27$$

Para muestra 3

$$IRA = \frac{0.014}{(0.0046)(6.62)} \left( \frac{kg}{m^2 \cdot min} \right)$$
$$IRA = 0.46$$

Para muestra 4

$$IRA = \frac{0.012}{(0.0047)(3.55)} \left( \frac{kg}{m^2 \cdot min} \right)$$
$$IRA = 0.76$$

Para muestra 5

$$IRA = \frac{0.013}{(0.0056)(4.56)} \left( \frac{kg}{m^2 \cdot min} \right)$$
$$IRA = 0.51$$

## Ejemplo de solución numérica para resistencia al fuego de unidades de mampostería

### Resistencia al fuego de unidades de mampostería.

El ACI 216 1-97 establece parámetros para calcular la resistencia al fuego, mediante una solución numérica

**Solución numérica:** Para losas de entrepiso y cubierta y tabiques que consisten en una capa de hormigón de peso normal y una capa de hormigón semiliviano o liviano, cuando cada capa tiene un espesor mayor o igual que 1 pulg., estará permitido determinar la resistencia al fuego combinada usando las siguientes expresiones:

- ✓ Cuando la capa expuesta al fuego es de hormigón de peso normal:

**Ecuación:** Resistencia al fuego, hormigón de peso normal

$$R = 0.057 \left( 2t_{tot}^2 - d_1 t_{tot} + \frac{6}{t_{tot}} \right)$$

**Fuente:** ACI 216 1-97: Método Normalizado para Determinar la Resistencia al Fuego de las Construcciones de Hormigón y Mampostería, (Ecu 2-2)

- ✓ Cuando la capa expuesta al fuego es de hormigón liviano o semiliviano:

**Ecuación:** Resistencia al fuego, hormigón de peso liviano o semiliviano

$$R = 0.063 \left( t_{tot}^2 - d_1 t_{tot} - d_1^2 + \frac{4}{t_{tot}} \right)$$

**Fuente:** ACI 216 1-97: Método Normalizado para Determinar la Resistencia al Fuego de las Construcciones de Hormigón y Mampostería (Ecu 2-3)

Dónde:

R: Resistencia al fuego, horas

$t_{tot}$ : Espesor total de la losa, pulg

$d_1$ : Espesor de la capa expuesta al fuego, pulg

**Solución numérica alternativa** – Para los tabiques, entrepisos y cubiertas que no satisfacen los criterios anteriores y que consisten en dos o más capas de diferentes tipos de hormigón, mampostería de hormigón y/o mampostería de arcilla, la resistencia al fuego se puede determinar usando la Ecuación (2-4):

**Ecuación:** *Resistencia al fuego*

$$R = (R_1^{0.59} + R_2^{0.59} + \dots + R_n^{0.59} + A_1 + A_2 + \dots + A_n)^{1.7}$$

**Fuente:** *ACI 216 1-97: Método Normalizado para Determinar la Resistencia al Fuego de las Construcciones de Hormigón y Mampostería (Ecu 2-4)*

Dónde:

R: Resistencia al fuego, horas

$R_1$ ,  $R_2$  y  $R_n$ : Resistencia al fuego de las capas individuales, horas

$A_1$ ,  $A_2$  y  $A_n = 0.30$ : Factor de aire para cada espacio de aire continuo que tiene una distancia de ½ a 3 ½ pulg entre capas.

**Espesor equivalente:** El espesor equivalente de las construcciones de mampostería de hormigón se deberá determinar de acuerdo al ACI 216.

**Ecuación:** *Espesor equivalente del mampuesto*

$$T_e = \frac{V_n}{LH}$$

**Fuente:** *ACI 216 1-97: Método Normalizado para Determinar la Resistencia al Fuego de las Construcciones de Hormigón y Mampostería (Ecu 3-2)*

Dónde:

$T_e$ : Espesor equivalente del mampuesto, pulg

$V_n$ : Volumen neto del mampuesto

$H$ : Altura del mampuesto

$L$ : Longitud del mampuesto

Para el volumen neto del mampuesto

$$V_n = \frac{W_d \text{ (Peso seco)}}{\text{Densidad}}$$

Cálculos de resistencia al fuego para las unidades de mampostería base

✓ Calculando espesor equivalente

Volumen neto del mampuesto

$$W_d = 10.01 \text{ Kg}$$

$$\text{Densidad} = 2002.80 \text{ kg/m}^3$$

$$V_n = \frac{10.01}{2002.80}$$

$$V_n = 0.005 \text{ m}^3$$

$$H = 0.18 \text{ m}$$

$$L = 0.39 \text{ m}$$



Sustituyendo valores para calcular es espesor equivalente

$$T_e = \frac{0.005m^3}{(0.39m)(0.18m)}$$

$$T_e = 0.071 m = 7.1 cm$$

$$T_e = 2.80 pulg$$

✓ Calculando la resistencia al fuego

**Ecuación:** Resistencia al fuego, hormigón de peso normal

$$R = 0.057 \left( 2t_{tot}^2 - d_1 t_{tot} + \frac{6}{t_{tot}} \right)$$

$$R_1 = 0.057 \left( 2(2.80 pulg)^2 - 1(2.80 pulg) + \frac{6}{(2.80 pulg)} \right)$$

$$R_1 = 0.86 horas$$

$$R = [(0.86)^{0.59} + 2(0.3)]^{1.7}$$

$$R = 2.026 Horas$$

Cálculos de resistencia al fuego para las unidades de mampostería con 2.5% PET

✓ Calculando espesor equivalente

Volumen neto del mampuesto

$$W_d = 9.93 Kg$$

$$Densidad = 1986.40 kg/m^3$$

$$V_n = \frac{9.93}{1986.40}$$

$$V_n = 0.005m^3$$

$$H=0.18m$$

$$L=0.39 m$$

Sustituyendo valores para calcular es espesor equivalente

$$T_e = \frac{0.005m^3}{(0.39m)(0.18m)}$$

$$T_e = 0.071 m = 7.1 cm$$

$$T_e = 2.80 pulg$$

✓ Calculando la resistencia al fuego

**Ecuación:** Resistencia al fuego, hormigón de peso liviano o semiliviano

$$R = 0.063 \left( t_{tot}^2 - d_1 t_{tot} - d_1^2 + 4/t_{tot} \right)$$

$$R_1 = 0.063 \left( (2.80 pulg)^2 - 1(2.80 pulg) - (1)^2 + 4/(2.80 pulg) \right)$$

$$R_1 = 0.35 horas$$

$$R = [(0.35)^{0.59} + 2(0.3)]^{1.7}$$

$$R = 1.25 Horas$$

### Ejemplo de aplicación para el cálculo de resistencia térmica:

Con los siguientes datos calcular la conductividad térmica de la unidad de mampostería de concreto:

Datos:

$$T_1 = 72.10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Alto: } 0.19\text{m}$$

$$T_2 = 47.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Ancho: } 0.39\text{m}$$

$$T_3 = 32.10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Espesor: } 0.095\text{m}$$

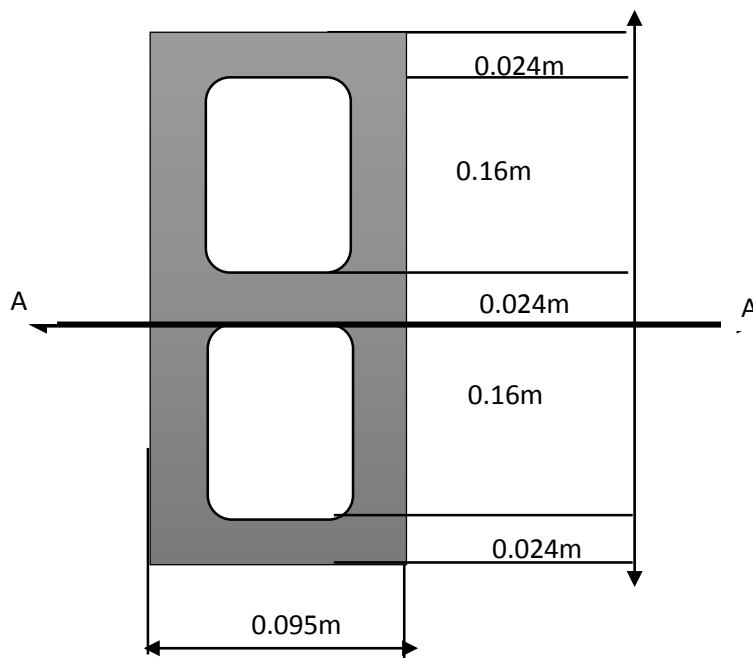
$$T_4 = 30.10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Espesor de placas: } 0.024\text{m}$$

$$h_{\text{conv. interna}} 8.57 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Esquema de la unidad de mampostería de concreto

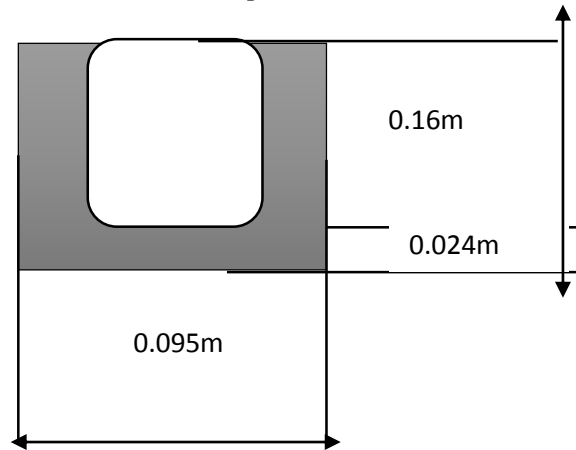
**Figura A5:** Esquema de la unidad de mampostería de concreto a analizar



**Fuente:** *Elaboración propia*

Debido a las consideraciones hechas se toma la sección A-A de la unidad de mampostería de concreto para nuestro análisis:

**Figura A6:** Sección A-A para análisis de conductividad térmica



**Fuente:** Elaboración propia

$$Q_{\text{conveccion en superficie}} = h_{\text{conv.interna}} A_s (T_1 - T_2)$$

$$Q_{\text{conveccion en superficie}} = (8.57 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}) (0.19\text{m})(0.16\text{m})(72.10 \text{ °C} - 47.3 \text{ °C})$$

$$Q_{\text{conveccion pared superficie}} = 6.46 \text{ W}$$

$$k_1 = k_2 = \frac{L Q_{\text{conveccion en superficie}}}{A_s (T_2 - T_3)}$$

$$k_1 = \frac{(0.024\text{m})(6.46\text{W})}{(0.19\text{m})(0.16\text{m})(47.3\text{°C} - 32.1\text{°C})}$$

$$k_1 = 0.34 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$$

$$Q_{\text{conveccion en tabique}} = h_{\text{conv.interna}} A_{S \text{ tabique}} (T_1 - T_2)$$

$$Q_{\text{conveccion en tabique}} = (8.57 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) (0.19\text{m})(0.024\text{m})(72.10 \text{ } ^\circ\text{C} - 47.3 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{conveccion en tabique}} = 0.97 \text{ W}$$

$$k_3 = k_4 = k_5 = \frac{L Q_{\text{conveccion en tabique}}}{A_{S \text{ tabique}} (T_2 - T_4)}$$

$$k_3 = \frac{(0.095\text{m})(0.97\text{W})}{(0.19\text{m})(0.024\text{m})(47.3^\circ\text{C} - 30.1^\circ\text{C})}$$

$$k_3 = 1.17 \text{ W/m. } ^\circ\text{C}$$

**Tabla A8:** Cuadro resumen para cálculo del coeficiente de conductividad térmica

N°	K	A	Ka
1	0.34	0.061	0.0201
2	0.34	0.061	0.0201
3	1.17	0.0046	0.0054
4	1.17	0.0046	0.0054
5	1.17	0.0046	0.0054
Σ		<b>0.131</b>	<b>0.0564</b>

**Fuente:** Elaboración propia

$$k_m = \frac{\sum kA}{\sum A}$$

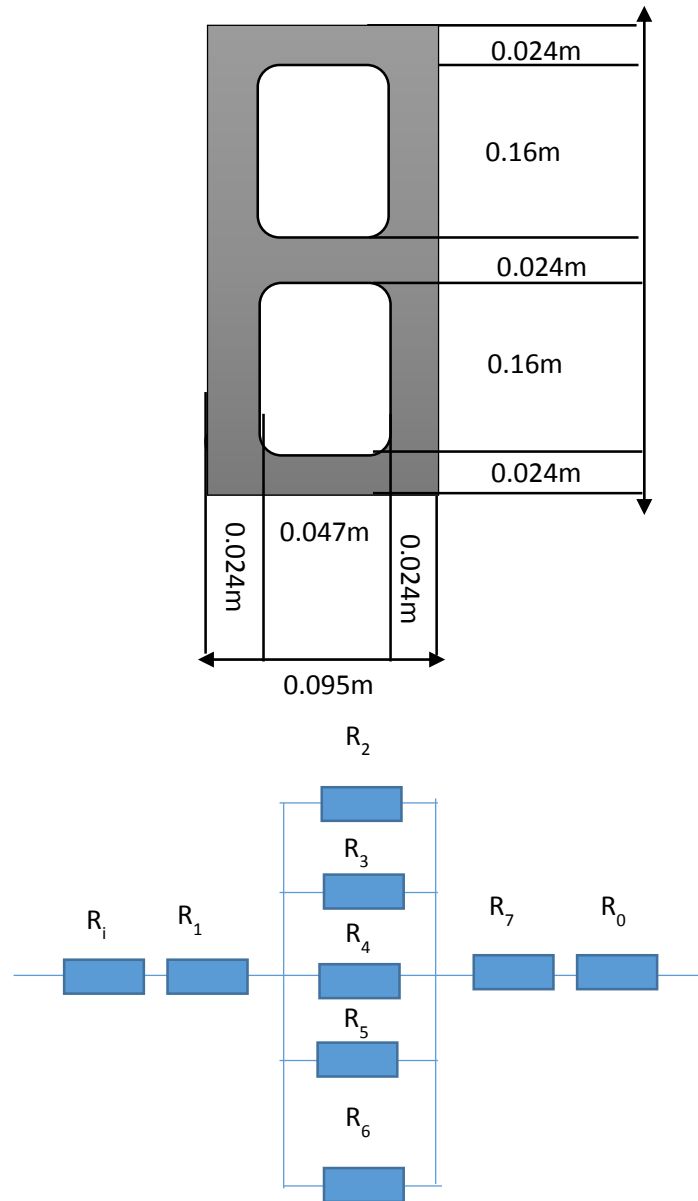
$$k_m = \frac{0.0416}{0.131}$$

$$k_m = 0.435$$

## Calculo de la resistencia térmica

Consideremos el ejemplo anterior, pero esta vez se calcula la resistencia térmica:

**Figura A7:** Modelo base para el cálculo de resistencia térmica



**Fuente:** *Elaboración propia*

La resistencia térmica de las paredes solidas está dada por:

$$R_{pared\ del\ bloque} = \frac{L}{kA_s}$$

Donde:

$R_{pared\ del\ bloque}$ : Es la resistencia de la unidad de mampostería de concreto en estudio

L: es el espesor de la pared

$A_s$ : Es el área de la pared

Para el caso de las cavidades y los extremos expuesto y externo de la unidad de mampostería de concreto la resistencia térmica está dada por:

$$R_{conveccion} = \frac{1}{h_{conveccion\ interna} A_s}$$

Con estas fórmulas se calculó la resistencia térmica de la unidad de mampostería de concreto:

Resistencia de convección externa

$$R_i = R_0 = R_{conveccion} = \frac{1}{h_{conveccion\ externa} A_s}$$

$$R_i = \frac{1}{(8.57\ W/m^2\ ^\circ C)(0.19m)(0.39m)}$$

$$R_i = 1.57\ ^\circ C/W$$

Resistencia en las paredes perpendiculares al flujo de calor:

$$R_1 = R_7 = \frac{L}{k_1 A_s}$$

$$R_1 = \frac{0.024m}{(0.34 \text{ W/m} \cdot \text{°C})(0.19m)(0.39m)}$$

$$R_1 = 0.9526 \text{ °C/W}$$

Resistencia en las paredes paralelas al flujo de calor:

$$R_2 = R_4 = R_6 = \frac{L}{k_3 A_s \text{ tabique}}$$

$$R_2 = \frac{0.047m}{(1.17 \text{ W/m} \cdot \text{°C})(0.024m)(0.19)}$$

$$R_2 = 8.81 \text{ °C/W}$$

Resistencia en las cavidades de la unidad d mampostería de concreto:

$$R_3 = R_5 = R_{\text{conveccion}} = \frac{1}{h_{\text{conveccion interna}} A_s \text{ cavidad}}$$

$$R_3 = \frac{1}{(8.57 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C})(0.19m)(0.16m)}$$

$$R_3 = 3.84 \text{ °C/W}$$

Primero se resuelve el sistema de resistencias en paralelo de la siguiente manera:

$$\frac{1}{R_{\text{en medio}}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}$$



$$\frac{1}{R_{en\ medio}} = \frac{1}{8.81\ ^{\circ}C/W} + \frac{1}{3.84\ ^{\circ}C/W} + \frac{1}{8.81\ ^{\circ}C/W} + \frac{1}{3.84\ ^{\circ}C/W} + \frac{1}{8.81\ ^{\circ}C/W}$$

$$\frac{1}{R_{en\ medio}} = 0.8614\ W/^{\circ}C$$

$$R_{en\ medio} = 1.16\ ^{\circ}C/W$$

Ahora se tiene todas las resistencias en serie se procede a resolver:

$$R_{Total} = R_i + R_1 + R_{en\ medio} + R_7 + R_0$$

$$R_{Total} = 1.57\ ^{\circ}C/W + 0.9516\ ^{\circ}C/W + 1.16\ ^{\circ}C/W + 0.9526\ ^{\circ}C/W + 1.57\ ^{\circ}C/W$$

$$R_{Total} = 6.20\ ^{\circ}C/W$$

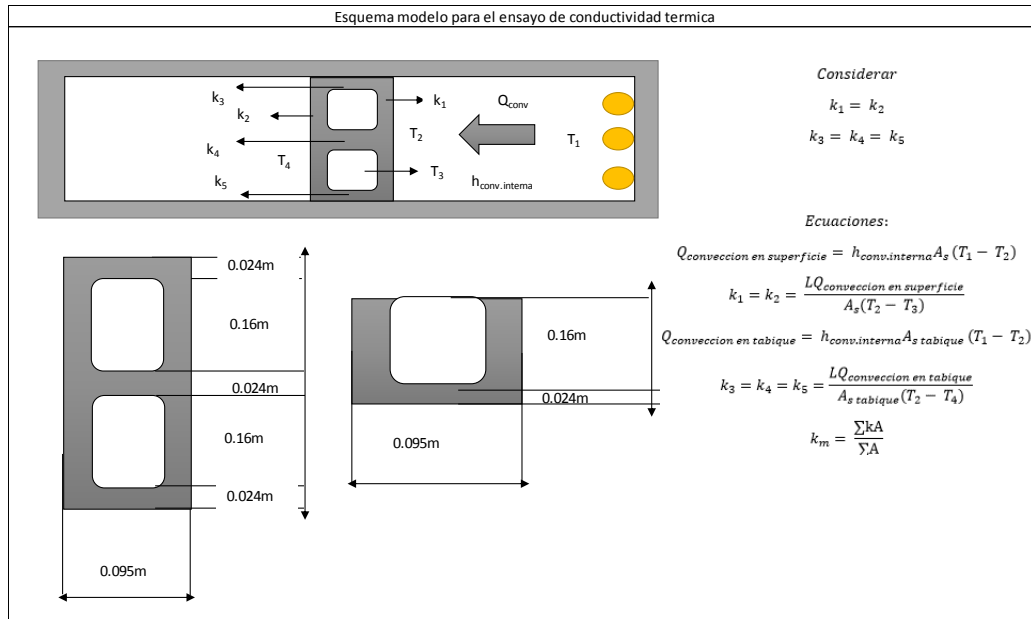
La resistencia total por área superficial de la unidad de mampostería de concreto será:

$$R_{Total.As} = (6.20\ ^{\circ}C/W)(0.19m)(0.39m)$$

$$R_{Total.As} = 0.46\ m^2\ ^{\circ}C/W$$

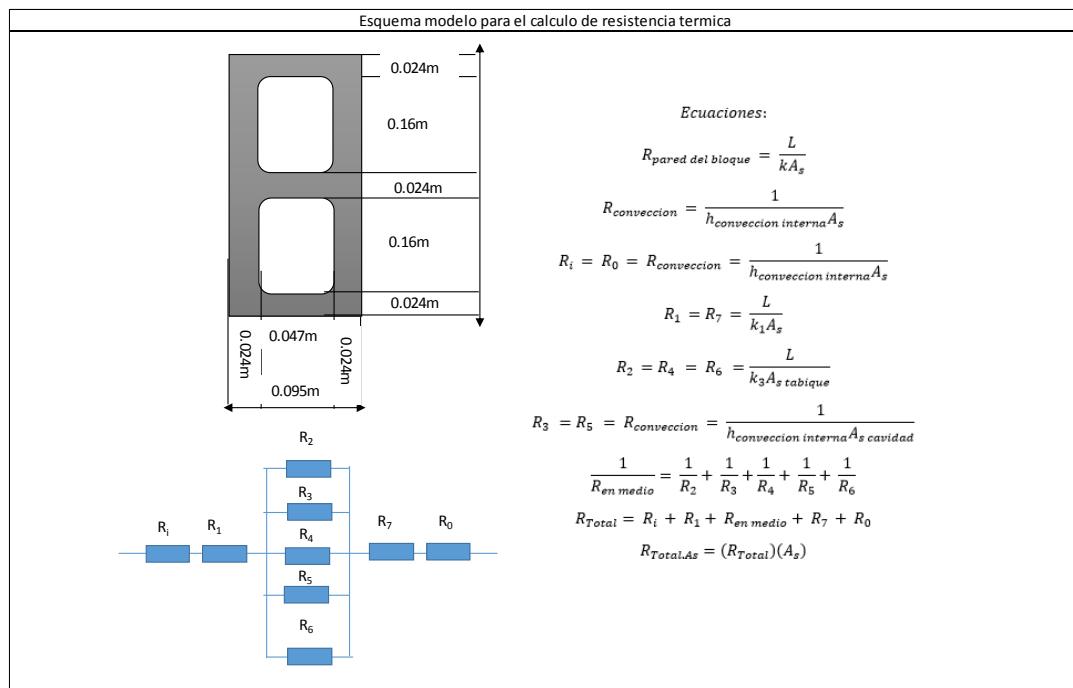
Este trabajo puede simplificarse usando una hoja electrónica programada con los datos recolectados.

**Figura A8:** Esquemas y formulas resumen usadas para hoja electrónica en el cálculo de conductividad térmica



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura:** Esquemas y formulas resumen usadas para hoja electrónica en el cálculo de resistencia térmica

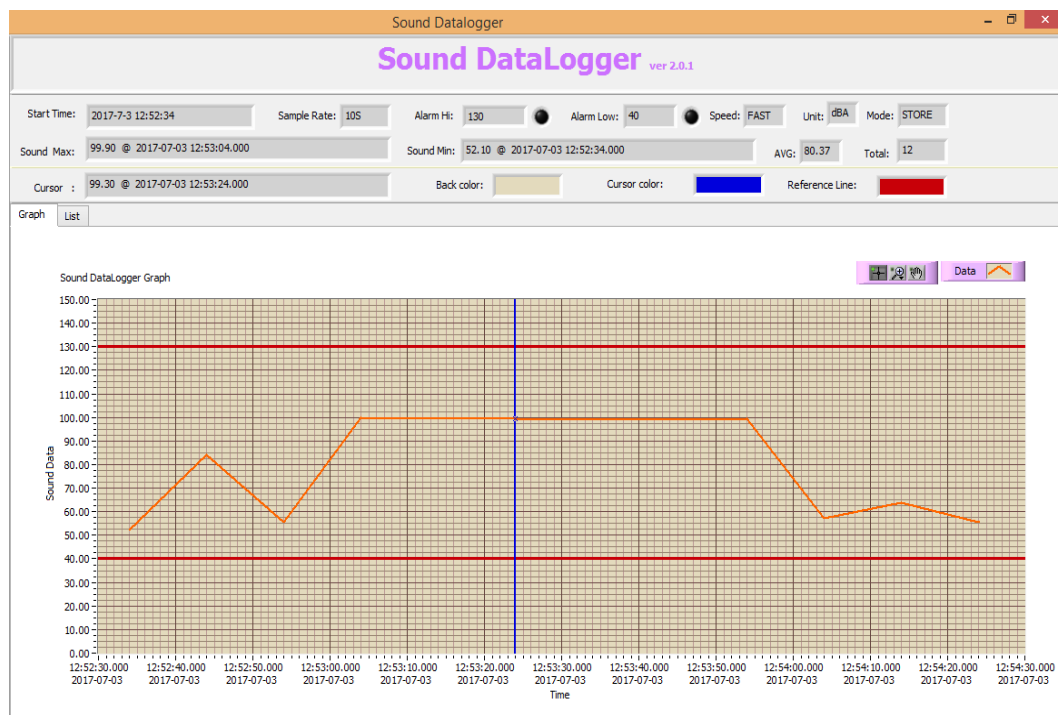


**Fuente:** Elaboración propia

## Ejemplo de aplicación para el cálculo de resistencia acústica

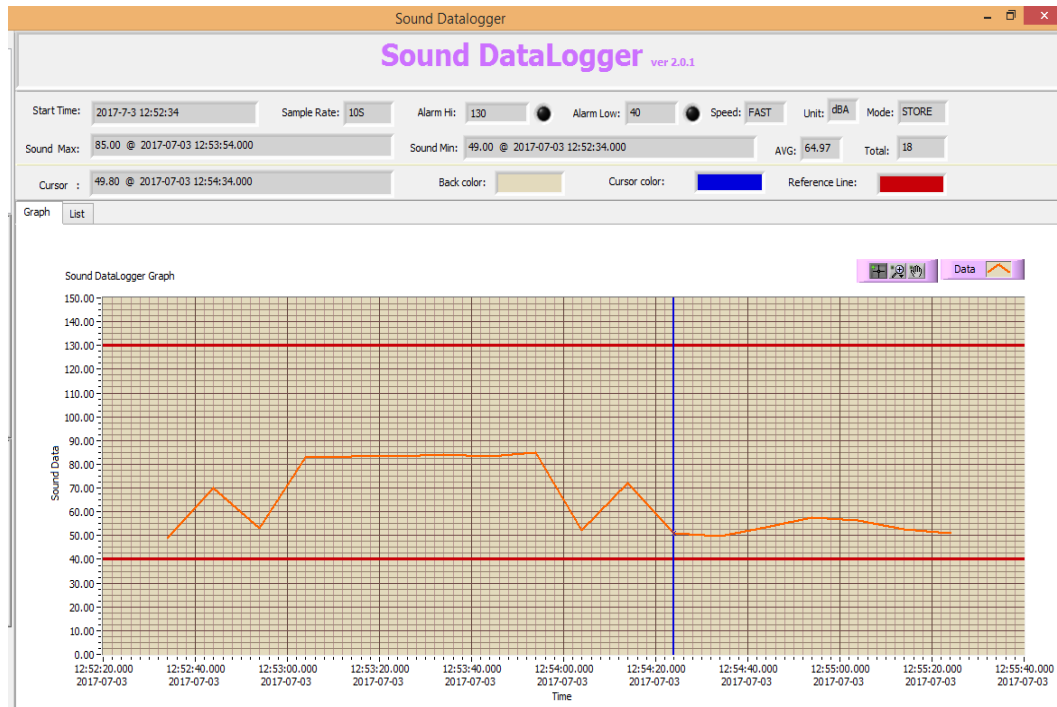
Las siguientes graficas muestran los datos de ensayo obtenidos en la prueba a una unidad de mampostería de concreto en la caja acústica, encontrando la diferencia bruta de decibeles y el porcentaje de absorción acústica:

**Figura A9:** Grafica del software de medición de decibeles para prueba de unidades de mampostería de concreto en el recinto emisor



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura A10:** Grafica del software de medición de decibeles para prueba de unidades de mampostería de concreto en el recinto receptor



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A9:** Datos de la prueba de absorción acústica

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
1	10	99.9	82.7
	20	99.5	83.2
	30	99.3	83.1
	40	99.1	84.2
	50	99.1	83.1
	60	99.3	85
	<b>PROMEDIO</b>		<b>99.37</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

Usando el promedio de lectura de los 60 segundos se calculó la diferencia bruta de decibeles y el porcentaje de absorción:

$$D = L_1 - L_2$$

$$D = 99.37 \text{ Db} - 83.55 \text{ Db}$$

$$D = 15.82 \text{ Db}$$

$$\% \text{ de absorcion} = \frac{D}{L_1} \times 100$$

$$\% \text{ de absorcion} = \frac{15.82 \text{ Db}}{99.37 \text{ Db}} \times 100$$

$$\% \text{ de absorcion} = 15.92\%$$

Calcular la resistencia acústica mediante la siguiente ecuación:

$$R = D + 10 \log \left( \frac{T}{T_0} \right)$$

Dónde:

D es la diferencia de nivel de presión acústica,

T es el tiempo de reverberación del recinto receptor

T<sub>0</sub> es el tiempo de reverberación de referencia, que para particiones se toma un valor de 0,5 segundos.

Para mezcla base

Muestra 1

$$R = 23.37db + 10 \log \left( \frac{60seg}{0.5seg} \right)$$

$$R = 44.16 db$$

Muestra 2

$$R = 20.90 db + 10 \log \left( \frac{60seg}{0.5seg} \right)$$

$$R = 41.69 db$$

Muestra 3

$$R = 19.82 db + 10 \log \left( \frac{60seg}{0.5seg} \right)$$

$$R = 40.61 db$$

Muestra 4

$$R = 19.42 db + 10 \log \left( \frac{60seg}{0.5seg} \right)$$

$$R = 40.21 db$$

Muestra 5

$$R = 19.98 db + 10 \log \left( \frac{60seg}{0.5seg} \right)$$

$$R = 40.77 db$$

Para cuantificar el aislamiento acústico, se utilizará el coeficiente STC, clase de transmisión sonora. Es un índice de número único mediante el cual se cuantifica el aislamiento acústico proporcionado por una partición

$$STC = 0.04W + 40$$

Donde W es el peso en unidad de área de la sección

Para mezcla base

Muestra 1

$$STC = 0.04 \left( 2067.6 \frac{kg}{m^3} \right) (0.095m) + 40$$

$$STC = 47.86 \frac{kg}{m^2}$$

Muestra 2

$$STC = 0.04 \left( 2027 \frac{kg}{m^3} \right) (0.095m) + 40$$

$$STC = 47.70 \frac{kg}{m^2}$$

Muestra 3

$$STC = 0.04 \left( 1933.4 \frac{kg}{m^3} \right) (0.095m) + 40$$

$$STC = 47.35 \frac{kg}{m^2}$$

Muestra 4

$$STC = 0.04 \left( 2009.4 \frac{kg}{m^3} \right) (0.095m) + 40$$

$$STC = 47.63 \frac{kg}{m^2}$$

Muestra 5

$$STC = 0.04 \left( 1976.6 \frac{kg}{m^3} \right) (0.095m) + 40$$

$$ST = 47.51 \frac{kg}{m^2}$$

Este procedimiento se realiza para las cinco muestras que se ensayaron en cada porcentaje al final se realizó un cuadro con los siguientes cálculos:

**Tabla A10:** Datos de la prueba de absorción acústica para las 5 unidades

M	LECTURA EN EL RECINTO EMISOR	LECTURA EN EL RECINTO RECEPTOR	DIFERENCIA DE DECIBELES	% DE ABSORCION
1	99.37	83.55	15.82	15.92%
2	102.32	82.57	19.75	19.30%
3	101.77	82.75	19.02	18.69%
4	100.87	83.62	17.25	17.10%
5	102.02	83.07	18.95	18.58%
<b>PROM</b>	<b>101.27</b>	<b>83.11</b>	<b>18.16</b>	<b>17.92%</b>

**Fuente:** Elaboración propia



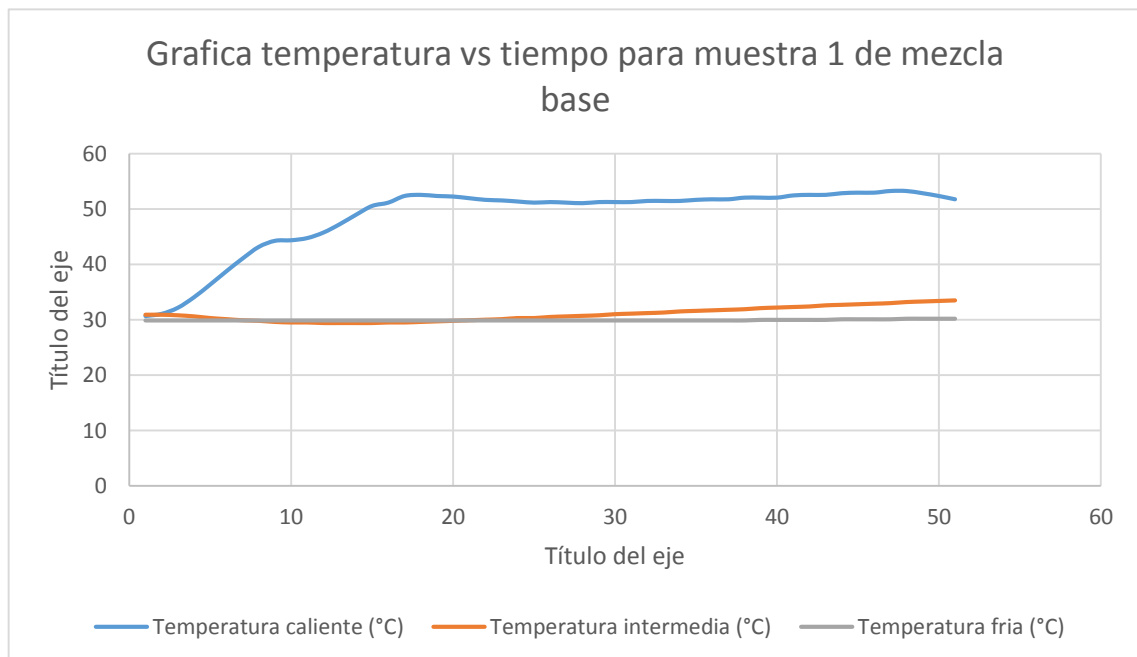
## DATOS DE PRUEBAS TERMICAS

**Tabla A11:** Datos de temperatura para muestra 1 de mezcla con 0% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	30.7	30.9	29.9
2	31.1	30.9	29.9
3	32.2	30.8	29.9
4	34.1	30.6	29.9
5	36.4	30.3	29.9
6	38.8	30.1	29.9
7	41.1	29.9	29.9
8	43.2	29.8	29.9
9	44.3	29.6	29.9
10	44.4	29.5	29.9
11	44.8	29.5	29.9
12	45.8	29.4	29.9
13	47.3	29.4	29.9
14	49	29.4	29.9
15	50.6	29.4	29.9
16	51.2	29.5	29.9
17	52.4	29.5	29.9
18	52.6	29.6	29.9
19	52.4	29.7	29.9
20	52.3	29.8	29.9
21	52	29.9	29.9
22	51.7	30	29.9
23	51.6	30.1	29.9
24	51.4	30.3	29.9
25	51.2	30.3	29.9
26	51.3	30.5	29.9
27	51.2	30.6	29.9
28	51.1	30.7	29.9
29	51.3	30.8	29.9
30	51.3	31	29.9
31	51.3	31.1	29.9
32	51.5	31.2	29.9
33	51.5	31.3	29.9
34	51.5	31.5	29.9
35	51.7	31.6	29.9
36	51.8	31.7	29.9

37	51.8	31.8	29.9
38	52.1	31.9	29.9
39	52.1	32.1	30
40	52.1	32.2	30
41	52.5	32.3	30
42	52.6	32.4	30
43	52.6	32.6	30
44	52.9	32.7	30.1
45	53	32.8	30.1
46	53	32.9	30.1
47	53.3	33	30.1
48	53.3	33.2	30.2
49	52.9	33.3	30.2
50	52.4	33.4	30.2
51	51.8	33.5	30.2

**Gráfica A12:** *Temperatura vs tiempo para muestra 1 de mezcla con 0% de sustitución de PET*



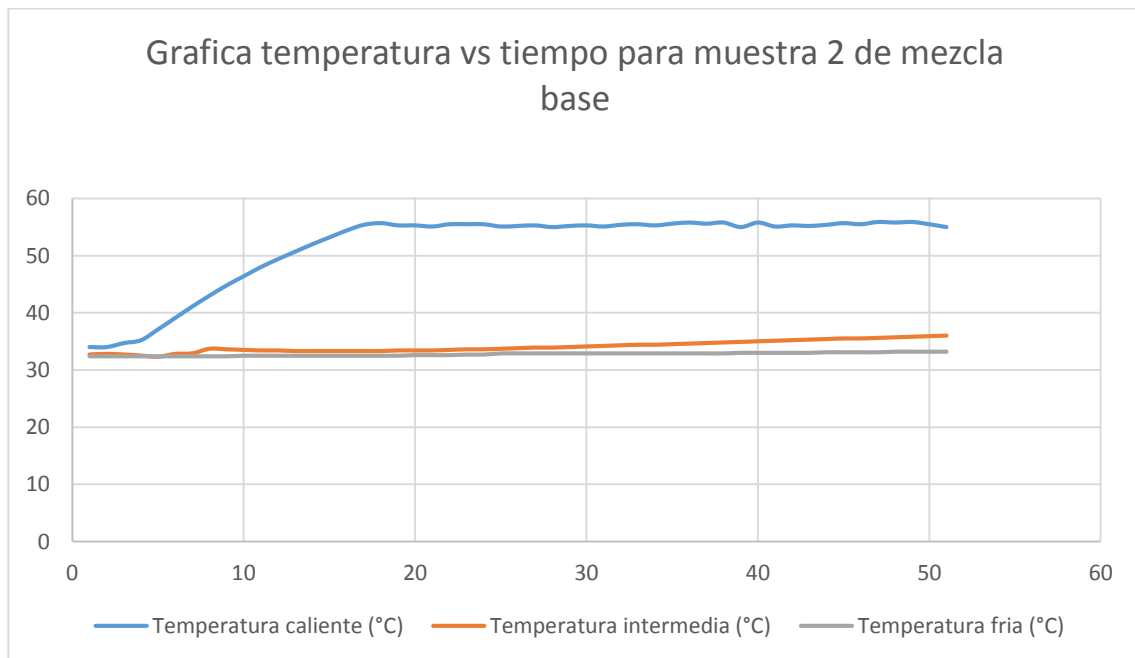
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A12:** Datos de temperatura para muestra 2 de mezcla con 0% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	34	32.7	32.4
2	34	32.8	32.4
3	34.7	32.7	32.4
4	35.2	32.5	32.4
5	37.1	32.3	32.4
6	39.1	32.8	32.4
7	41.1	32.9	32.4
8	43	33.7	32.4
9	44.8	33.6	32.4
10	46.4	33.5	32.5
11	48	33.4	32.5
12	49.4	33.4	32.5
13	50.7	33.3	32.5
14	52	33.3	32.5
15	53.2	33.3	32.5
16	54.4	33.3	32.5
17	55.4	33.3	32.5
18	55.7	33.3	32.5
19	55.3	33.4	32.5
20	55.3	33.4	32.6
21	55.1	33.4	32.6
22	55.5	33.5	32.6
23	55.5	33.6	32.7
24	55.5	33.6	32.7
25	55.1	33.7	32.9
26	55.2	33.8	32.9
27	55.3	33.9	32.9
28	55	33.9	32.9
29	55.2	34	32.9
30	55.3	34.1	32.9
31	55.1	34.2	32.9
32	55.4	34.3	32.9
33	55.5	34.4	32.9
34	55.3	34.4	32.9
35	55.6	34.5	32.9
36	55.8	34.6	32.9
37	55.6	34.7	32.9
38	55.8	34.8	32.9

39	55	34.9	33
40	55.8	35	33
41	55.1	35.1	33
42	55.3	35.2	33
43	55.2	35.3	33
44	55.4	35.4	33.1
45	55.7	35.5	33.1
46	55.5	35.5	33.1
47	55.9	35.6	33.1
48	55.8	35.7	33.2
49	55.9	35.8	33.2
50	55.5	35.9	33.2
51	55	36	33.2

**Gráfica A13:** *Temperatura vs tiempo para muestra 2 de mezcla con 0% de sustitución de PET*



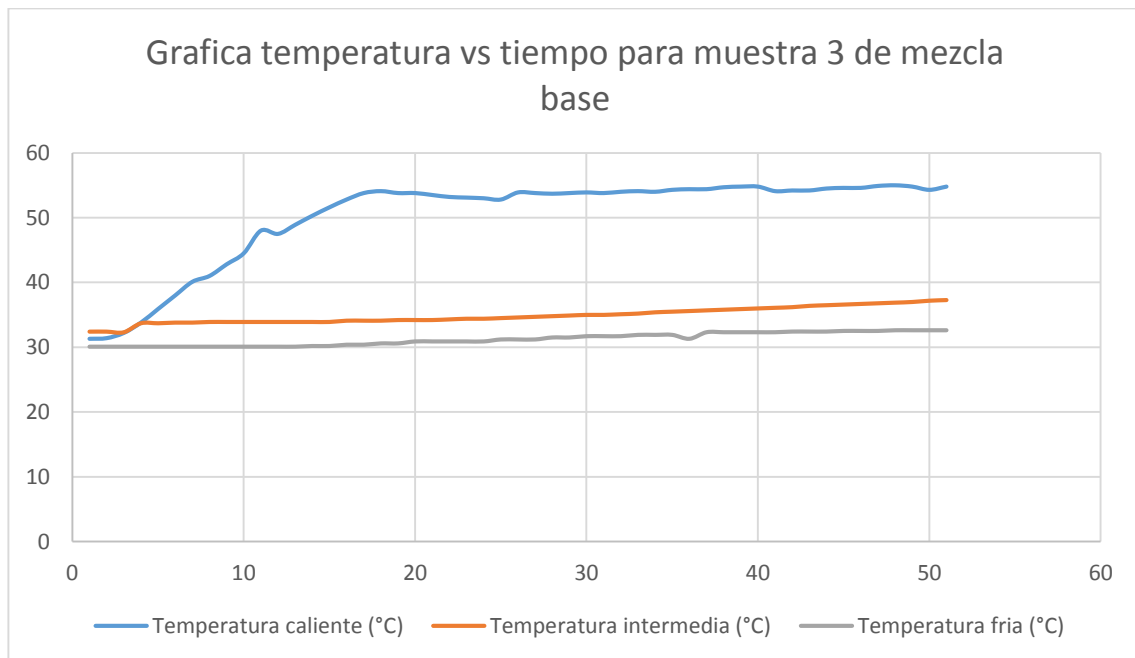
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A13:** Datos de temperatura para muestra 3 de mezcla con 0% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	31.3	32.4	30.1
2	31.4	32.4	30.1
3	32.2	32.3	30.1
4	33.8	33.7	30.1
5	35.9	33.7	30.1
6	38	33.8	30.1
7	40.1	33.8	30.1
8	41	33.9	30.1
9	42.8	33.9	30.1
10	44.5	33.9	30.1
11	48	33.9	30.1
12	47.5	33.9	30.1
13	48.9	33.9	30.1
14	50.3	33.9	30.2
15	51.6	33.9	30.2
16	52.8	34.1	30.4
17	53.8	34.1	30.4
18	54.1	34.1	30.6
19	53.8	34.2	30.6
20	53.8	34.2	30.9
21	53.5	34.2	30.9
22	53.2	34.3	30.9
23	53.1	34.4	30.9
24	53	34.4	30.9
25	52.8	34.5	31.2
26	53.9	34.6	31.2
27	53.8	34.7	31.2
28	53.7	34.8	31.5
29	53.8	34.9	31.5
30	53.9	35	31.7
31	53.8	35	31.7
32	54	35.1	31.7
33	54.1	35.2	31.9
34	54	35.4	31.9
35	54.3	35.5	31.9
36	54.4	35.6	31.3
37	54.4	35.7	32.3
38	54.7	35.8	32.3

39	54.8	35.9	32.3
40	54.8	36	32.3
41	54.1	36.1	32.3
42	54.2	36.2	32.4
43	54.2	36.4	32.4
44	54.5	36.5	32.4
45	54.6	36.6	32.5
46	54.6	36.7	32.5
47	54.9	36.8	32.5
48	55	36.9	32.6
49	54.8	37	32.6
50	54.3	37.2	32.6
51	54.8	37.3	32.6

**Gráfica A14:** *Temperatura vs tiempo para muestra 3 de mezcla con 0% de sustitución de PET*



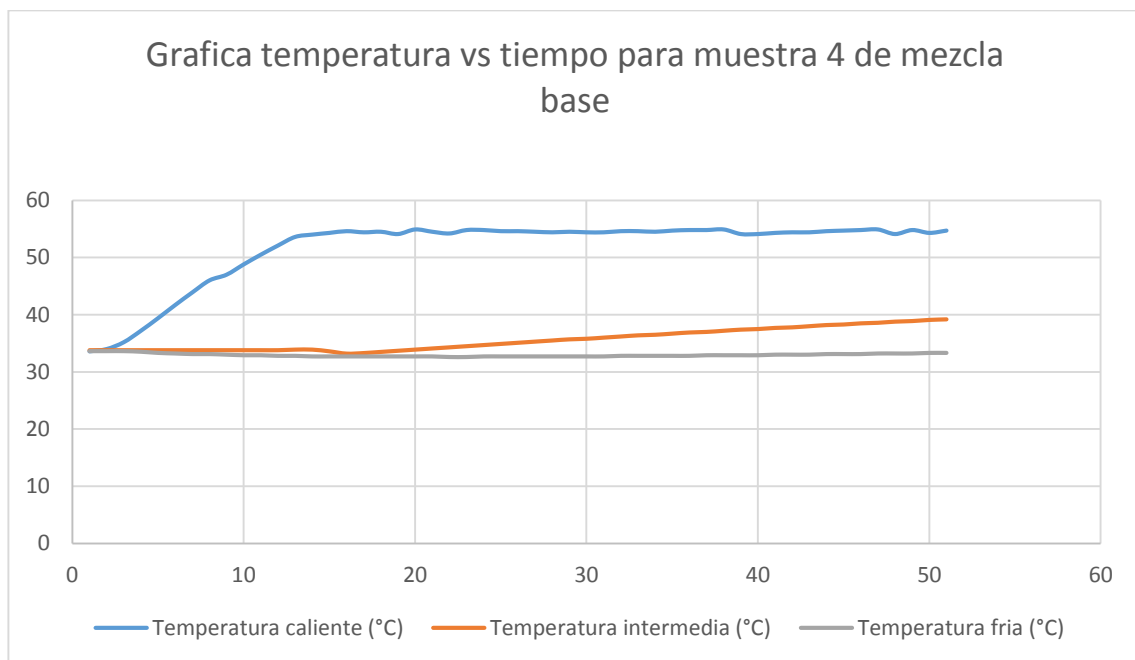
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A14:** Datos de temperatura para muestra 4 de mezcla con 0% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	33.6	33.8	33.6
2	34	33.8	33.6
3	35.2	33.8	33.6
4	37.2	33.8	33.5
5	39.4	33.8	33.3
6	41.7	33.8	33.2
7	43.9	33.8	33.1
8	46	33.8	33.1
9	47	33.8	33
10	48.8	33.8	32.9
11	50.5	33.8	32.9
12	52.1	33.8	32.8
13	53.6	33.9	32.8
14	54	33.9	32.7
15	54.3	33.6	32.7
16	54.6	33.2	32.7
17	54.4	33.3	32.7
18	54.5	33.5	32.7
19	54.1	33.7	32.7
20	54.9	33.9	32.7
21	54.5	34.1	32.7
22	54.2	34.3	32.6
23	54.8	34.5	32.6
24	54.8	34.7	32.7
25	54.6	34.9	32.7
26	54.6	35.1	32.7
27	54.5	35.3	32.7
28	54.4	35.5	32.7
29	54.5	35.7	32.7
30	54.4	35.8	32.7
31	54.4	36	32.7
32	54.6	36.2	32.8
33	54.6	36.4	32.8
34	54.5	36.5	32.8
35	54.7	36.7	32.8
36	54.8	36.9	32.8

37	54.8	37	32.9
38	54.9	37.2	32.9
39	54.1	37.4	32.9
40	54.1	37.5	32.9
41	54.3	37.7	33
42	54.4	37.8	33
43	54.4	38	33
44	54.6	38.2	33.1
45	54.7	38.3	33.1
46	54.8	38.5	33.1
47	54.9	38.6	33.2
48	54.1	38.8	33.2
49	54.8	38.9	33.2
50	54.3	39.1	33.3
51	54.7	39.2	33.3

**Gráfica A15:** *Temperatura vs tiempo para muestra 4 de mezcla con 0% de sustitución de PET*



**Fuente:** *Elaboración propia*

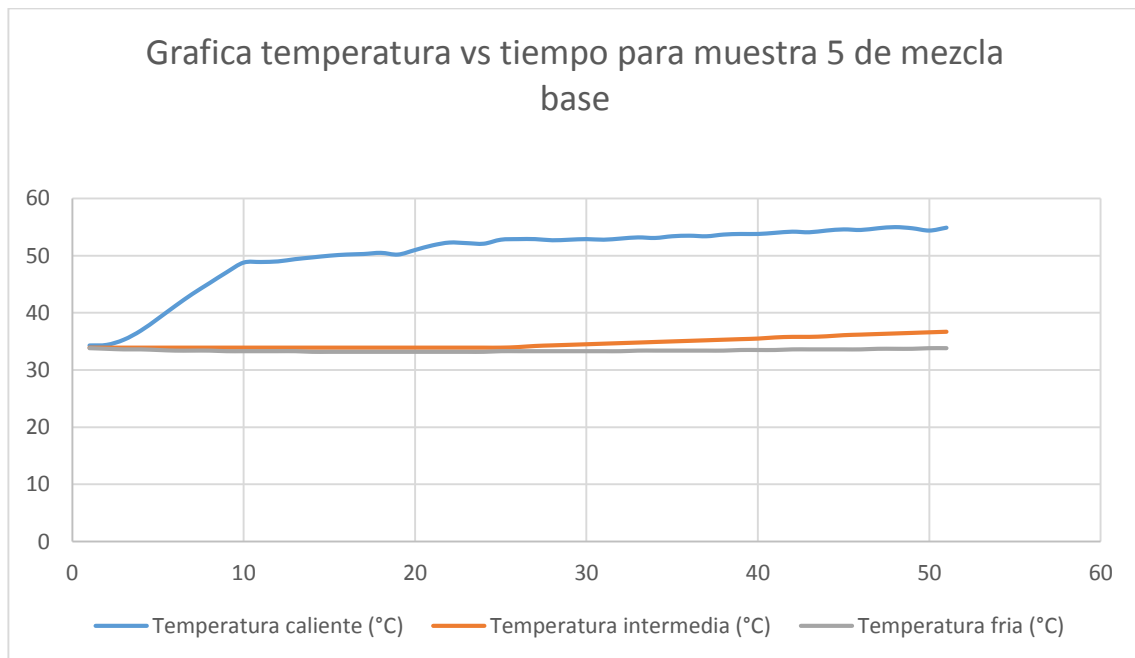


**Tabla A15:** Datos de temperatura para muestra 5 de mezcla con 0% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	34.3	33.9	33.8
2	34.4	33.9	33.7
3	35.3	33.9	33.6
4	36.9	33.9	33.6
5	39	33.9	33.5
6	41.2	33.9	33.4
7	43.3	33.9	33.4
8	45.2	33.9	33.4
9	47.1	33.9	33.3
10	48.8	33.9	33.3
11	48.9	33.9	33.3
12	49	33.9	33.3
13	49.4	33.9	33.3
14	49.7	33.9	33.2
15	50	33.9	33.2
16	50.2	33.9	33.2
17	50.3	33.9	33.2
18	50.5	33.9	33.2
19	50.2	33.9	33.2
20	51	33.9	33.2
21	51.8	33.9	33.2
22	52.3	33.9	33.2
23	52.2	33.9	33.2
24	52.1	33.9	33.2
25	52.8	33.9	33.3
26	52.9	34	33.3
27	52.9	34.2	33.3
28	52.7	34.3	33.3
29	52.8	34.4	33.3
30	52.9	34.5	33.3
31	52.8	34.6	33.3
32	53	34.7	33.3
33	53.2	34.8	33.4
34	53.1	34.9	33.4
35	53.4	35	33.4
36	53.5	35.1	33.4
37	53.4	35.2	33.4
38	53.7	35.3	33.4

39	53.8	35.4	33.5
40	53.8	35.5	33.5
41	54	35.7	33.5
42	54.2	35.8	33.6
43	54.1	35.8	33.6
44	54.4	35.9	33.6
45	54.6	36.1	33.6
46	54.5	36.2	33.6
47	54.8	36.3	33.7
48	55	36.4	33.7
49	54.8	36.5	33.7
50	54.4	36.6	33.8
51	54.9	36.7	33.8

**Gráfica A16:** *Temperatura vs tiempo para muestra 4 de mezcla con 0% de sustitución de PET*



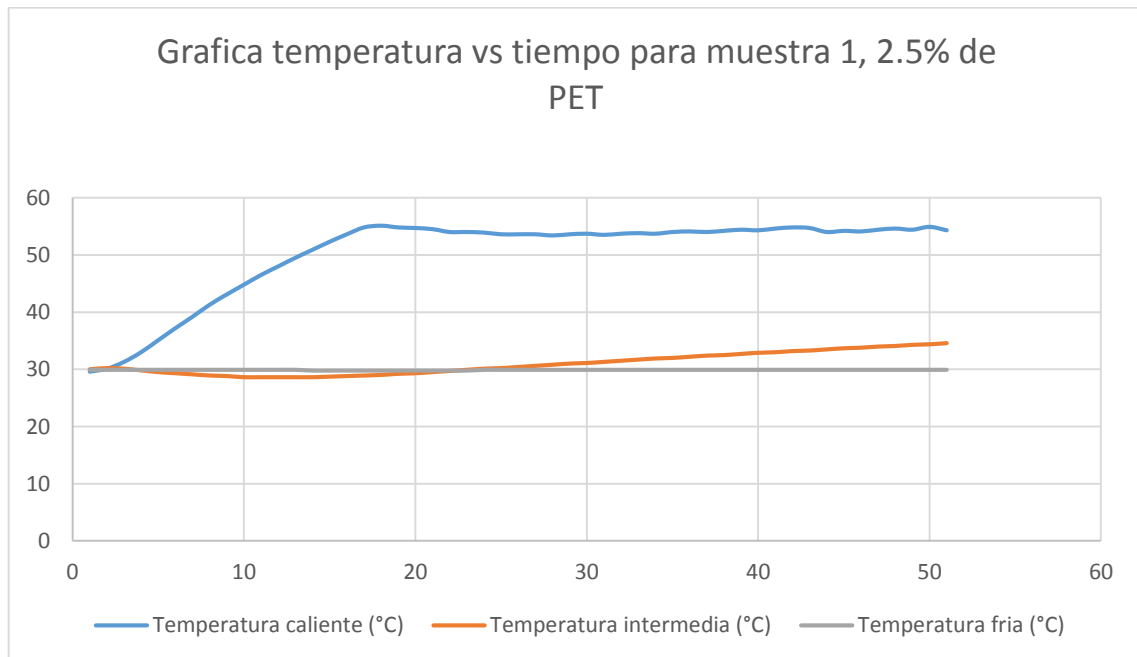
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A16:** Datos de temperatura para muestra 1 de mezcla con 2.5% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	29.6	30	29.9
2	30.1	30.2	29.9
3	31.3	30.1	29.9
4	33	29.8	29.9
5	35.1	29.5	29.9
6	37.2	29.3	29.9
7	39.2	29.1	29.9
8	41.3	28.9	29.9
9	43.1	28.8	29.9
10	44.8	28.6	29.9
11	46.5	28.6	29.9
12	48	28.6	29.9
13	49.5	28.6	29.9
14	50.9	28.6	29.8
15	52.3	28.7	29.8
16	53.6	28.8	29.8
17	54.8	28.9	29.8
18	55.1	29	29.8
19	54.8	29.2	29.8
20	54.7	29.3	29.8
21	54.5	29.5	29.8
22	54	29.7	29.8
23	54	29.9	29.8
24	53.9	30.1	29.9
25	53.6	30.2	29.9
26	53.6	30.4	29.9
27	53.6	30.6	29.9
28	53.4	30.8	29.9
29	53.6	31	29.9
30	53.7	31.1	29.9
31	53.5	31.3	29.9
32	53.7	31.5	29.9
33	53.8	31.7	29.9
34	53.7	31.9	29.9
35	54	32	29.9
36	54.1	32.2	29.9
37	54	32.4	29.9
38	54.2	32.5	29.9

39	54.4	32.7	29.9
40	54.3	32.9	29.9
41	54.6	33	29.9
42	54.8	33.2	29.9
43	54.7	33.3	29.9
44	54	33.5	29.9
45	54.2	33.7	29.9
46	54.1	33.8	29.9
47	54.4	34	29.9
48	54.6	34.1	29.9
49	54.4	34.3	29.9
50	54.9	34.4	29.9
51	54.3	34.6	29.9

**Gráfica A17:** *Temperatura vs tiempo para muestra 1 de mezcla con 2.5% de sustitución de PET*

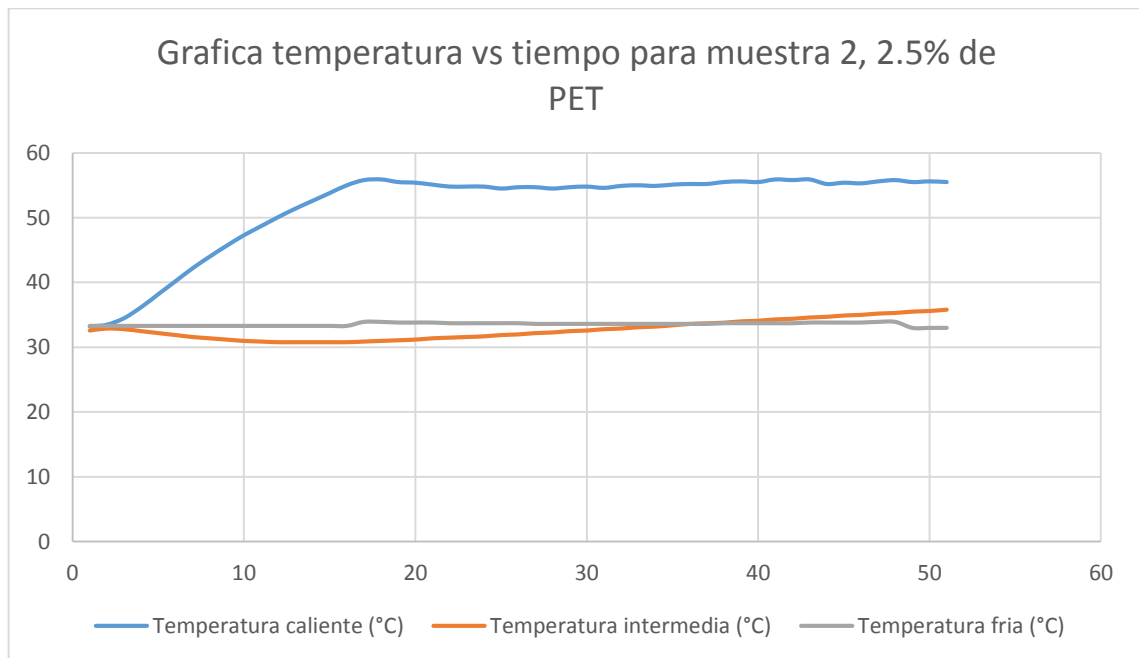


**Tabla A17:** Datos de temperatura para muestra 2 de mezcla con 2.5% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	33.2	32.6	33.3
2	33.5	32.9	33.3
3	34.5	32.8	33.3
4	36.2	32.5	33.3
5	38.2	32.2	33.3
6	40.2	31.9	33.3
7	42.2	31.6	33.3
8	44	31.4	33.3
9	45.7	31.2	33.3
10	47.3	31	33.3
11	48.7	30.9	33.3
12	50.1	30.8	33.3
13	51.4	30.8	33.3
14	52.6	30.8	33.3
15	53.8	30.8	33.3
16	55	30.8	33.3
17	55.8	30.9	33.9
18	55.9	31	33.9
19	55.5	31.1	33.8
20	55.4	31.2	33.8
21	55.1	31.4	33.8
22	54.8	31.5	33.7
23	54.8	31.6	33.7
24	54.8	31.7	33.7
25	54.5	31.9	33.7
26	54.7	32	33.7
27	54.7	32.2	33.6
28	54.5	32.3	33.6
29	54.7	32.5	33.6
30	54.8	32.6	33.6
31	54.6	32.8	33.6
32	54.9	32.9	33.6
33	55	33.1	33.6
34	54.9	33.2	33.6
35	55.1	33.4	33.6
36	55.2	33.6	33.6
37	55.2	33.7	33.6
38	55.5	33.8	33.7

39	55.6	34	33.7
40	55.5	34.1	33.7
41	55.9	34.3	33.7
42	55.8	34.4	33.7
43	55.9	34.6	33.8
44	55.2	34.7	33.8
45	55.4	34.9	33.8
46	55.3	35	33.8
47	55.6	35.2	33.9
48	55.8	35.3	33.9
49	55.5	35.5	33
50	55.6	35.6	33
51	55.5	35.8	33

**Gráfica A18:** *Temperatura vs tiempo para muestra 2 de mezcla con 2.5% de sustitución de PET*



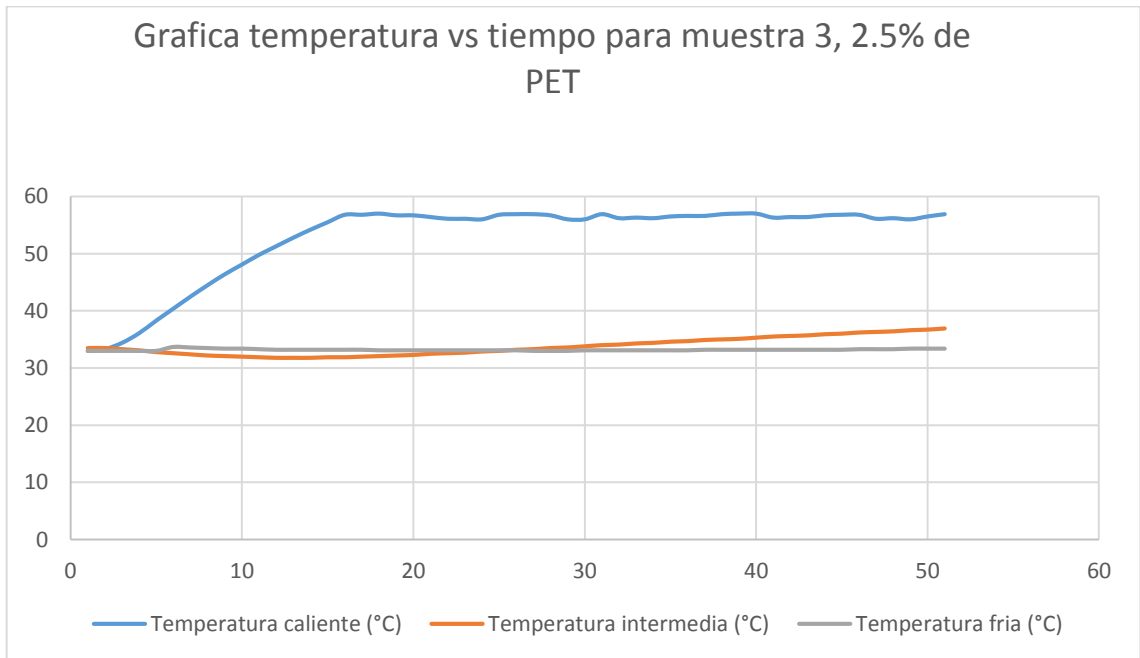
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A18:** Datos de temperatura para muestra 3 de mezcla con 2.5% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	33	33.5	33
2	33.3	33.5	33
3	34.4	33.3	33
4	36.1	33.1	33
5	38.3	32.8	33
6	40.4	32.6	33.7
7	42.5	32.4	33.6
8	44.5	32.2	33.5
9	46.4	32.1	33.4
10	48.1	32	33.4
11	49.8	31.9	33.3
12	51.3	31.8	33.2
13	52.8	31.8	33.2
14	54.2	31.8	33.2
15	55.5	31.9	33.2
16	56.8	31.9	33.2
17	56.8	32	33.2
18	57	32.1	33.1
19	56.7	32.2	33.1
20	56.7	32.3	33.1
21	56.4	32.5	33.1
22	56.1	32.6	33.1
23	56.1	32.7	33.1
24	56	32.9	33.1
25	56.8	33	33.1
26	56.9	33.2	33.1
27	56.9	33.3	33
28	56.7	33.5	33
29	56	33.6	33
30	56	33.8	33.1
31	56.9	34	33.1
32	56.2	34.1	33.1
33	56.3	34.3	33.1
34	56.2	34.4	33.1
35	56.5	34.6	33.1
36	56.6	34.7	33.1
37	56.6	34.9	33.2
38	56.9	35	33.2

39	57	35.1	33.2
40	57	35.3	33.2
41	56.3	35.5	33.2
42	56.4	35.6	33.2
43	56.4	35.7	33.2
44	56.7	35.9	33.2
45	56.8	36	33.2
46	56.8	36.2	33.3
47	56.1	36.3	33.3
48	56.2	36.4	33.3
49	56	36.6	33.4
50	56.5	36.7	33.4
51	56.9	36.9	33.4

**Gráfica A19:** *Temperatura vs tiempo para muestra 3 de mezcla con 2.5% de sustitución de PET*



**Fuente:** *Elaboración propia*

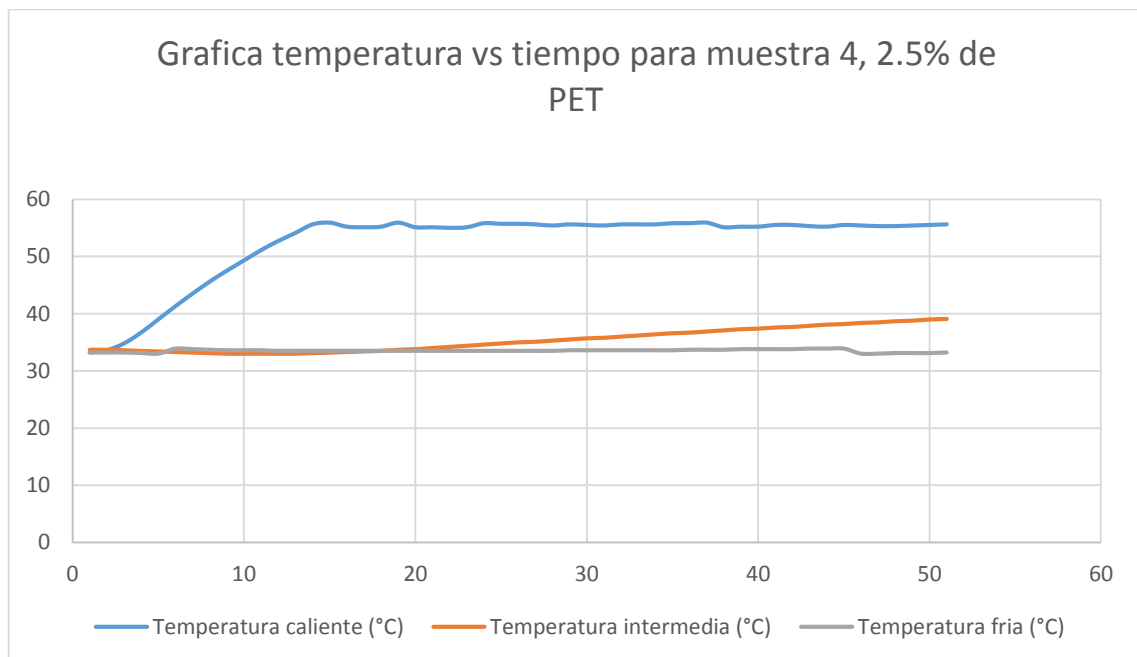


**Tabla A19:** Datos de temperatura para muestra 4 de mezcla con 2.5% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	33.2	33.7	33.2
2	33.6	33.7	33.2
3	34.8	33.6	33.2
4	36.7	33.5	33.1
5	39	33.4	33
6	41.3	33.3	33.9
7	43.5	33.2	33.8
8	45.6	33.1	33.7
9	47.5	33	33.6
10	49.3	33	33.6
11	51.1	33	33.6
12	52.7	33	33.5
13	54.1	33	33.5
14	55.6	33.1	33.5
15	55.9	33.2	33.5
16	55.2	33.3	33.5
17	55.1	33.4	33.5
18	55.2	33.5	33.5
19	55.9	33.7	33.5
20	55.1	33.8	33.5
21	55.1	34	33.5
22	55	34.2	33.5
23	55.1	34.4	33.5
24	55.8	34.6	33.5
25	55.7	34.8	33.5
26	55.7	35	33.5
27	55.6	35.1	33.5
28	55.4	35.3	33.5
29	55.6	35.5	33.6
30	55.5	35.7	33.6
31	55.4	35.8	33.6
32	55.6	36	33.6
33	55.6	36.2	33.6
34	55.6	36.4	33.6
35	55.8	36.6	33.6
36	55.8	36.7	33.7

37	55.9	36.9	33.7
38	55.1	37.1	33.7
39	55.2	37.3	33.8
40	55.2	37.4	33.8
41	55.5	37.6	33.8
42	55.5	37.7	33.8
43	55.3	37.9	33.9
44	55.2	38.1	33.9
45	55.5	38.2	33.9
46	55.4	38.4	33
47	55.3	38.5	33
48	55.3	38.7	33.1
49	55.4	38.8	33.1
50	55.5	39	33.1
51	55.6	39.1	33.2

**Gráfica A20:** *Temperatura vs tiempo para muestra 4 de mezcla con 2.5% de sustitución de PET*



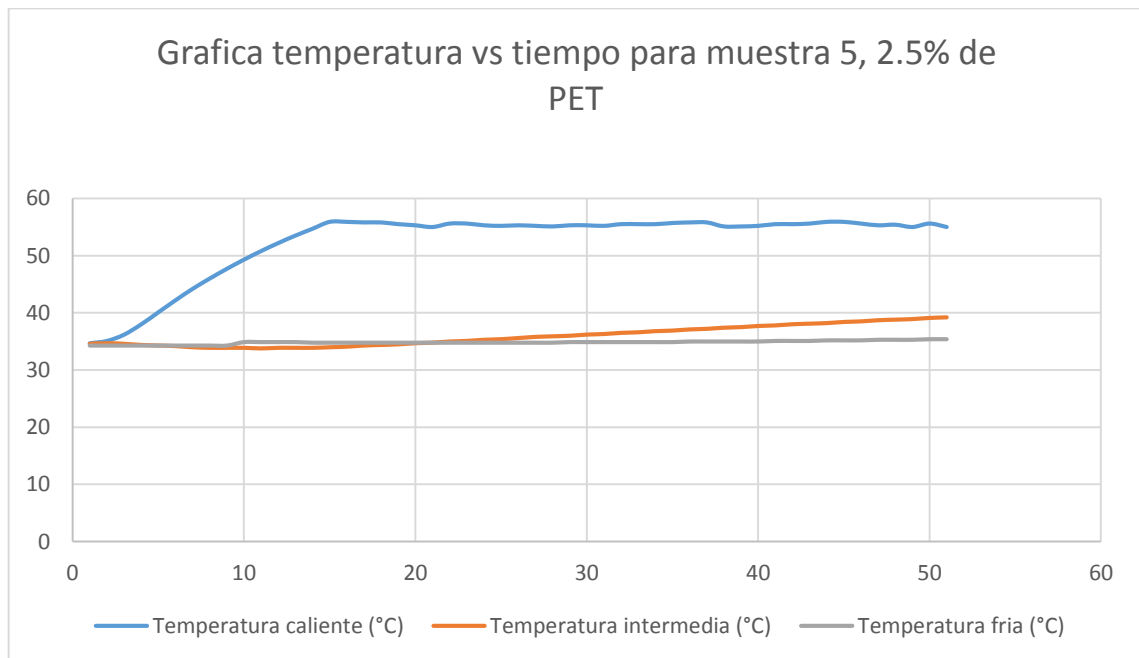
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A20:** Datos de temperatura para muestra 5 de mezcla con 2.5% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	34.7	34.6	34.3
2	35.1	34.7	34.3
3	36.2	34.6	34.3
4	38	34.4	34.3
5	40.1	34.3	34.3
6	42.2	34.2	34.3
7	44.2	34	34.3
8	46	33.9	34.3
9	47.7	33.9	34.3
10	49.3	33.9	34.9
11	50.8	33.8	34.9
12	52.2	33.9	34.9
13	53.5	33.9	34.9
14	54.7	33.9	34.8
15	55.9	34	34.8
16	55.9	34.1	34.8
17	55.8	34.3	34.8
18	55.8	34.4	34.8
19	55.5	34.5	34.8
20	55.3	34.7	34.8
21	55	34.8	34.8
22	55.6	35	34.8
23	55.6	35.1	34.8
24	55.3	35.3	34.8
25	55.2	35.4	34.8
26	55.3	35.6	34.8
27	55.2	35.8	34.8
28	55.1	35.9	34.8
29	55.3	36	34.9
30	55.3	36.2	34.9
31	55.2	36.3	34.9
32	55.5	36.5	34.9
33	55.5	36.6	34.9
34	55.5	36.8	34.9
35	55.7	36.9	34.9
36	55.8	37.1	35
37	55.8	37.2	35
38	55.1	37.4	35

39	55.1	37.5	35
40	55.2	37.7	35
41	55.5	37.8	35.1
42	55.5	38	35.1
43	55.6	38.1	35.1
44	55.9	38.2	35.2
45	55.9	38.4	35.2
46	55.6	38.5	35.2
47	55.3	38.7	35.3
48	55.4	38.8	35.3
49	55	38.9	35.3
50	55.6	39.1	35.4
51	55	39.2	35.4

**Gráfica A21:** *Temperatura vs tiempo para muestra 5 de mezcla con 2.5% de sustitución de PET*



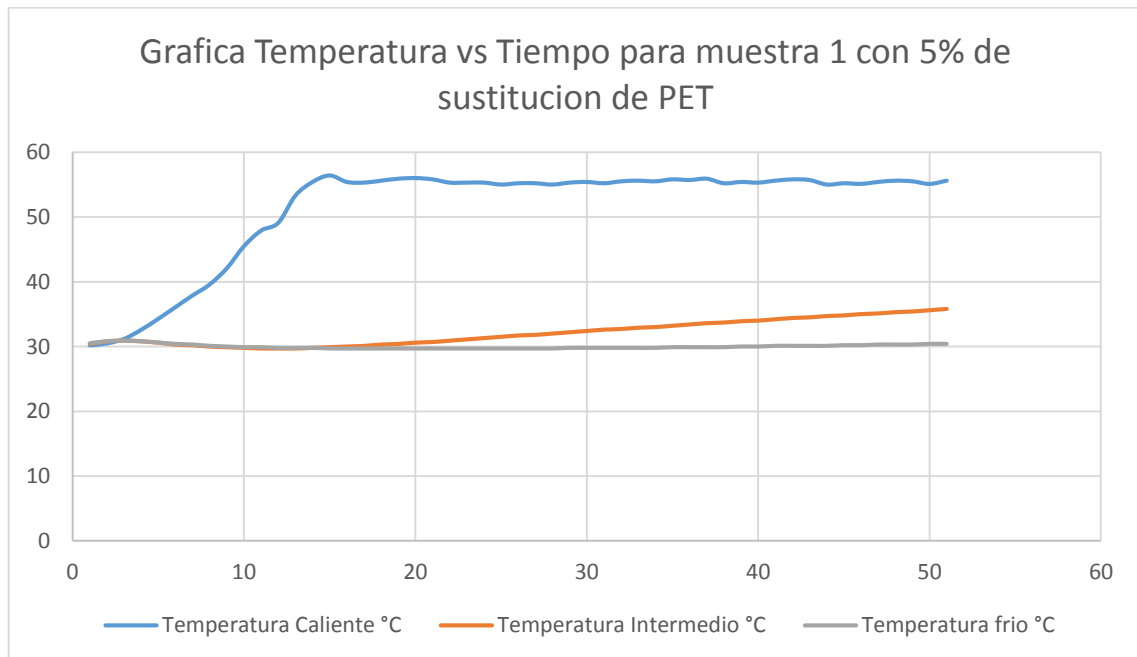
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A21: Datos de temperatura para muestra 1 de mezcla con 5.0% de sustitución de PET**

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedio (°C)</b>	<b>Temperatura frio (°C)</b>
1	30.2	30.4	30.5
2	30.5	30.8	30.8
3	31.2	30.9	30.9
4	32.6	30.8	30.8
5	34.3	30.6	30.6
6	36.1	30.3	30.4
7	37.9	30.2	30.3
8	39.6	30	30.1
9	42.1	29.9	30
10	45.5	29.8	29.9
11	47.9	29.7	29.9
12	49.1	29.7	29.8
13	53.3	29.7	29.8
14	55.4	29.8	29.8
15	56.4	29.9	29.7
16	55.4	30	29.7
17	55.3	30.1	29.7
18	55.6	30.3	29.7
19	55.9	30.4	29.7
20	56	30.6	29.7
21	55.8	30.7	29.7
22	55.3	30.9	29.7
23	55.3	31.1	29.7
24	55.3	31.3	29.7
25	55	31.5	29.7
26	55.2	31.7	29.7
27	55.2	31.8	29.7
28	55	32	29.7
29	55.3	32.2	29.8
30	55.4	32.4	29.8
31	55.2	32.6	29.8
32	55.5	32.7	29.8
33	55.6	32.9	29.8
34	55.5	33	29.8
35	55.8	33.2	29.9
36	55.7	33.4	29.9
37	55.9	33.6	29.9
38	55.2	33.7	29.9

39	55.4	33.9	30
40	55.3	34	30
41	55.6	34.2	30.1
42	55.8	34.4	30.1
43	55.7	34.5	30.1
44	55	34.7	30.1
45	55.2	34.8	30.2
46	55.1	35	30.2
47	55.4	35.1	30.3
48	55.6	35.3	30.3
49	55.5	35.4	30.3
50	55.1	35.6	30.4
51	55.6	35.8	30.4

**Gráfica A22:** *Temperatura vs tiempo para muestra 1 de mezcla con 5.0% de sustitución de PET*



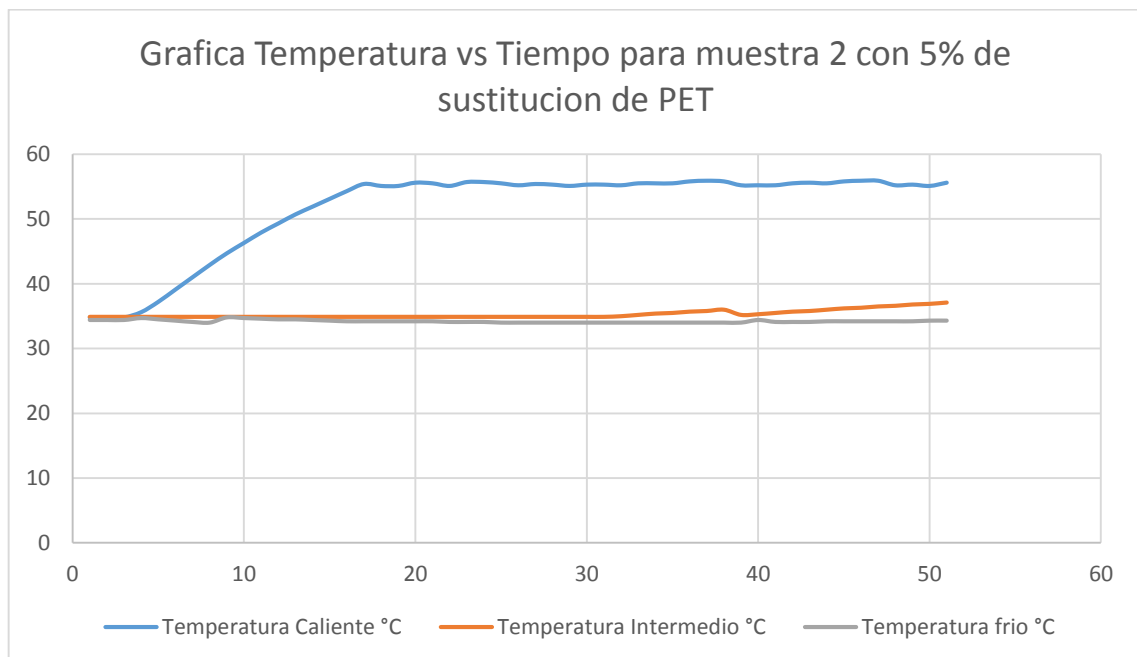
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A22:** Datos de temperatura para muestra 2 de mezcla con 5.0% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedio (°C)	Temperatura frio (°C)
1	34.8	34.9	34.4
2	34.8	34.9	34.4
3	34.8	34.9	34.4
4	35.6	34.9	34.7
5	37.2	34.9	34.5
6	39.1	34.9	34.3
7	41	34.9	34.1
8	42.9	34.9	34
9	44.7	34.9	34.8
10	46.3	34.9	34.7
11	47.9	34.9	34.6
12	49.3	34.9	34.5
13	50.7	34.9	34.5
14	51.9	34.9	34.4
15	53.1	34.9	34.3
16	54.3	34.9	34.2
17	55.4	34.9	34.2
18	55.1	34.9	34.2
19	55.1	34.9	34.2
20	55.6	34.9	34.2
21	55.5	34.9	34.2
22	55.1	34.9	34.1
23	55.7	34.9	34.1
24	55.7	34.9	34.1
25	55.5	34.9	34
26	55.2	34.9	34
27	55.4	34.9	34
28	55.3	34.9	34
29	55.1	34.9	34
30	55.3	34.9	34
31	55.3	34.9	34
32	55.2	35	34
33	55.5	35.2	34
34	55.5	35.4	34
35	55.5	35.5	34
36	55.8	35.7	34
37	55.9	35.8	34
38	55.8	36	34

39	55.2	35.2	34
40	55.2	35.3	34.4
41	55.2	35.5	34.1
42	55.5	35.7	34.1
43	55.6	35.8	34.1
44	55.5	36	34.2
45	55.8	36.2	34.2
46	55.9	36.3	34.2
47	55.9	36.5	34.2
48	55.2	36.6	34.2
49	55.3	36.8	34.2
50	55.1	36.9	34.3
51	55.6	37.1	34.3

**Gráfica A23:** *Temperatura vs tiempo para muestra 2 de mezcla con 5.0% de sustitución de PET*



**Fuente:** *Elaboración propia*

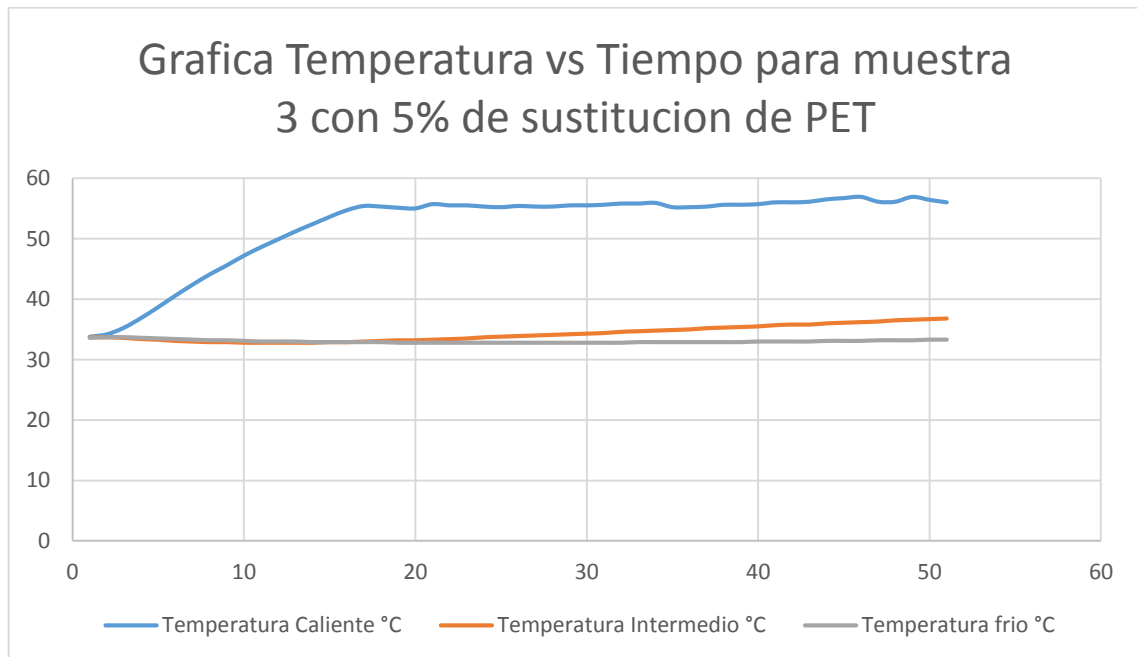


**Tabla A23:** Datos de temperatura para muestra 3 de mezcla con 5.0% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedio (°C)	Temperatura frio (°C)
1	33.8	33.7	33.6
2	34.2	33.7	33.7
3	35.3	33.6	33.7
4	36.9	33.4	33.6
5	38.7	33.3	33.5
6	40.6	33.1	33.4
7	42.4	33	33.3
8	44.1	32.9	33.2
9	45.6	32.9	33.2
10	47.2	32.8	33.1
11	48.6	32.8	33
12	49.9	32.8	33
13	51.2	32.8	33
14	52.4	32.8	32.9
15	53.6	32.9	32.9
16	54.7	32.9	32.9
17	55.4	33	32.9
18	55.3	33.1	32.9
19	55.1	33.2	32.8
20	55	33.2	32.8
21	55.7	33.3	32.8
22	55.5	33.4	32.8
23	55.5	33.5	32.8
24	55.3	33.7	32.8
25	55.2	33.8	32.8
26	55.4	33.9	32.8
27	55.3	34	32.8
28	55.3	34.1	32.8
29	55.5	34.2	32.8
30	55.5	34.3	32.8
31	55.6	34.4	32.8
32	55.8	34.6	32.8
33	55.8	34.7	32.9
34	55.9	34.8	32.9
35	55.2	34.9	32.9
36	55.2	35	32.9
37	55.3	35.2	32.9
38	55.6	35.3	32.9

39	55.6	35.4	32.9
40	55.7	35.5	33
41	56	35.7	33
42	56	35.8	33
43	56.1	35.8	33
44	56.5	36	33.1
45	56.7	36.1	33.1
46	56.9	36.2	33.1
47	56.1	36.3	33.2
48	56.1	36.5	33.2
49	56.9	36.6	33.2
50	56.4	36.7	33.3
51	56	36.8	33.3

**Gráfica A24:** *Temperatura vs tiempo para muestra 3 de mezcla con 5.0% de sustitución de PET*



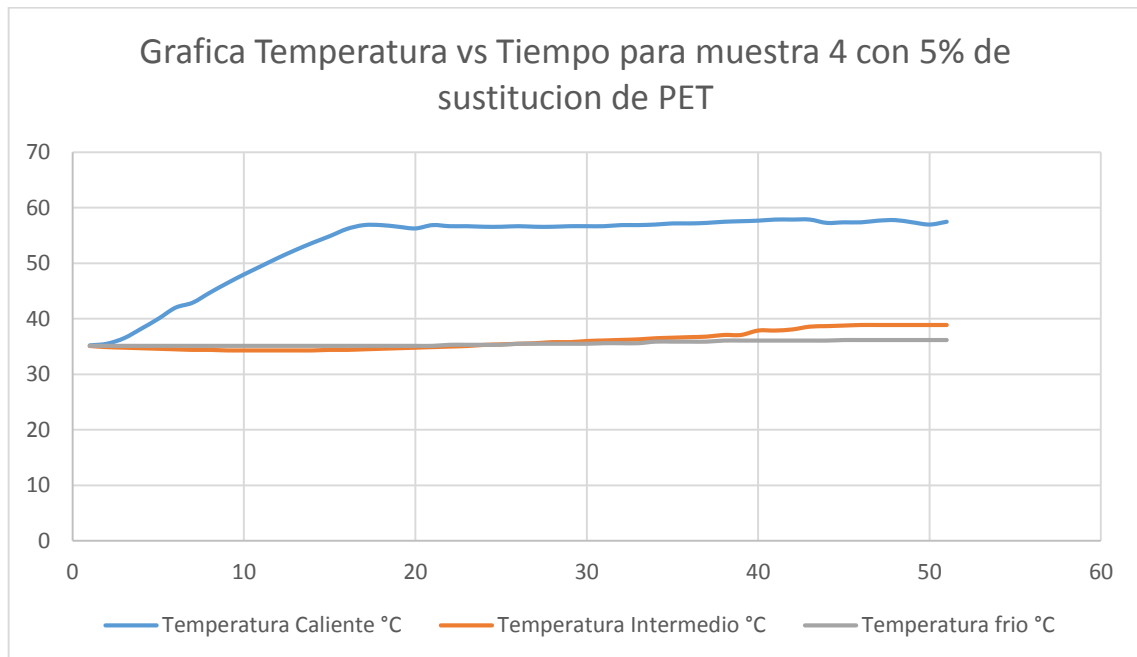
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A24:** Datos de temperatura para muestra 4 de mezcla con 5.0% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedio (°C)	Temperatura frio (°C)
1	35.2	35.1	35.1
2	35.5	34.9	35.1
3	36.5	34.8	35.1
4	38.2	34.7	35.1
5	40	34.6	35.1
6	42	34.5	35.1
7	42.9	34.4	35.1
8	44.7	34.4	35.1
9	46.4	34.3	35.1
10	48	34.3	35.1
11	49.5	34.3	35.1
12	51	34.3	35.1
13	52.4	34.3	35.1
14	53.7	34.3	35.1
15	54.9	34.4	35.1
16	56.2	34.4	35.1
17	56.9	34.5	35.1
18	56.9	34.6	35.1
19	56.6	34.7	35.1
20	56.3	34.8	35.1
21	56.9	34.9	35.1
22	56.7	35	35.3
23	56.7	35.1	35.3
24	56.6	35.3	35.3
25	56.6	35.4	35.3
26	56.7	35.5	35.5
27	56.6	35.6	35.5
28	56.6	35.8	35.5
29	56.7	35.8	35.5
30	56.7	36	35.5
31	56.7	36.1	35.6
32	56.9	36.2	35.6
33	56.9	36.3	35.6
34	57	36.5	35.9
35	57.2	36.6	35.9
36	57.2	36.7	35.9
37	57.3	36.8	35.9
38	57.5	37.1	36.1

39	57.6	37.1	36.1
40	57.7	37.9	36.1
41	57.9	37.9	36.1
42	57.9	38.1	36.1
43	57.9	38.6	36.1
44	57.3	38.7	36.1
45	57.4	38.8	36.2
46	57.4	38.9	36.2
47	57.7	38.9	36.2
48	57.8	38.9	36.2
49	57.4	38.9	36.2
50	57	38.9	36.2
51	57.5	38.9	36.2

**Gráfica A25:** *Temperatura vs tiempo para muestra 4 de mezcla con 5.0% de sustitución de PET*



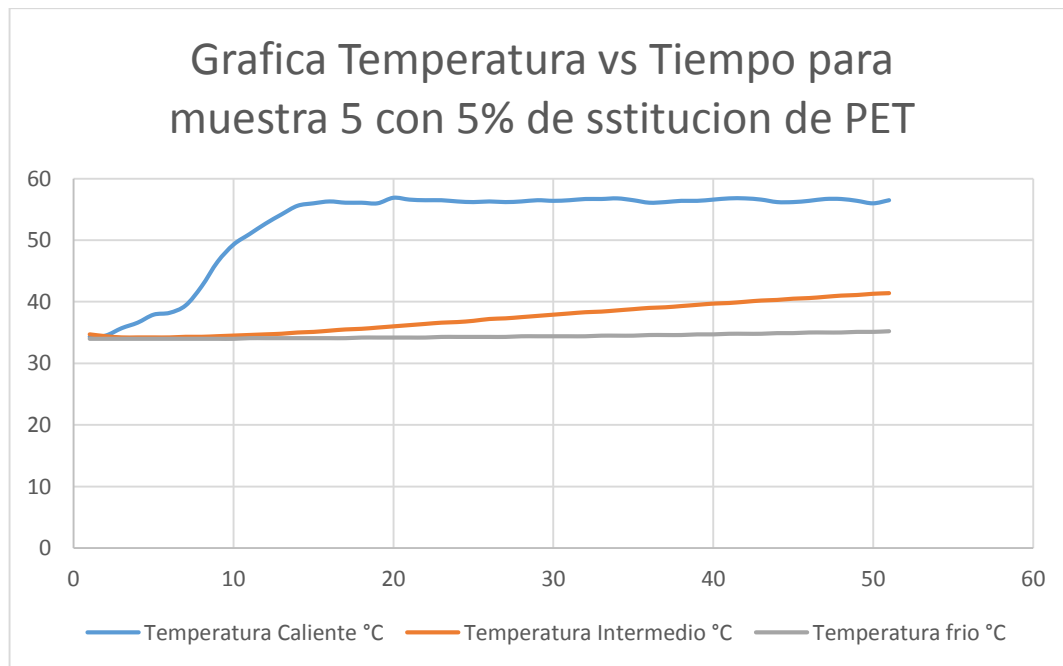
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A25:** Datos de temperatura para muestra 5 de mezcla con 5.0% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedio (°C)</b>	<b>Temperatura frio (°C)</b>
1	34.3	34.7	34
2	34.5	34.4	34
3	35.7	34.2	34
4	36.6	34.2	34
5	37.9	34.2	34
6	38.2	34.2	34
7	39.4	34.3	34
8	42.5	34.3	34
9	46.5	34.4	34
10	49.3	34.5	34
11	51	34.6	34.1
12	52.7	34.7	34.1
13	54.2	34.8	34.1
14	55.6	35	34.1
15	56	35.1	34.1
16	56.3	35.3	34.1
17	56.1	35.5	34.1
18	56.1	35.6	34.2
19	56	35.8	34.2
20	56.9	36	34.2
21	56.6	36.2	34.2
22	56.5	36.4	34.2
23	56.5	36.6	34.3
24	56.3	36.7	34.3
25	56.2	36.9	34.3
26	56.3	37.2	34.3
27	56.2	37.3	34.3
28	56.3	37.5	34.4
29	56.5	37.7	34.4
30	56.4	37.9	34.4
31	56.5	38.1	34.4
32	56.7	38.3	34.4
33	56.7	38.4	34.5
34	56.8	38.6	34.5
35	56.5	38.8	34.5
36	56.1	39	34.6
37	56.2	39.1	34.6
38	56.4	39.3	34.6

39	56.4	39.5	34.7
40	56.6	39.7	34.7
41	56.8	39.8	34.8
42	56.8	40	34.8
43	56.6	40.2	34.8
44	56.2	40.3	34.9
45	56.2	40.5	34.9
46	56.4	40.6	35
47	56.7	40.8	35
48	56.7	41	35
49	56.4	41.1	35.1
50	56	41.3	35.1
51	56.5	41.4	35.2

**Gráfica A26:** *Temperatura vs tiempo para muestra 5 de mezcla con 5.0% de sustitución de PET*



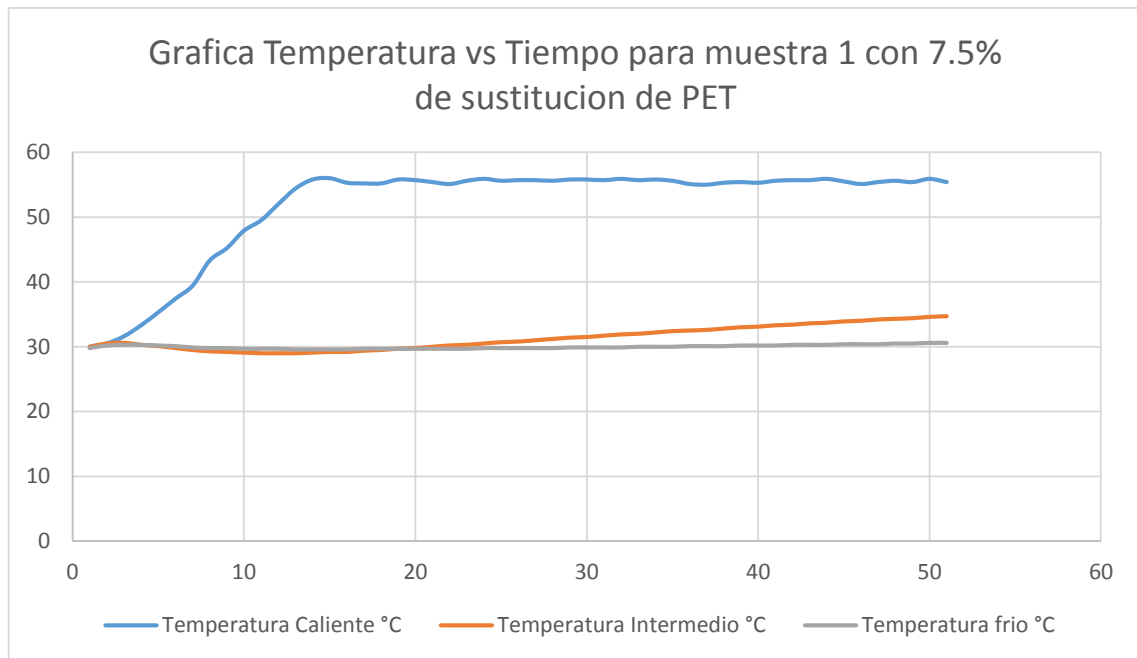
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A26: Datos de temperatura para muestra 1 de mezcla con 7.5% de sustitución de PET**

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedio (°C)</b>	<b>Temperatura frio (°C)</b>
1	30	30	29.8
2	30.5	30.5	30.2
3	31.6	30.6	30.3
4	33.3	30.3	30.3
5	35.3	30.1	30.2
6	37.4	29.8	30.1
7	39.4	29.5	29.9
8	43.3	29.3	29.8
9	45.2	29.2	29.8
10	47.9	29.1	29.7
11	49.5	29	29.7
12	52	29	29.7
13	54.4	29	29.6
14	55.8	29.1	29.6
15	56	29.2	29.6
16	55.3	29.2	29.6
17	55.2	29.4	29.7
18	55.2	29.5	29.7
19	55.8	29.7	29.7
20	55.7	29.8	29.7
21	55.4	30	29.7
22	55.1	30.2	29.7
23	55.6	30.3	29.7
24	55.9	30.5	29.8
25	55.6	30.7	29.8
26	55.7	30.8	29.8
27	55.7	31	29.8
28	55.6	31.2	29.8
29	55.8	31.4	29.9
30	55.8	31.5	29.9
31	55.7	31.7	29.9
32	55.9	31.9	29.9
33	55.7	32	30
34	55.8	32.2	30
35	55.6	32.4	30
36	55.1	32.5	30.1
37	55	32.6	30.1
38	55.3	32.8	30.1
39	55.4	33	30.2

40	55.3	33.1	30.2
41	55.6	33.3	30.2
42	55.7	33.4	30.3
43	55.7	33.6	30.3
44	55.9	33.7	30.3
45	55.5	33.9	30.4
46	55.1	34	30.4
47	55.4	34.2	30.4
48	55.6	34.3	30.5
49	55.4	34.4	30.5
50	55.9	34.6	30.6
51	55.4	34.7	30.6

**Gráfica A27:** Temperatura vs tiempo para muestra 1 de mezcla con 7.5% de sustitución de PET



**Fuente:** *Elaboración propia*

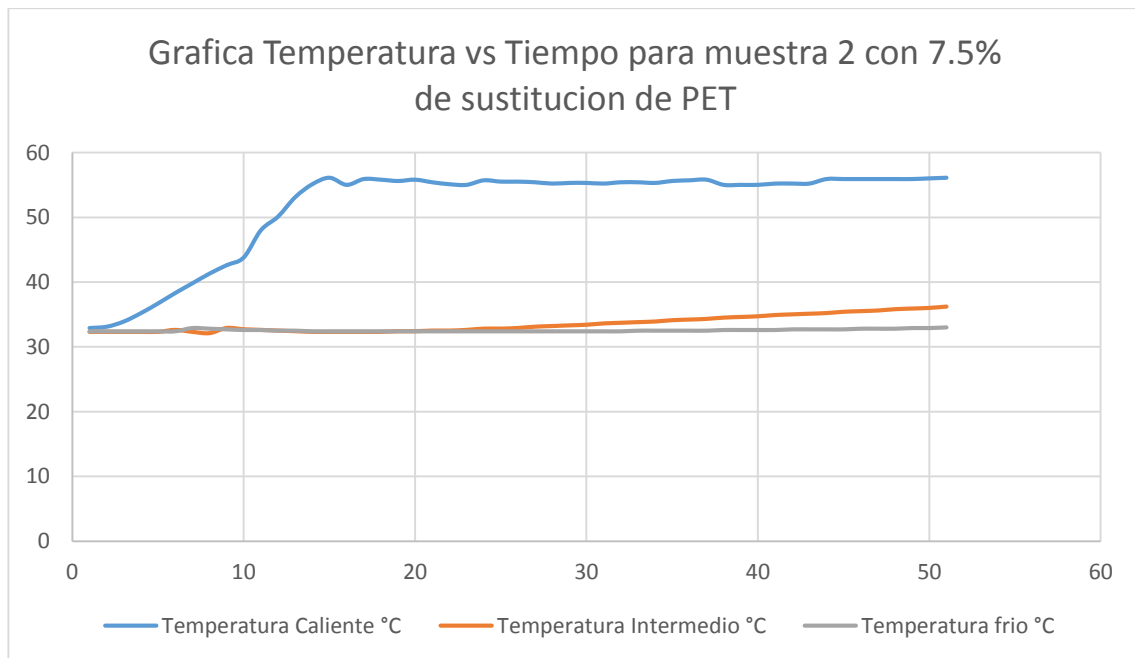


**Tabla A27: Datos de temperatura para muestra 2 de mezcla con 7.5% de sustitución de PET**

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedio (°C)</b>	<b>Temperatura frio (°C)</b>
1	32.9	32.3	32.4
2	33.1	32.3	32.4
3	33.9	32.3	32.4
4	35.2	32.3	32.4
5	36.7	32.3	32.4
6	38.3	32.6	32.4
7	39.8	32.3	32.9
8	41.3	32.1	32.8
9	42.6	32.9	32.7
10	43.8	32.7	32.6
11	48	32.6	32.6
12	50.1	32.5	32.5
13	53.1	32.4	32.5
14	55.1	32.3	32.4
15	56.1	32.3	32.4
16	55	32.3	32.4
17	55.9	32.3	32.4
18	55.8	32.3	32.4
19	55.6	32.4	32.4
20	55.8	32.4	32.4
21	55.4	32.5	32.4
22	55.1	32.5	32.4
23	55	32.6	32.4
24	55.7	32.8	32.4
25	55.5	32.8	32.4
26	55.5	32.9	32.4
27	55.4	33.1	32.4
28	55.2	33.2	32.4
29	55.3	33.3	32.4
30	55.3	33.4	32.4
31	55.2	33.6	32.4
32	55.4	33.7	32.4
33	55.4	33.8	32.5
34	55.3	33.9	32.5
35	55.6	34.1	32.5
36	55.7	34.2	32.5
37	55.8	34.3	32.5
38	55	34.5	32.6

39	55	34.6	32.6
40	55	34.7	32.6
41	55.2	34.9	32.6
42	55.2	35	32.7
43	55.2	35.1	32.7
44	55.9	35.2	32.7
45	55.9	35.4	32.7
46	55.9	35.5	32.8
47	55.9	35.6	32.8
48	55.9	35.8	32.8
49	55.9	35.9	32.9
50	56	36	32.9
51	56.1	36.2	33

**Gráfica A28:** *Temperatura vs tiempo para muestra 2 de mezcla con 7.5% de sustitución de PET*



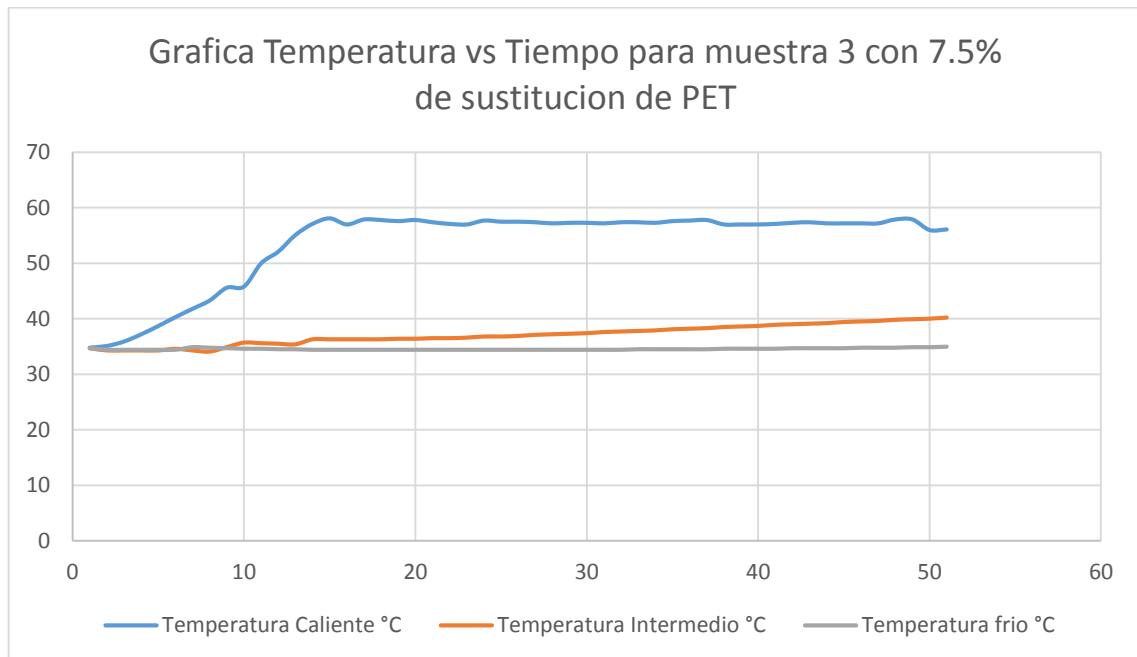
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A28:** Datos de temperatura para muestra 3 de mezcla con 7.5% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedio (°C)	Temperatura frio (°C)
1	34.8	34.7	34.7
2	35.1	34.3	34.4
3	35.9	34.3	34.4
4	37.2	34.3	34.4
5	38.7	34.3	34.4
6	40.3	34.6	34.4
7	41.8	34.3	34.9
8	43.3	34.1	34.8
9	45.6	34.9	34.7
10	45.8	35.7	34.6
11	50	35.6	34.6
12	52.1	35.5	34.5
13	55.1	35.4	34.5
14	57.1	36.3	34.4
15	58.1	36.3	34.4
16	57	36.3	34.4
17	57.9	36.3	34.4
18	57.8	36.3	34.4
19	57.6	36.4	34.4
20	57.8	36.4	34.4
21	57.4	36.5	34.4
22	57.1	36.5	34.4
23	57	36.6	34.4
24	57.7	36.8	34.4
25	57.5	36.8	34.4
26	57.5	36.9	34.4
27	57.4	37.1	34.4
28	57.2	37.2	34.4
29	57.3	37.3	34.4
30	57.3	37.4	34.4
31	57.2	37.6	34.4
32	57.4	37.7	34.4
33	57.4	37.8	34.5
34	57.3	37.9	34.5
35	57.6	38.1	34.5
36	57.7	38.2	34.5
37	57.8	38.3	34.5
38	57	38.5	34.6

39	57	38.6	34.6
40	57	38.7	34.6
41	57.1	38.9	34.6
42	57.3	39	34.7
43	57.4	39.1	34.7
44	57.2	39.2	34.7
45	57.2	39.4	34.7
46	57.2	39.5	34.8
47	57.2	39.6	34.8
48	57.9	39.8	34.8
49	57.9	39.9	34.9
50	56	40	34.9
51	56.1	40.2	35

**Gráfica A29:** *Temperatura vs tiempo para muestra 3 de mezcla con 7.5% de sustitución de PET*



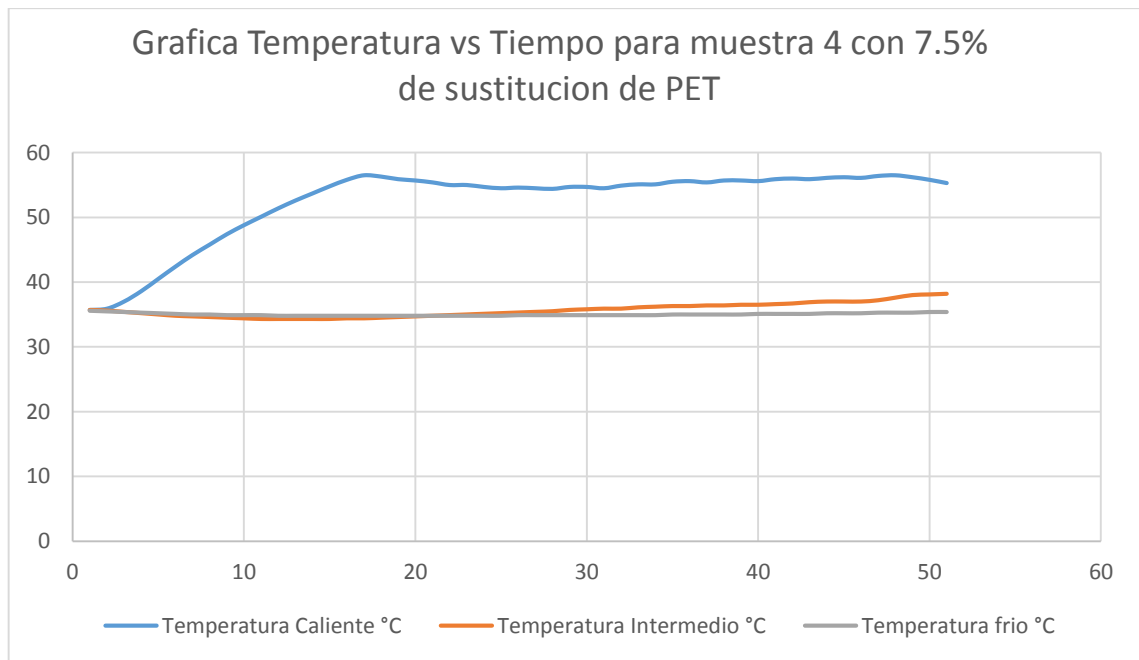
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A29:** Datos de temperatura para muestra 4 de mezcla con 7.5% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedio (°C)	Temperatura frio (°C)
1	35.7	35.7	35.6
2	35.9	35.6	35.5
3	37	35.4	35.4
4	38.6	35.2	35.3
5	40.5	35	35.2
6	42.4	34.8	35.1
7	44.2	34.7	35
8	45.8	34.6	35
9	47.4	34.5	34.9
10	48.8	34.4	34.9
11	50.1	34.3	34.9
12	51.4	34.3	34.8
13	52.6	34.3	34.8
14	53.7	34.3	34.8
15	54.8	34.3	34.8
16	55.8	34.4	34.8
17	56.5	34.4	34.8
18	56.3	34.5	34.8
19	55.9	34.6	34.8
20	55.7	34.7	34.8
21	55.4	34.8	34.8
22	55	34.9	34.8
23	55	35	34.8
24	54.7	35.1	34.8
25	54.5	35.2	34.8
26	54.6	35.3	34.9
27	54.5	35.4	34.9
28	54.4	35.5	34.9
29	54.7	35.7	34.9
30	54.7	35.8	34.9
31	54.5	35.9	34.9
32	54.9	35.9	34.9
33	55.1	36.1	34.9
34	55.1	36.2	34.9
35	55.5	36.3	35
36	55.6	36.3	35
37	55.4	36.4	35
38	55.7	36.4	35

39	55.7	36.5	35
40	55.6	36.5	35.1
41	55.9	36.6	35.1
42	56	36.7	35.1
43	55.9	36.9	35.1
44	56.1	37	35.2
45	56.2	37	35.2
46	56.1	37	35.2
47	56.4	37.2	35.3
48	56.5	37.6	35.3
49	56.2	38	35.3
50	55.8	38.1	35.4
51	55.3	38.2	35.4

**Gráfica A30:** *Temperatura vs tiempo para muestra 4 de mezcla con 7.5% de sustitución de PET*



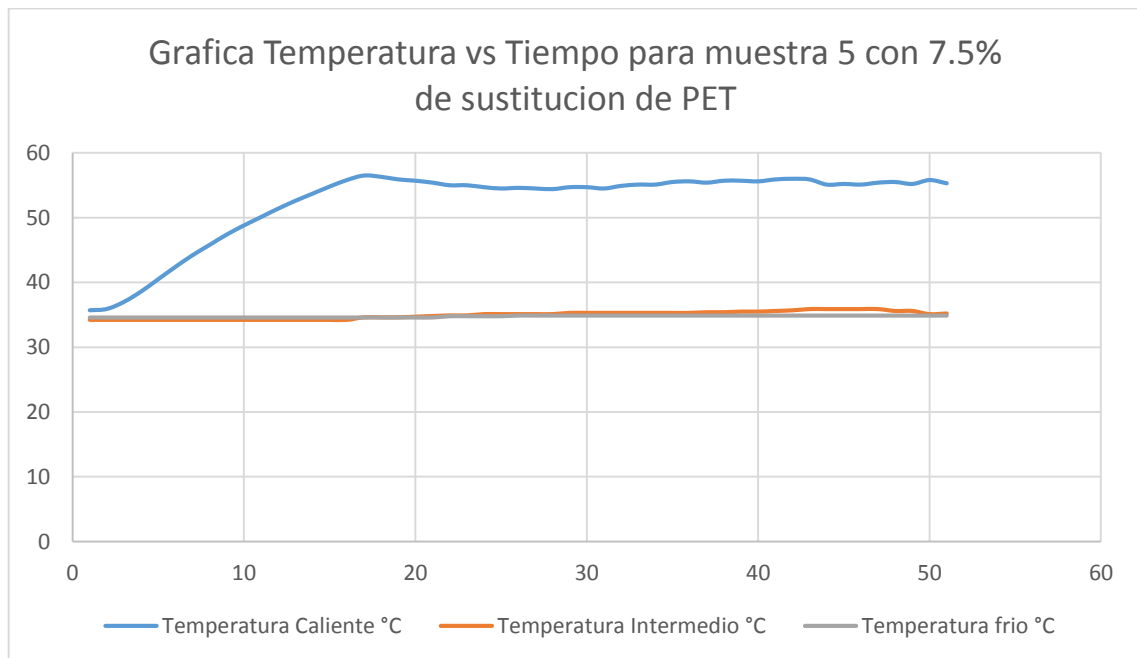
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A30:** Datos de temperatura para muestra 5 de mezcla con 7.5% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedio (°C)</b>	<b>Temperatura frio (°C)</b>
1	35.7	34.2	34.6
2	35.9	34.2	34.6
3	37	34.2	34.6
4	38.6	34.2	34.6
5	40.5	34.2	34.6
6	42.4	34.2	34.6
7	44.2	34.2	34.6
8	45.8	34.2	34.6
9	47.4	34.2	34.6
10	48.8	34.2	34.6
11	50.1	34.2	34.6
12	51.4	34.2	34.6
13	52.6	34.2	34.6
14	53.7	34.2	34.6
15	54.8	34.2	34.6
16	55.8	34.2	34.6
17	56.5	34.6	34.6
18	56.3	34.6	34.6
19	55.9	34.6	34.6
20	55.7	34.7	34.6
21	55.4	34.8	34.6
22	55	34.9	34.8
23	55	34.9	34.8
24	54.7	35.1	34.8
25	54.5	35.1	34.8
26	54.6	35.1	34.9
27	54.5	35.1	34.9
28	54.4	35.1	34.9
29	54.7	35.3	34.9
30	54.7	35.3	34.9
31	54.5	35.3	34.9
32	54.9	35.3	34.9
33	55.1	35.3	34.9
34	55.1	35.3	34.9
35	55.5	35.3	34.9
36	55.6	35.3	34.9
37	55.4	35.4	34.9
38	55.7	35.4	34.9

39	55.7	35.5	34.9
40	55.6	35.5	34.9
41	55.9	35.6	34.9
42	56	35.7	34.9
43	55.9	35.9	34.9
44	55.1	35.9	34.9
45	55.2	35.9	34.9
46	55.1	35.9	34.9
47	55.4	35.9	34.9
48	55.5	35.6	34.9
49	55.2	35.6	34.9
50	55.8	35.1	34.9
51	55.3	35.2	34.9

**Gráfica A31:** *Temperatura vs tiempo para muestra 5 de mezcla con 7.5% de sustitución de PET*



**Fuente:** *Elaboración propia*

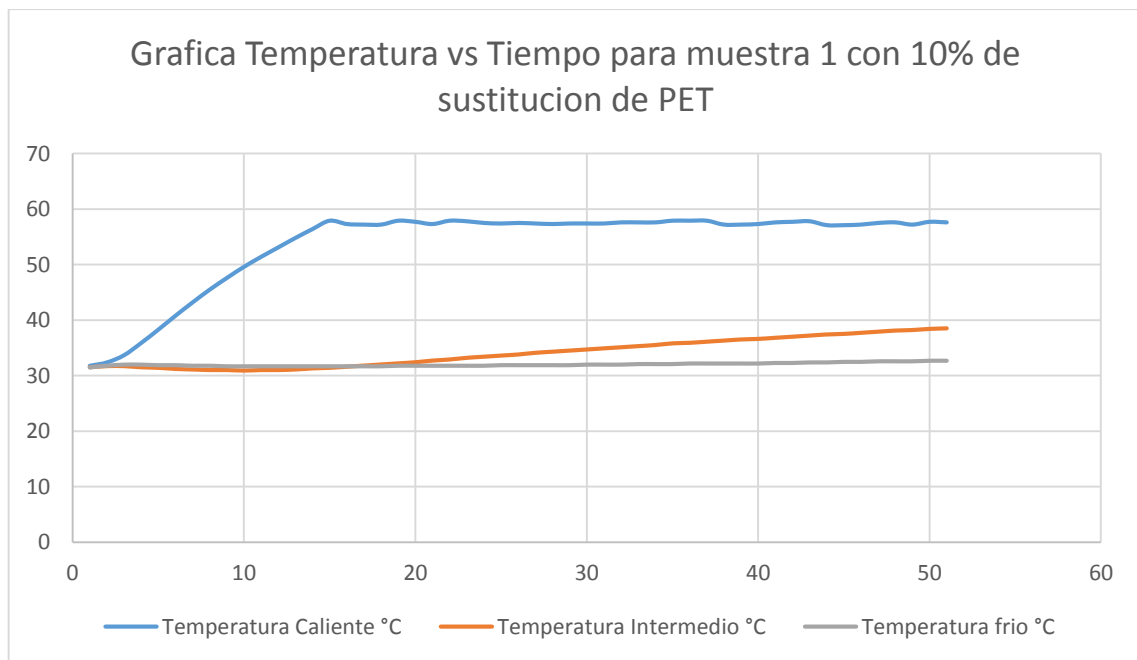


**Tabla A31:** Datos de temperatura para muestra 1 de mezcla con 10% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedio (°C)	Temperatura frio (°C)
1	31.8	31.5	31.5
2	32.4	31.7	31.8
3	33.7	31.7	32
4	35.9	31.5	32
5	38.3	31.4	31.9
6	40.8	31.2	31.9
7	43.2	31.1	31.8
8	45.5	31	31.8
9	47.6	31	31.7
10	49.6	30.9	31.7
11	51.4	31	31.7
12	53.1	31	31.7
13	54.8	31.1	31.7
14	56.4	31.3	31.7
15	57.9	31.4	31.7
16	57.3	31.6	31.7
17	57.2	31.8	31.7
18	57.2	32	31.7
19	57.9	32.2	31.8
20	57.7	32.4	31.8
21	57.3	32.7	31.8
22	57.9	32.9	31.8
23	57.8	33.2	31.8
24	57.5	33.4	31.8
25	57.4	33.6	31.9
26	57.5	33.8	31.9
27	57.4	34.1	31.9
28	57.3	34.3	31.9
29	57.4	34.5	31.9
30	57.4	34.7	32
31	57.4	34.9	32
32	57.6	35.1	32
33	57.6	35.3	32.1
34	57.6	35.5	32.1
35	57.9	35.8	32.1
36	57.9	35.9	32.2
37	57.9	36.1	32.2
38	57.2	36.3	32.2

39	57.2	36.5	32.2
40	57.3	36.6	32.2
41	57.6	36.8	32.3
42	57.7	37	32.3
43	57.8	37.2	32.4
44	57.1	37.4	32.4
45	57.1	37.5	32.5
46	57.2	37.7	32.5
47	57.5	37.9	32.6
48	57.6	38.1	32.6
49	57.2	38.2	32.6
50	57.7	38.4	32.7
51	57.6	38.5	32.7

**Gráfica A32:** *Temperatura vs tiempo para muestra 1 de mezcla con 10% de sustitución de PET*



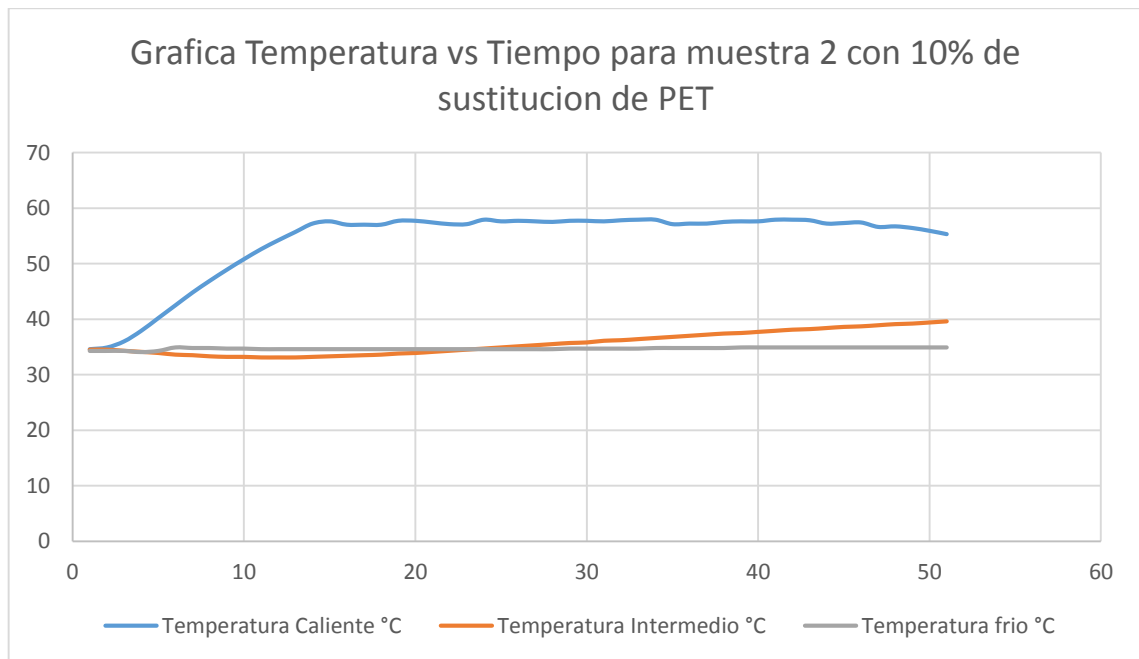
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A32:** Datos de temperatura para muestra 2 de mezcla con 10% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedio (°C)	Temperatura frio (°C)
1	34.6	34.5	34.3
2	34.9	34.5	34.3
3	36	34.3	34.3
4	37.9	34.1	34.1
5	40.2	33.9	34.3
6	42.5	33.6	34.9
7	44.8	33.5	34.8
8	46.9	33.3	34.8
9	48.9	33.2	34.7
10	50.8	33.2	34.7
11	52.6	33.1	34.6
12	54.2	33.1	34.6
13	55.7	33.1	34.6
14	57.2	33.2	34.6
15	57.6	33.3	34.6
16	57	33.4	34.6
17	57	33.5	34.6
18	57	33.6	34.6
19	57.7	33.8	34.6
20	57.7	33.9	34.6
21	57.4	34.1	34.6
22	57.1	34.3	34.6
23	57.1	34.5	34.6
24	57.9	34.7	34.6
25	57.6	34.9	34.6
26	57.7	35.1	34.6
27	57.6	35.3	34.6
28	57.5	35.5	34.6
29	57.7	35.7	34.7
30	57.7	35.8	34.7
31	57.6	36.1	34.7
32	57.8	36.2	34.7
33	57.9	36.4	34.7
34	57.9	36.6	34.8
35	57.1	36.8	34.8
36	57.2	37	34.8
37	57.2	37.2	34.8
38	57.5	37.4	34.8

39	57.6	37.5	34.9
40	57.6	37.7	34.9
41	57.9	37.9	34.9
42	57.9	38.1	34.9
43	57.8	38.2	34.9
44	57.2	38.4	34.9
45	57.3	38.6	34.9
46	57.4	38.7	34.9
47	56.6	38.9	34.9
48	56.7	39.1	34.9
49	56.4	39.2	34.9
50	55.9	39.4	34.9
51	55.3	39.6	34.9

**Gráfica A33:** *Temperatura vs tiempo para muestra 2 de mezcla con 10% de sustitución de PET*



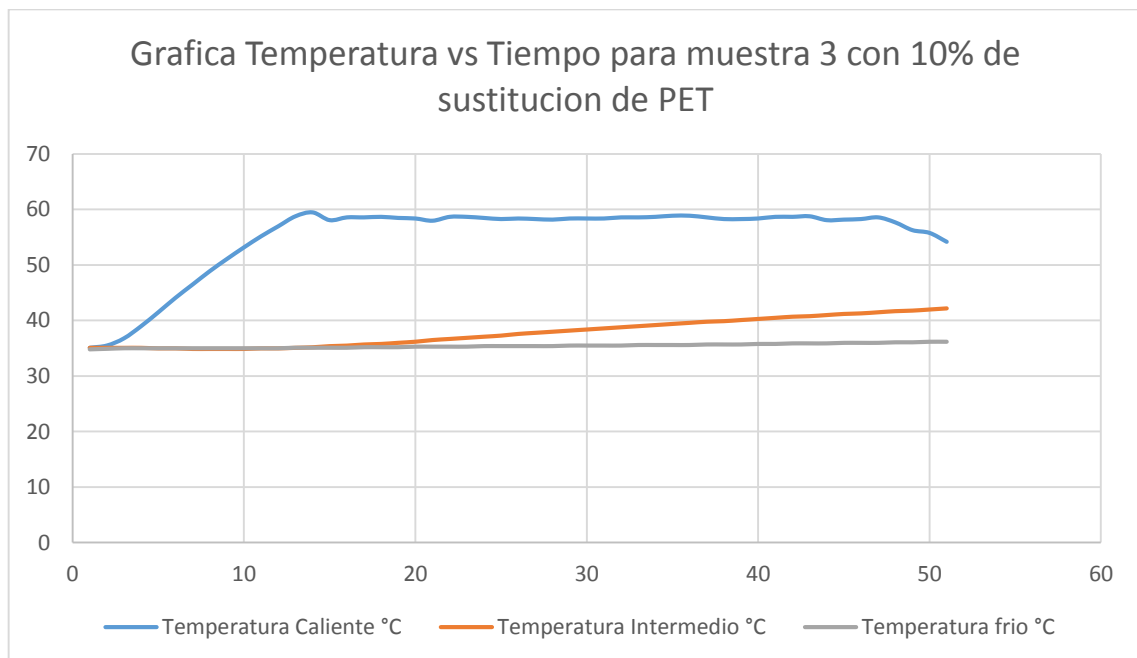
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A33:** Datos de temperatura para muestra 3 de mezcla con 10% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedio (°C)	Temperatura frio (°C)
1	35.1	35.1	34.8
2	35.5	35.1	34.9
3	36.8	35.1	35
4	39	35.1	35
5	41.5	35	35
6	44.1	35	35
7	46.5	34.9	35
8	48.9	34.9	35
9	51.1	34.9	35
10	53.2	34.9	35
11	55.2	35	35
12	57	35	35
13	58.8	35.1	35.1
14	59.5	35.2	35.1
15	58.1	35.4	35.1
16	58.6	35.5	35.1
17	58.6	35.7	35.2
18	58.7	35.8	35.2
19	58.5	36	35.2
20	58.4	36.2	35.3
21	58	36.5	35.3
22	58.7	36.7	35.3
23	58.7	36.9	35.3
24	58.5	37.1	35.4
25	58.3	37.3	35.4
26	58.4	37.6	35.4
27	58.3	37.8	35.4
28	58.2	38	35.4
29	58.4	38.2	35.5
30	58.4	38.4	35.5
31	58.4	38.6	35.5
32	58.6	38.8	35.5
33	58.6	39	35.6
34	58.7	39.2	35.6
35	58.9	39.4	35.6
36	58.9	39.6	35.6
37	58.6	39.8	35.7
38	58.3	39.9	35.7

39	58.3	40.1	35.7
40	58.4	40.3	35.8
41	58.7	40.5	35.8
42	58.7	40.7	35.9
43	58.8	40.8	35.9
44	58.1	41	35.9
45	58.2	41.2	36
46	58.3	41.3	36
47	58.6	41.5	36
48	57.7	41.7	36.1
49	56.3	41.8	36.1
50	55.8	42	36.2
51	54.2	42.2	36.2

**Gráfica A34:** Temperatura vs tiempo para muestra 3 de mezcla con 10% de sustitución de PET



**Fuente:** *Elaboración propia*

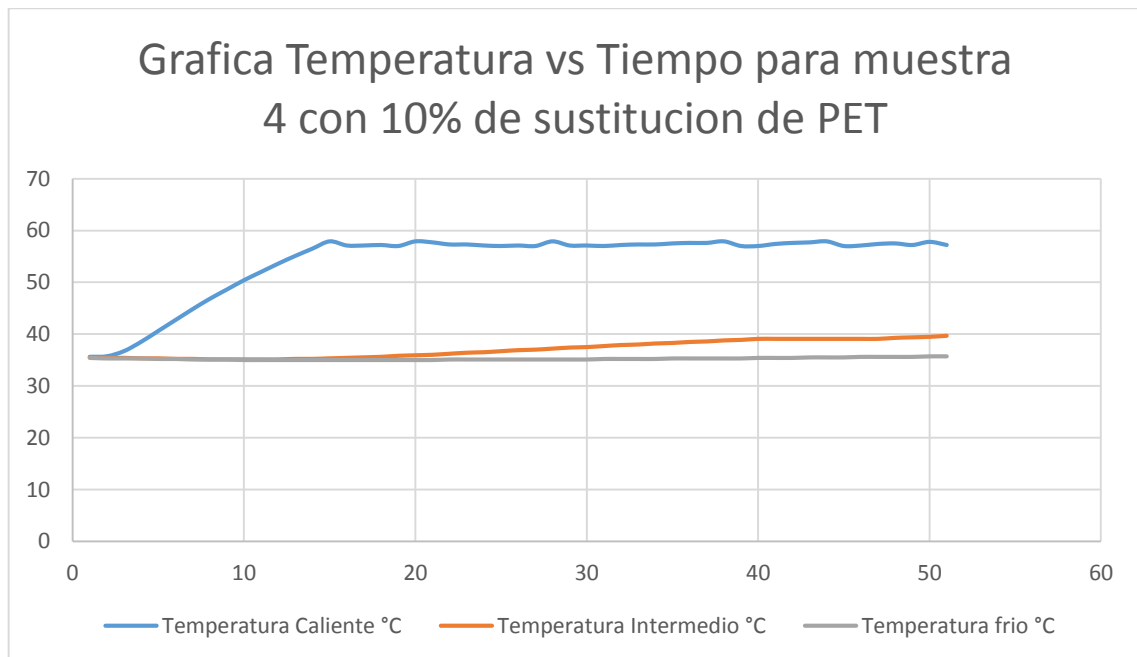
**Tabla A34:** Datos de temperatura para muestra 4 de mezcla con 10% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedio (°C)</b>	<b>Temperatura frio (°C)</b>
1	35.6	35.5	35.4
2	35.7	35.4	35.3
3	36.7	35.4	35.3
4	38.5	35.3	35.3
5	40.6	35.3	35.2
6	42.7	35.2	35.2
7	44.8	35.2	35.1
8	46.8	35.1	35.1
9	48.6	35.1	35.1
10	50.4	35.1	35
11	52	35.1	35
12	53.6	35.1	35
13	55.1	35.2	35
14	56.5	35.2	35
15	57.9	35.3	35
16	57.1	35.4	35
17	57.1	35.5	35
18	57.2	35.6	35
19	57	35.8	35
20	57.9	35.9	35
21	57.7	36	35
22	57.3	36.2	35.1
23	57.3	36.4	35.1
24	57.1	36.5	35.1
25	57	36.7	35.1
26	57.1	36.9	35.1
27	57	37	35.1
28	57.9	37.2	35.1
29	57.1	37.4	35.1
30	57.1	37.5	35.1
31	57	37.7	35.2
32	57.2	37.9	35.2
33	57.3	38	35.2
34	57.3	38.2	35.2
35	57.5	38.3	35.3
36	57.6	38.5	35.3
37	57.6	38.6	35.3
38	57.9	38.8	35.3

39	57	38.9	35.3
40	57	39.1	35.4
41	57.4	39.1	35.4
42	57.6	39.1	35.4
43	57.7	39.1	35.5
44	57.9	39.1	35.5
45	57	39.1	35.5
46	57.1	39.1	35.6
47	57.4	39.1	35.6
48	57.5	39.3	35.6
49	57.2	39.4	35.6
50	57.8	39.5	35.7
51	57.2	39.7	35.7

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Gráfica A35:** *Temperatura vs tiempo para muestra 4 de mezcla con 10% de sustitución de PET*



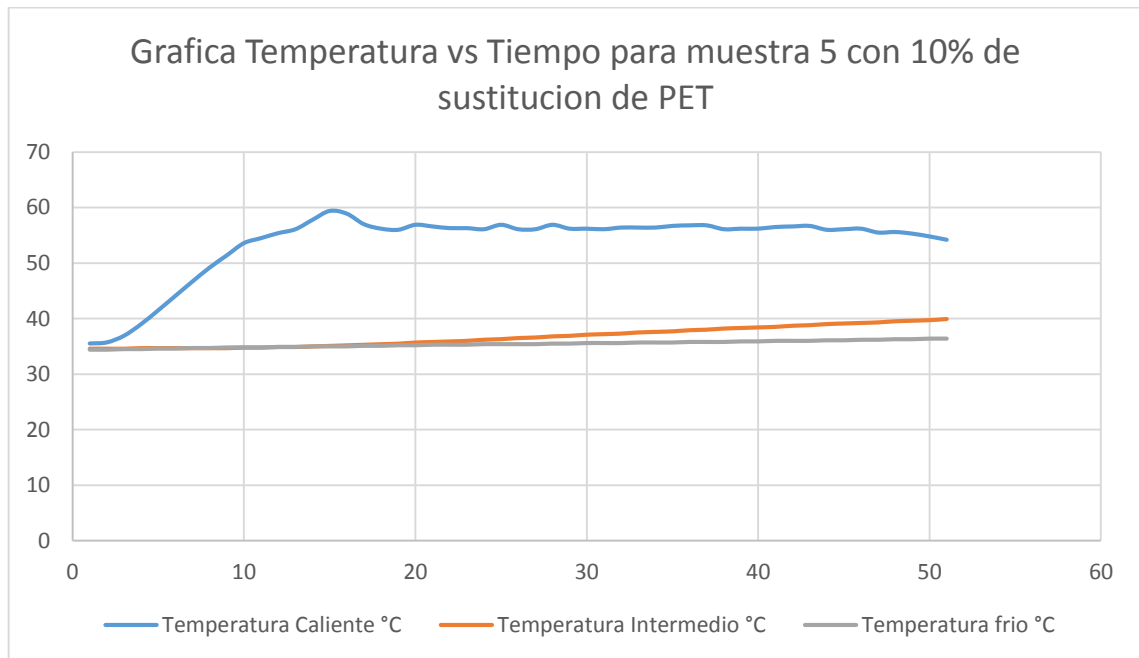


**Tabla A35:** Datos de temperatura para muestra 5 de mezcla con 10% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedio (°C)</b>	<b>Temperatura frio (°C)</b>
1	35.5	34.6	34.4
2	35.7	34.6	34.4
3	36.9	34.6	34.5
4	39	34.7	34.5
5	41.5	34.7	34.6
6	44.1	34.7	34.6
7	46.7	34.7	34.7
8	49.2	34.7	34.7
9	51.4	34.7	34.8
10	53.6	34.8	34.8
11	54.5	34.8	34.8
12	55.4	34.9	34.9
13	56.1	34.9	34.9
14	57.8	35	35
15	59.4	35.1	35
16	58.9	35.2	35
17	57	35.3	35.1
18	56.2	35.4	35.1
19	56	35.5	35.2
20	56.9	35.7	35.2
21	56.6	35.8	35.3
22	56.3	35.9	35.3
23	56.3	36	35.3
24	56.1	36.2	35.4
25	56.9	36.3	35.4
26	56.1	36.5	35.4
27	56.1	36.6	35.4
28	56.9	36.8	35.5
29	56.2	36.9	35.5
30	56.2	37.1	35.6
31	56.1	37.2	35.6
32	56.4	37.3	35.6
33	56.4	37.5	35.7
34	56.4	37.6	35.7
35	56.7	37.7	35.7
36	56.8	37.9	35.8
37	56.8	38	35.8
38	56.1	38.2	35.8

39	56.2	38.3	35.9
40	56.2	38.4	35.9
41	56.5	38.5	36
42	56.6	38.7	36
43	56.7	38.8	36
44	56	39	36.1
45	56.1	39.1	36.1
46	56.2	39.2	36.2
47	55.5	39.3	36.2
48	55.6	39.5	36.3
49	55.3	39.6	36.3
50	54.8	39.7	36.4
51	54.2	39.9	36.4

**Gráfica A36:** *Temperatura vs tiempo para muestra 5 de mezcla con 10% de sustitución de PET*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A36:** Datos de conductividad térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla base obtenidos mediante hoja electrónica

CONDUCTIVIDAD TERMICA						
Descripción de mezcla	Mezcla base (100% agregado pétreo)					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Largo (m)	0.392	0.395	0.395	0.390	0.390	0.392
Alto (m)	0.185	0.190	0.185	0.185	0.186	0.186
Ancho (m)	0.097	0.098	0.095	0.095	0.096	0.096
Espesor de tabiques (m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área perpendicular expuesta(m <sup>2</sup> )	0.059	0.061	0.060	0.059	0.059	0.060
Área de paredes paralelas(m <sup>2</sup> )	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004
Temperatura emitida por los focos (T1 en °C)	72.1	72.1	72.1	72.1	72.1	72.100
Temperatura en la cara expuesta (T2 en °C)	53.0	55.5	54.6	54.8	54.5	54.480
Temperatura en el hueco (T3 en °C)	32.9	35.5	36.7	38.5	36.2	35.960
Temperatura en la cara externa (T4 en °C)	30.1	33.1	32.5	33.1	33.6	32.480
Coefficiente de convección de aire interno (hint en W/m <sup>2</sup> °C)	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570
Cantidad de calor que fluye a través del área perpendicular expuesta (Q en W)	9.690	8.731	8.962	8.722	8.921	9.005
Cantidad de calor que fluye a través del área de paredes paralelas (Q en W)	0.727	0.649	0.666	0.658	0.673	0.675
k1 (W/m°C)	0.195	0.171	0.201	0.218	0.198	0.197
k2 (W/m°C)	0.195	0.171	0.201	0.218	0.198	0.197
k3 (W/m°C)	0.693	0.622	0.645	0.649	0.693	0.660
k4 (W/m°C)	0.693	0.622	0.645	0.649	0.693	0.660
k5 (W/m°C)	0.693	0.622	0.645	0.649	0.693	0.660
∑kA (W/m°C)	0.032	0.029	0.033	0.034	0.033	0.032
∑A (m <sup>2</sup> )	0.132	0.136	0.133	0.131	0.132	0.133
km (W/m°C)	0.246	0.216	0.246	0.262	0.248	0.244

**Tabla A37:** Datos de resistencia térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla base obtenidos mediante hoja electrónica

<b>RESISTENCIA TERMICA</b>						
<b>Descripción de mezcla</b>	<b>Mezcla base (100% agregado pétreo)</b>					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Ri (°C/W)	1.609	1.555	1.597	1.617	1.609	1.597
R1 (°C/W)	1.693	1.873	1.633	1.524	1.673	1.679
R2 (°C/W)	15.917	17.617	16.420	16.309	15.520	16.357
R3 (°C/W)	3.942	3.803	3.905	3.967	3.946	3.913
R4 (°C/W)	15.917	17.617	16.420	16.309	15.520	16.357
R5 (°C/W)	3.942	3.803	3.905	3.967	3.946	3.913
R6 (°C/W)	15.917	17.617	16.420	16.309	15.520	16.357
R7 (°C/W)	1.693	1.873	1.633	1.524	1.673	1.679
R0 (°C/W)	1.609	1.555	1.597	1.617	1.609	1.597
1/R en medio (W/°C)	0.696	0.696	0.695	0.688	0.700	0.695
R en medio (°C/W)	1.437	1.436	1.439	1.453	1.428	1.439
R total (°C/W)	8.042	8.292	7.899	7.735	7.990	7.992
R total por área superficial (°C.m/W)	0.583	0.622	0.577	0.558	0.580	0.584

**Tabla A38:** Datos de conductividad térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 2.5% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica

CONDUCTIVIDAD TERMICA						
Descripción de mezcla	Mezcla 1 (97.5% agregado pétreo, 2.5% PET)					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Largo (m)	0.390	0.390	0.390	0.390	0.390	0.390
Alto (m)	0.185	0.190	0.185	0.185	0.190	0.187
Ancho (m)	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095
Espesor de tabiques (m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área perpendicular expuesta(m <sup>2</sup> )	0.059	0.060	0.059	0.059	0.060	0.059
Área de paredes paralelas(m <sup>2</sup> )	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005	0.004
Temperatura emitida por los focos (T1 en °C)	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100
Temperatura en la cara expuesta (T2 en °C)	54.400	55.300	56.800	55.000	55.300	55.360
Temperatura en el hueco (T3 en °C)	34.000	35.000	36.200	38.400	38.700	36.460
Temperatura en la cara externa (T4 en °C)	26.600	33.300	33.300	33.200	35.300	32.340
Coefficiente de convección de aire interno (hint en W/m <sup>2</sup> °C)	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570
Cantidad de calor que fluye a través del área perpendicular expuesta (Q en W)	8.924	8.699	7.714	8.621	8.699	8.531
Cantidad de calor que fluye a través del área de paredes paralelas (Q en W)	0.673	0.657	0.582	0.651	0.657	0.644
k1 (W/m°C)	0.178	0.170	0.153	0.212	0.208	0.184
k2 (W/m°C)	0.178	0.170	0.153	0.212	0.208	0.184
k3 (W/m°C)	0.518	0.622	0.530	0.639	0.684	0.599
k4 (W/m°C)	0.518	0.622	0.530	0.639	0.684	0.599
k5 (W/m°C)	0.518	0.622	0.530	0.639	0.684	0.599
∑kA (W/m°C)	0.028	0.029	0.025	0.033	0.035	0.030
∑A (m <sup>2</sup> )	0.131	0.135	0.131	0.131	0.135	0.132
km (W/m°C)	0.213	0.216	0.191	0.255	0.257	0.226

**Tabla A39:** Datos de resistencia térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 2.5% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica

Mezcla 1 (97.5% agregado pétreo, 2.5% PET)						
Descripción de mezcla	Mezcla 1 (97.5% agregado pétreo, 2.5% PET)					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Ri (°C/W)	1.617	1.575	1.617	1.617	1.575	1.600
R1 (°C/W)	1.864	1.903	2.178	1.570	1.556	1.814
R2 (°C/W)	20.421	16.578	19.970	16.576	15.071	17.723
R3 (°C/W)	3.967	3.862	3.967	3.967	3.862	3.925
R4 (°C/W)	20.421	16.578	19.970	16.576	15.071	17.723
R5 (°C/W)	3.967	3.862	3.967	3.967	3.862	3.925
R6 (°C/W)	20.421	16.578	19.970	16.576	15.071	17.723
R7 (°C/W)	1.864	1.903	2.178	1.570	1.556	1.814
R0 (°C/W)	1.617	1.575	1.617	1.617	1.575	1.600
1/R en medio (W/°C)	0.651	0.699	0.654	0.685	0.717	0.681
R en medio (°C/W)	1.536	1.431	1.528	1.460	1.395	1.470
R total (°C/W)	8.498	8.386	9.118	7.834	7.656	8.299
R total por área superficial (°C.m/W)	0.613	0.621	0.658	0.565	0.567	0.605

**Tabla A40:** Datos de conductividad térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 5.0% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica

CONDUCTIVIDAD TERMICA						
Descripción de mezcla	Mezcla 3 (95% agregado pétreo, 5.0% PET)					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Largo (m)	0.395	0.390	0.390	0.390	0.390	0.391
Alto (m)	0.180	0.185	0.185	0.190	0.185	0.185
Ancho (m)	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095
Espesor de tabiques (m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área perpendicular expuesta(m <sup>2</sup> )	0.058	0.059	0.059	0.060	0.059	0.059
Área de paredes paralelas(m <sup>2</sup> )	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004
Temperatura emitida por los focos (T1 en °C)	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100
Temperatura en la cara expuesta (T2 en °C)	55.400	55.900	56.700	56.400	56.500	56.180
Temperatura en el hueco (T3 en °C)	35.100	36.200	36.200	38.800	40.600	37.380
Temperatura en la cara externa (T4 en °C)	30.300	34.200	33.100	36.200	35.000	33.760
Coefficiente de convección de aire interno (hint en W/m <sup>2</sup> °C)	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570
Cantidad de calor que fluye a través del área perpendicular expuesta (Q en W)	8.321	8.168	7.764	8.129	7.865	8.049
Cantidad de calor que fluye a través del área de paredes paralelas (Q en W)	0.618	0.616	0.586	0.614	0.594	0.606
k1 (W/m°C)	0.169	0.169	0.155	0.183	0.202	0.176
k2 (W/m°C)	0.169	0.169	0.155	0.183	0.202	0.176
k3 (W/m°C)	0.542	0.608	0.531	0.633	0.591	0.581
k4 (W/m°C)	0.542	0.608	0.531	0.633	0.591	0.581
k5 (W/m°C)	0.542	0.608	0.531	0.633	0.591	0.581
∑kA (W/m°C)	0.027	0.028	0.025	0.031	0.032	0.028
∑A (m <sup>2</sup> )	0.131	0.131	0.131	0.135	0.131	0.131
km (W/m°C)	0.207	0.214	0.193	0.229	0.241	0.217

**Tabla A41:** Datos de resistencia térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 5% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica

RESISTENCIA TERMICA						
Descripción de mezcla	Mezcla 3 (95% agregado pétreo, 5.0% PET)					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Ri (°C/W)	1.641	1.617	1.617	1.575	1.617	1.614
R1 (°C/W)	1.995	1.967	2.153	1.765	1.648	1.906
R2 (°C/W)	20.085	17.416	19.925	16.288	17.919	18.327
R3 (°C/W)	4.014	3.967	3.967	3.862	3.967	3.955
R4 (°C/W)	20.085	17.416	19.925	16.288	17.919	18.327
R5 (°C/W)	4.014	3.967	3.967	3.862	3.967	3.955
R6 (°C/W)	20.085	17.416	19.925	16.288	17.919	18.327
R7 (°C/W)	1.995	1.967	2.153	1.765	1.648	1.906
R0 (°C/W)	1.641	1.617	1.617	1.575	1.617	1.614
1/R en medio (W/°C)	0.648	0.676	0.655	0.702	0.672	0.670
R en medio (°C/W)	1.544	1.478	1.527	1.425	1.489	1.493
R total (°C/W)	8.816	8.646	9.068	8.105	8.020	8.531
R total por área superficial (°C.m/W)	0.627	0.624	0.654	0.601	0.579	0.617



**Tabla A42:** Datos de conductividad térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 7.5% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica

CONDUCTIVIDAD TERMICA						
Descripción de mezcla	Mezcla 4 (92.5% agregado pétreo, 7.5% PET)					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Largo (m)	0.390	0.398	0.390	0.395	0.390	0.393
Alto (m)	0.185	0.185	0.190	0.180	0.190	0.186
Ancho (m)	0.098	0.098	0.095	0.095	0.095	0.096
Espesor de tabiques (m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área perpendicular expuesta(m <sup>2</sup> )	0.059	0.060	0.060	0.058	0.060	0.060
Área de paredes paralelas(m <sup>2</sup> )	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004
Temperatura emitida por los focos (T1 en °C)	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100
Temperatura en la cara expuesta (T2 en °C)	55.100	55.900	57.200	56.100	55.400	55.940
Temperatura en el hueco (T3 en °C)	34.000	35.400	39.500	37.000	35.500	36.280
Temperatura en la cara externa (T4 en °C)	30.400	32.900	34.700	35.200	34.900	33.620
Coefficiente de convección de aire interno (hint en W/m <sup>2</sup> °C)	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570
Cantidad de calor que fluye a través del área perpendicular expuesta (Q en W)	8.571	8.373	7.715	7.972	8.647	8.256
Cantidad de calor que fluye a través del área de paredes paralelas (Q en W)	0.647	0.616	0.582	0.592	0.653	0.618
k1 (W/m°C)	0.166	0.163	0.173	0.172	0.173	0.169
k2 (W/m°C)	0.166	0.163	0.173	0.172	0.173	0.169
k3 (W/m°C)	0.578	0.592	0.539	0.623	0.663	0.599
k4 (W/m°C)	0.578	0.592	0.539	0.623	0.663	0.599
k5 (W/m°C)	0.578	0.592	0.539	0.623	0.663	0.599
∑kA (W/m°C)	0.027	0.027	0.028	0.028	0.030	0.028
∑A (m <sup>2</sup> )	0.131	0.134	0.135	0.129	0.135	0.133
km (W/m°C)	0.208	0.205	0.210	0.218	0.223	0.213

**Tabla A43:** Datos de resistencia térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 7.5% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica

RESISTENCIA TERMICA						
Descripción de mezcla	Mezcla 4 (92.5% agregado pétreo, 7.5% PET)					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Ri (°C/W)	1.617	1.585	1.575	1.641	1.575	1.599
R1 (°C/W)	2.007	2.005	1.871	1.959	1.876	1.944
R2 (°C/W)	19.482	19.037	19.117	17.456	15.541	18.126
R3 (°C/W)	3.967	3.870	3.862	4.014	3.862	3.915
R4 (°C/W)	19.482	19.037	19.117	17.456	15.541	18.126
R5 (°C/W)	3.967	3.870	3.862	4.014	3.862	3.915
R6 (°C/W)	19.482	19.037	19.117	17.456	15.541	18.126
R7 (°C/W)	2.007	2.005	1.871	1.959	1.876	1.944
R0 (°C/W)	1.617	1.585	1.575	1.641	1.575	1.599
1/R en medio (W/°C)	0.658	0.674	0.675	0.670	0.711	0.678
R en medio (°C/W)	1.519	1.483	1.482	1.492	1.407	1.477
R total (°C/W)	8.769	8.663	8.373	8.693	8.309	8.561
R total por área superficial (°C.m/W)	0.633	0.638	0.620	0.618	0.616	0.625

**Tabla A44:** Datos de conductividad térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 7.5% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica

CONDUCTIVIDAD TERMICA						
Descripción de mezcla	Mezcla 5 (90% agregado pétreo, 10% PET)					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Largo (m)	0.390	0.394	0.390	0.390	0.390	0.391
Alto (m)	0.185	0.190	0.185	0.180	0.190	0.186
Ancho (m)	0.095	0.097	0.095	0.095	0.095	0.095
Espesor de tabiques (m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área perpendicular expuesta(m <sup>2</sup> )	0.059	0.061	0.059	0.057	0.060	0.059
Área de paredes paralelas(m <sup>2</sup> )	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005	0.004
Temperatura emitida por los focos (T1 en °C)	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100	72.10
Temperatura en la cara expuesta (T2 en °C)	57.200	57.400	58.300	57.100	56.500	57.300
Temperatura en el hueco (T3 en °C)	37.700	38.700	41.300	39.100	39.300	39.220
Temperatura en la cara externa (T4 en °C)	32.500	34.900	36.000	35.600	36.200	35.040
Coefficiente de convección de aire interno (hint en W/m <sup>2</sup> °C)	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570
Cantidad de calor que fluye a través del área perpendicular expuesta (Q en W)	7.512	7.707	6.958	7.358	8.078	7.523
Cantidad de calor que fluye a través del área de paredes paralelas (Q en W)	0.567	0.574	0.525	0.555	0.610	0.566
k1 (W/m°C)	0.157	0.162	0.167	0.171	0.187	0.169
k2 (W/m°C)	0.157	0.162	0.167	0.171	0.187	0.169
k3 (W/m°C)	0.491	0.543	0.504	0.568	0.626	0.546
k4 (W/m°C)	0.491	0.543	0.504	0.568	0.626	0.546
k5 (W/m°C)	0.491	0.543	0.504	0.568	0.626	0.546
∑kA (W/m°C)	0.025	0.027	0.026	0.027	0.031	0.027
∑A (m <sup>2</sup> )	0.131	0.136	0.131	0.127	0.135	0.132
km (W/m°C)	0.191	0.200	0.201	0.212	0.231	0.207

**Tabla A45:** Datos de resistencia térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 10% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica

<b>RESISTENCIA TERMICA</b>						
<b>Descripción de mezcla</b>	<b>Descripción de mezcla</b>					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Ri (°C/W)	1.617	1.559	1.617	1.662	1.575	1.606
R1 (°C/W)	2.117	1.983	1.992	1.995	1.736	1.965
R2 (°C/W)	21.554	19.785	21.010	19.154	16.474	19.595
R3 (°C/W)	3.967	3.815	3.967	4.077	3.862	3.938
R4 (°C/W)	21.554	19.785	21.010	19.154	16.474	19.595
R5 (°C/W)	3.967	3.815	3.967	4.077	3.862	3.938
R6 (°C/W)	21.554	19.785	21.010	19.154	16.474	19.595
R7 (°C/W)	2.117	1.983	1.992	1.995	1.736	1.965
R0 (°C/W)	1.617	1.559	1.617	1.662	1.575	1.606
1/R en medio (W/°C)	0.643	0.676	0.647	0.647	0.700	0.663
R en medio (°C/W)	1.554	1.479	1.546	1.545	1.429	1.511
R total (°C/W)	9.022	8.563	8.765	8.859	8.051	8.652
R total por área superficial (°C.m/W)	0.651	0.641	0.632	0.622	0.597	0.629

**DATOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS ACUSTICAS Y PROCESAMIENTO  
DE ESTOS EN LAS HOJAS ELECTRONICA**

**Mezcla base (100% agregado pétreo)**

**Tabla A46:** *Lectura de decibeles para muestra 1 de mezcla base en aplicación de un minuto de ruido rosa*

<b>MUESTRA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LECTURA EMISOR</b>	<b>LECTURA RECEPTOR</b>
1	10	102.7	78.6
	20	102.6	80.1
	30	102.5	79.3
	40	102.2	78.5
	50	102.9	78.9
	60	102	79.3
	<b>PROMEDIO</b>	<b>102.48</b>	<b>79.12</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A47:** *Lectura de decibeles para muestra 2 de mezcla base en aplicación de un minuto de ruido rosa*

<b>MUESTRA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LECTURA EMISOR</b>	<b>LECTURA RECEPTOR</b>
2	10	101.4	80.1
	20	102	80.9
	30	101.2	80.5
	40	101.2	80.3
	50	101.2	80.4
	60	101.5	80.9
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.42</b>	<b>80.52</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A48:** Lectura de decibeles para muestra 3 de mezcla base en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
3	10	101.6	81.3
	20	101.9	82.2
	30	101.8	82.1
	40	101.3	81.6
	50	101.5	81.8
	60	101.7	81.9
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.63</b>	<b>81.82</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A49:** Lectura de decibeles para muestra 4 de mezcla base en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
4	10	102.1	83
	20	100.9	82
	30	102.2	82.3
	40	102.6	83.1
	50	102.4	82.7
	60	101.9	82.5
	<b>PROMEDIO</b>	<b>102.02</b>	<b>82.60</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A50:** Lectura de decibeles para muestra 5 de mezcla base en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
5	10	101.5	81.5
	20	101.2	82.7
	30	101.6	81.6
	40	100.9	81.7
	50	101.8	80.7
	60	102.3	81.2
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.55</b>	<b>81.57</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A51:** Resumen de lecturas de decibeles para unidades de mampostería de concreto fabricado con mezcla base

M	LECTURA EN EL RECINTO EMISOR	LECTURA EN EL RECINTO RECEPTOR	DIFERENCIA DE DECIBELES	% DE ABSORCION
1	102.48	79.12	23.37	22.80%
2	101.42	80.52	20.90	20.61%
3	101.63	81.82	19.82	19.50%
4	102.02	82.60	19.42	19.03%
5	101.55	81.57	19.98	19.68%
<b>PROM</b>	<b>101.82</b>	<b>81.12</b>	<b>20.70</b>	<b>20.32%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Mezcla 1 (97.5% agregado pétreo, 2.5% de PET)**

**Tabla A52:** Lectura de decibeles para muestra 1 de mezcla 1 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
1	10	101.50	82.50
	20	102.20	81.90
	30	100.60	81.60
	40	100.40	80.70
	50	100.60	81.30
	60	101.10	82.50
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.07</b>	<b>81.75</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla A53:** Lectura de decibeles para muestra 2 de mezcla 1 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
2	10	101.60	81.10
	20	102.00	80.40
	30	101.90	80.40
	40	101.10	79.70
	50	101.70	79.70
	60	101.50	81.00
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.63</b>	<b>80.38</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla A54:** Lectura de decibeles para muestra 3 de mezcla 1 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
3	10	101.10	80.80
	20	101.20	80.40
	30	100.00	78.20
	40	100.10	79.20
	50	100.50	79.50
	60	100.00	78.70
	<b>PROMEDIO</b>	<b>100.48</b>	<b>79.47</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A55:** Lectura de decibeles para muestra 4 de mezcla 1 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
4	10	104.90	81.90
	20	100.50	80.30
	30	100.80	82.30
	40	101.10	83.30
	50	101.00	82.50
	60	100.10	81.90
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.40</b>	<b>82.03</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A56:** Lectura de decibeles para muestra 5 de mezcla 1 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
5	10	101.10	79.10
	20	101.30	78.90
	30	101.40	79.70
	40	102.10	80.30
	50	101.00	79.00
	60	101.20	79.30
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.35</b>	<b>79.38</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Tabla A57:** Resumen de lecturas de decibeles para unidades de mampostería de concreto fabricado con mezcla 1

M	LECTURA EN EL RECINTO EMISOR	LECTURA EN EL RECINTO RECEPTOR	DIFERENCIA DE DECIBELES	% DE ABSORCION
1	101.07	81.75	19.32	19.11%
2	101.63	80.38	21.25	20.91%
3	100.48	79.47	21.02	20.92%
4	101.40	82.03	19.37	19.10%
5	101.35	79.38	21.97	21.67%
<b>PROM</b>	<b>101.19</b>	<b>80.60</b>	<b>20.58</b>	<b>20.34%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Mezcla 2 (95% agregado pétreo, 5% de PET)**

**Tabla A58:** Lectura de decibeles para muestra 1 de mezcla 2 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA EMISOR
1	10	101.10	82.10
	20	101.50	84.90
	30	101.50	83.50
	40	101.50	81.40
	50	101.20	82.90
	60	101.3	82.95
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.35</b>	<b>82.96</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla A59:** Lectura de decibeles para muestra 2 de mezcla 2 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA EMISOR
2	10	100.10	84.30
	20	100.10	84.40
	30	99.60	84.90
	40	99.10	82.90
	50	99.40	82.90
	60	99.90	83.80
	<b>PROMEDIO</b>	<b>99.70</b>	<b>83.87</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla A60:** Lectura de decibeles para muestra 3 de mezcla 2 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA EMISOR
3	10	101.90	84.30
	20	100.40	84.40
	30	101.50	84.90
	40	101.40	82.90
	50	101.00	82.90
	60	100.60	83.80
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.13</b>	<b>83.87</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A61:** Lectura de decibeles para muestra 4 de mezcla 2 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA EMISOR
4	10	101.20	83.00
	20	100.50	82.00
	30	100.20	82.50
	40	100.50	82.20
	50	101.20	83.30
	60	100.50	82.00
	<b>PROMEDIO</b>	<b>100.68</b>	<b>82.50</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A62:** Lectura de decibeles para muestra 5 de mezcla 2 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA EMISOR
5	10	108.20	89.70
	20	100.70	84.80
	30	99.80	84.10
	40	100.80	85.50
	50	100.90	84.20
	60	100.20	83.80
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.77</b>	<b>85.35</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A63:** Resumen de lecturas de decibeles para unidades de mampostería de concreto fabricado con mezcla 2

M	LECTURA EN EL RECINTO EMISOR	LECTURA EN EL RECINTO RECEPTOR	DIFERENCIA DE DECIBELES	% DE ABSORCION
1	101.35	82.96	18.39	18.15%
2	99.70	83.87	15.83	15.88%
3	101.13	83.87	17.27	17.07%
4	100.68	82.50	18.18	18.06%
5	101.77	85.35	16.42	16.13%
<b>PROM</b>	<b>100.93</b>	<b>83.71</b>	<b>17.22</b>	<b>17.06%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Mezcla 4 (92.5% agregado pétreo, 7.5 PET)**

**Tabla A64:** Lectura de decibeles para muestra 1 de mezcla 3 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
1	10	100.8	86.6
	20	101.4	87.1
	30	101.2	85.9
	40	100.9	87.2
	50	100.5	85.6
	60	100.9	85.5
	<b>PROMEDIO</b>	<b>100.95</b>	<b>86.32</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla A65:** Lectura de decibeles para muestra 2 de mezcla 3 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
2	10	99.5	83.5
	20	99.5	82.4
	30	99.1	83.7
	40	99.9	82.7
	50	98.8	81.4
	60	99.4	83.6
	<b>PROMEDIO</b>	<b>99.37</b>	<b>82.88</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla A66:** Lectura de decibeles para muestra 3 de mezcla 3 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
3	10	100.2	85.3
	20	100.4	85.9
	30	100.8	86.3
	40	100.6	87.1
	50	100.7	85.2
	60	100.3	86.1
	<b>PROMEDIO</b>	<b>100.50</b>	<b>85.98</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A67:** Lectura de decibeles para muestra 4 de mezcla 3 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
4	10	65.3	89
	20	100.7	85.4
	30	101.5	87.4
	40	101.1	86.8
	50	101.3	84.3
	60	101	87.4
	<b>PROMEDIO</b>	<b>95.15</b>	<b>86.72</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A68:** Lectura de decibeles para muestra 5 de mezcla 3 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
5	10	101	87.4
	20	100.2	86.7
	30	101.2	86.8
	40	99.8	86.2
	50	101.1	87.4
	60	100.2	86.2
	<b>PROMEDIO</b>	<b>100.58</b>	<b>86.78</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A69:** Resumen de lecturas de decibeles para unidades de mampostería de concreto fabricado con mezcla con 7.5% de sustitución de PET

M	LECTURA EN EL RECINTO EMISOR	LECTURA EN EL RECINTO RECEPTOR	DIFERENCIA DE DECIBELES	% DE ABSORCION
1	100.95	86.32	14.63	14.50%
2	99.37	82.88	16.48	16.59%
3	100.50	85.98	14.52	14.44%
4	95.15	86.72	8.43	8.86%
5	100.58	86.78	13.80	13.72%
<b>PROM</b>	<b>99.31</b>	<b>85.74</b>	<b>13.57</b>	<b>13.62%</b>

Fuente: *Elaboración propia*

**Mezcla 5 (90% agregado pétreo, 10% PET)**

**Tabla A70:** Lectura de decibeles para muestra 1 de mezcla 4 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
1	10	100.6	88
	20	100.2	86.8
	30	100.7	86.9
	40	100.7	87.2
	50	99.9	87.4
	60	99.8	88.3
	<b>PROMEDIO</b>	<b>100.32</b>	<b>87.43</b>

Fuente: *Elaboración propia*

**Tabla A71:** Lectura de decibeles para muestra 2 de mezcla 4 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
2	10	98.8	88.9
	20	99.3	87.3
	30	98.6	88
	40	99.5	88.2
	50	99.2	86.4
	60	98.6	87.8
	<b>PROMEDIO</b>	<b>99.00</b>	<b>87.77</b>

Fuente: *Elaboración propia*

**Tabla A71:** Lectura de decibeles para muestra 3 de mezcla 4 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
3	10	105.9	97
	20	100.4	86
	30	101.1	88
	40	100.8	87.3
	50	101.2	87.3
	60	100.6	87.9
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.67</b>	<b>88.92</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A73:** Lectura de decibeles para muestra 4 de mezcla 4 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
4	10	99.2	86.2
	20	98.5	85.2
	30	99.9	87.6
	40	98.8	86
	50	99.3	86.4
	60	99.4	86.5
	<b>PROMEDIO</b>	<b>99.18</b>	<b>86.32</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A74:** Lectura de decibeles para muestra 5 de mezcla 4 en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO	LECTURA EMISOR	LECTURA RECEPTOR
5	10	101.125	90.025
	20	99.6	86.325
	30	100.075	87.625
	40	99.95	87.175
	50	99.9	86.875
	60	99.6	87.625
	<b>PROMEDIO</b>	<b>100.04</b>	<b>87.61</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A75:** Resumen de lecturas de decibeles para unidades de mampostería de concreto fabricado con mezcla con 10% de sustitución de PET

M	LECTURA EN EL RECINTO EMISOR	LECTURA EN EL RECINTO RECEPTOR	DIFERENCIA DE DECIBELES	% DE ABSORCION
1	100.32	87.43	12.88	12.84%
2	99.00	87.77	11.23	11.35%
3	101.67	88.92	12.75	12.54%
4	99.18	86.32	12.87	12.97%
5	101.55	87.61	13.94	13.73%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A76:** Resumen de diferencia bruta de decibeles en unidades de mampostería.

Mezcla	Diferencia bruta de decibeles (Db)
Base	20.7
2.50%	20.58
5%	17.22
7.50%	13.57
10%	12.74

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A77:** Resumen de porcentaje de absorción acústica en unidades de mampostería.

Mezcla	Porcentaje de absorción acústica
Base	20.32%
2.50%	20.34%
5%	17.06%
7.50%	13.62%
10%	12.69%

**Fuente:** Elaboración propia

## Memoria de cálculo para costos unitarios

Costos unitarios de unidades de unidades de mampostería de concreto incluyendo costo del PET

**Tabla A78: Para unidades de mampostería con mezcla base**

<b>COSTO UNITARIO POR ACTIVIDAD</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO CON MEZCLA BASE</b>			
<b>CANTIDAD ANALIZADA</b>		<b>30</b>	<b>UNIDADES</b>	
<b>A. MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL
Cemento	Bolsa	1.065	\$8.20	\$8.73
Arena	m <sup>3</sup>	0.11	\$25	\$2.75
Grava	m <sup>3</sup>	0.045	\$15	\$0.68
Agua	m <sup>3</sup>	0.021	\$0.85	\$0.02
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>\$12.18</b>
<b>TOTAL MATERIALES POR UNIDAD</b>				<b>\$0.41</b>
<b>B. MANO DE OBRA</b>				
DESCRIPCION	JORNAL DIARIO	CANTIDAD	JORNAL/UNIDAD	SUB TOTAL
Auxiliar 1	\$12.00	200	0.06	\$0.06
Auxiliar 2	\$12.00	200	0.06	\$0.06
<b>TOTAL MANO DE OBRA POR UNIDAD</b>				<b>\$0.12</b>
<b>C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL
Herramientas manuales	SG	2.00	0.02	\$0.02
Maquina bloquera	DEP. SG	1.00	0.05	\$0.05
<b>TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS POR UNIDAD</b>				<b>\$0.07</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO A + B + C</b>				<b>\$0.60</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Tabla A79:** Para unidades de mampostería con 2.5% de sustitución de PET

<b>COSTO UNITARIO POR ACTIVIDAD</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO CON 2.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>			
<b>CANTIDAD ANALIZADA</b>	<b>32</b>	<b>UNIDADES</b>		
<b>A. MATERIALES</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Cemento	Bolsa	1.065	\$8.20	\$8.73
Arena	m <sup>3</sup>	0.104	\$25	\$2.60
Grava	m <sup>3</sup>	0.043	\$15	\$0.65
Agua	m <sup>3</sup>	0.02	\$0.85	\$0.02
PET	kg	5.25	\$0.45	\$2.363
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>\$14.36</b>
<b>TOTAL MATERIALES POR UNIDAD</b>				<b>\$0.45</b>
<b>B. MANO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>JORNAL DIARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/UNIDAD</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Auxiliar 1	\$12.00	200	0.06	\$0.06
Auxiliar 2	\$12.00	200	0.06	\$0.06
<b>TOTAL MANO DE OBRA POR UNIDAD</b>				<b>\$0.12</b>
<b>C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Herramientas manuales	SG	2.00	0.02	\$0.02
Maquina bloquera	DEP. SG	1.00	0.05	\$0.05
<b>TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS POR UNIDAD</b>				<b>\$0.07</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO A + B + C</b>				<b>\$0.64</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A80:** Para unidades de mampostería con 5% de sustitución de PET

<b>COSTOS UNITARIOS POR ACTIVIDAD</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO CON 10% DE SUSTITUCION DE PET</b>			
<b>CANTIDAD ANALIZADA</b>	<b>34</b>	<b>UNIDADES</b>		
<b>A. MATERIALES</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Cemento	Bolsa	1.065	\$8.20	\$8.73
Arena	m <sup>3</sup>	0.101	\$25	\$2.53
Grava	m <sup>3</sup>	0.041	\$15	\$0.62
Agua	m <sup>3</sup>	0.019	\$0.85	\$0.02
PET	kg	10.5	\$0.45	\$4.725
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>\$16.61</b>
<b>TOTAL MATERIALES POR UNIDAD</b>				<b>\$0.49</b>
<b>B. MANO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>JORNAL DIARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/UNID AD</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Auxiliar 1	\$12.00	200	0.06	\$0.06
Auxiliar 2	\$12.00	200	0.06	\$0.06
<b>TOTAL MANO DE OBRA POR UNIDAD</b>				<b>\$0.12</b>
<b>C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Herramientas manuales	SG	2.00	0.02	\$0.02
Maquina bloquera	DEP. SG	1.00	0.05	\$0.05
<b>TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS POR UNIDAD</b>				<b>\$0.07</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO A + B + C</b>				<b>\$0.68</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A81:** Para unidades de mampostería con 7.5% de sustitución de PET

<b>COSTOS UNITARIOS POR ACTIVIDAD</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDADES DE MAMPONTERIA DE CONCRETO CON 7.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>			
<b>CANTIDAD ANALIZADA</b>	<b>37</b>	<b>UNIDADES</b>		
<b>A. MATERIALES</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Cemento	Bolsa	1.065	\$8.20	\$8.73
Arena	m <sup>3</sup>	0.098	\$25	\$2.45
Grava	m <sup>3</sup>	0.04	\$15	\$0.60
Agua	m <sup>3</sup>	0.018	\$0.85	\$0.02
PET	kg	15.75	\$0.45	\$7.088
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>\$18.89</b>
<b>TOTAL MATERIALES POR UNIDAD</b>				<b>\$0.51</b>
<b>B. MANO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>JORNAL DIARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/UNIDAD</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Auxiliar 1	\$12.00	200	0.06	\$0.06
Auxiliar 2	\$12.00	200	0.06	\$0.06
<b>TOTAL MANO DE OBRA POR UNIDAD</b>				<b>\$0.12</b>
<b>C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Herramientas manuales	SG	2.00	0.02	\$0.02
Maquina bloquera	DEP. SG	1.00	0.05	\$0.05
<b>TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS POR UNIDAD</b>				<b>\$0.07</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO A + B + C</b>				<b>\$0.70</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A82:** Para unidades de mampostería con 10% de sustitución de PET

<b>COSTOS UNITARIOS POR ACTIVIDAD</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>		<b>UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO CON 10% DE SUSTITUCION DE PET</b>		
<b>CANTIDAD ANALIZADA</b>		<b>41</b>	<b>UNIDADES</b>	
<b>A. MATERIALES</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Cemento	Bolsa	1.065	\$8.20	\$8.73
Arena	m <sup>3</sup>	0.096	\$25	\$2.40
Grava	m <sup>3</sup>	0.039	\$15	\$0.59
Agua	m <sup>3</sup>	0.018	\$0.85	\$0.02
PET	kg	21	\$0.45	\$9.450
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>\$21.18</b>
<b>TOTAL MATERIALES POR UNIDAD</b>				<b>\$0.52</b>
<b>B. MANO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>JORNAL DIARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/UNIDAD</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Auxiliar 1	\$12.00	200	0.06	\$0.06
Auxiliar 2	\$12.00	200	0.06	\$0.06
<b>TOTAL MANO DE OBRA POR UNIDAD</b>				<b>\$0.12</b>
<b>C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Herramientas manuales	SG	2.00	0.02	\$0.02
Maquina bloquera	DEP. SG	1.00	0.05	\$0.05
<b>TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS POR UNIDAD</b>				<b>\$0.07</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO A + B + C</b>				<b>\$0.71</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

Costos unitarios de unidades de mampostería de concreto sin incluir el costo del PET

**Tabla A83:** Para unidades de mampostería con mezcla base

<b>COSTOS UNITARIOS POR ACTIVIDAD</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO SIN SUSTITUCION DE PET</b>			
<b>CANTIDAD ANALIZADA</b>	<b>30</b>	<b>UNIDADES</b>		
<b>A. MATERIALES</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Cemento	Bolsa	1.065	\$8.20	\$8.73
Arena	m <sup>3</sup>	0.11	\$25	\$2.75
Grava	m <sup>3</sup>	0.045	\$15	\$0.68
Agua	m <sup>3</sup>	0.021	\$0.85	\$0.02
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>\$12.18</b>
<b>TOTAL MATERIALES POR UNIDAD</b>				<b>\$0.41</b>
<b>B. MANO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>JORNAL DIARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/UNIDAD</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Auxiliar 1	\$12.00	200	0.06	\$0.06
Auxiliar 2	\$12.00	200	0.06	\$0.06
<b>TOTAL MANO DE OBRA POR UNIDAD</b>				<b>\$0.12</b>
<b>C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Herramientas manuales	SG	2.00	0.02	\$0.02
Maquina bloquera	DEP. SG	1.00	0.05	\$0.05
<b>TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS POR UNIDAD</b>				<b>\$0.07</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO A + B + C</b>				<b>\$0.60</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A84:** Para unidades de mampostería con 2.5% de sustitución de PET

<b>COSTOS UNITARIOS POR ACTIVIDAD</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>		<b>UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO CON 2.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>		
<b>CANTIDAD ANALIZADA</b>		<b>32</b>	<b>UNIDADES</b>	
<b>A. MATERIALES</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Cemento	Bolsa	1.065	\$8.20	\$8.73
Arena	m <sup>3</sup>	0.104	\$25	\$2.60
Grava	m <sup>3</sup>	0.043	\$15	\$0.65
Agua	m <sup>3</sup>	0.02	\$0.85	\$0.02
PET	kg	5.25		
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>\$12.00</b>
<b>TOTAL MATERIALES POR UNIDAD</b>				<b>\$0.37</b>
<b>B. MANO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>JORNAL DIARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/UNIDAD</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Auxiliar 1	\$12.00	200	0.06	\$0.06
Auxiliar 2	\$12.00	200	0.06	\$0.06
<b>TOTAL MANO DE OBRA POR UNIDAD</b>				<b>\$0.12</b>
<b>C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Herramientas manuales	SG	2.00	0.02	\$0.02
Maquina bloquera	DEP. SG	1.00	0.05	\$0.05
<b>TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS POR UNIDAD</b>				<b>\$0.07</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO A + B + C</b>				<b>\$0.56</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A85:** Para unidades de mampostería con 5.0% de sustitución de PET

<b>COSTOS UNITARIOS POR ACTIVIDAD</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO CON 5.0% DE SUSTITUCION DE PET</b>			
<b>CANTIDAD ANALIZADA</b>	<b>34</b>	<b>UNIDADES</b>		
<b>A. MATERIALES</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Cemento	Bolsa	1.065	\$8.20	\$8.73
Arena	m <sup>3</sup>	0.101	\$25	\$2.53
Grava	m <sup>3</sup>	0.041	\$15	\$0.62
Agua	m <sup>3</sup>	0.019	\$0.85	\$0.02
PET	kg	10.5	\$0.00	\$0.00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>\$11.89</b>
<b>TOTAL MATERIALES POR UNIDAD</b>				<b>\$0.35</b>
<b>B. MANO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>JORNAL DIARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/UNIDAD</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Auxiliar 1	\$12.00	200	0.06	\$0.06
Auxiliar 2	\$12.00	200	0.06	\$0.06
<b>TOTAL MANO DE OBRA POR UNIDAD</b>				<b>\$0.12</b>
<b>C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Herramientas manuales	SG	2.00	0.02	\$0.02
Maquina bloquera	DEP. SG	1.00	0.05	\$0.05
<b>TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS POR UNIDAD</b>				<b>\$0.07</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO A + B + C</b>				<b>\$0.54</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A86:** Para unidades de mampostería con 7.5% de sustitución de PET

<b>COSTOS UNITARIOS POR ACTIVIDAD</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO CON 7.5% DE SUSTITUCION DE PET</b>			
<b>CANTIDAD ANALIZADA</b>	<b>37</b>	<b>UNIDADES</b>		
<b>A. MATERIALES</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Cemento	Bolsa	1.065	\$8.20	\$8.73
Arena	m <sup>3</sup>	0.098	\$25	\$2.45
Grava	m <sup>3</sup>	0.04	\$15	\$0.60
Agua	m <sup>3</sup>	0.018	\$0.85	\$0.02
PET	kg	15.75	\$0.00	\$0.00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>\$11.80</b>
<b>TOTAL MATERIALES POR UNIDAD</b>				<b>\$0.32</b>
<b>B. MANO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>JORNAL DIARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/UNIDAD</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Auxiliar 1	\$12.00	200	0.06	\$0.06
Auxiliar 2	\$12.00	200	0.06	\$0.06
<b>TOTAL MANO DE OBRA POR UNIDAD</b>				<b>\$0.12</b>
<b>C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Herramientas manuales	SG	2.00	0.02	<b>\$0.02</b>
Maquina bloquera	DEP. SG	1.00	0.05	\$0.05
<b>TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS POR UNIDAD</b>				<b>\$0.07</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO A + B + C</b>				<b>\$0.51</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Tabla A87: Para unidades de mampostería con mezcla base**

<b>COSTOS UNITARIOS POR ACTIVIDAD</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO CON 10% DE SUSTITUCION DE PET</b>			
<b>CANTIDAD ANALIZADA</b>	<b>41</b>	<b>UNIDADES</b>		
<b>A. MATERIALES</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Cemento	Bolsa	1.065	\$8.20	\$8.73
Arena	m <sup>3</sup>	0.096	\$25	\$2.40
Grava	m <sup>3</sup>	0.039	\$15	\$0.59
Agua	m <sup>3</sup>	0.018	\$0.85	\$0.02
PET	Kg	21	\$0.00	\$0.00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>\$11.73</b>
<b>TOTAL MATERIALES POR UNIDAD</b>				<b>\$0.29</b>
<b>B. MANO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>JORNAL DIARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/UNIDAD</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Auxiliar 1	\$12.00	200	0.06	\$0.06
Auxiliar 2	\$12.00	200	0.06	\$0.06
<b>TOTAL MANO DE OBRA POR UNIDAD</b>				<b>\$0.12</b>
<b>C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Herramientas manuales	SG	2.00	0.02	\$0.02
Maquina bloquera	DEP. SG	1.00	0.05	\$0.05
<b>TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS POR UNIDAD</b>				<b>\$0.07</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO A + B + C</b>				<b>\$0.48</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

## **ANEXO 6: ESTUDIO PREVIO DEL COMPORTAMIENTO DEL PET EN EL USO DE CONCRETO PARA UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO**

En el estudio preliminar, por recomendación del Ing. Ismael Guevara, docente del departamento de Ing. Agronómica y experto en estadística. se usaron 5 unidades de cada una de las mezclas (mezcla base, sustitución de: 10% PET, 20% PET y 30% PET) realizando así una cantidad total de 20 ensayos, para este caso.

Se fabricaron unidades de mampostería de concreto de prueba con el fin de determinar el comportamiento del PET en combinación con concreto y así poder determinar y establecer los rangos en los cuales se trabajaron en la investigación.

Además, sirvió de fundamento base para establecer la relación que existe entre la sustitución del agregado por el PET, con respecto a la conductividad térmica, resistencia térmica y acústica, usando esta relación y la ecuación de correlación de Pearson se pudo determinar el número de unidades que fueran representativas para los ensayos térmicos y acústicos.

Se detallan los datos obtenidos y los procedimientos realizados en el estudio previo.

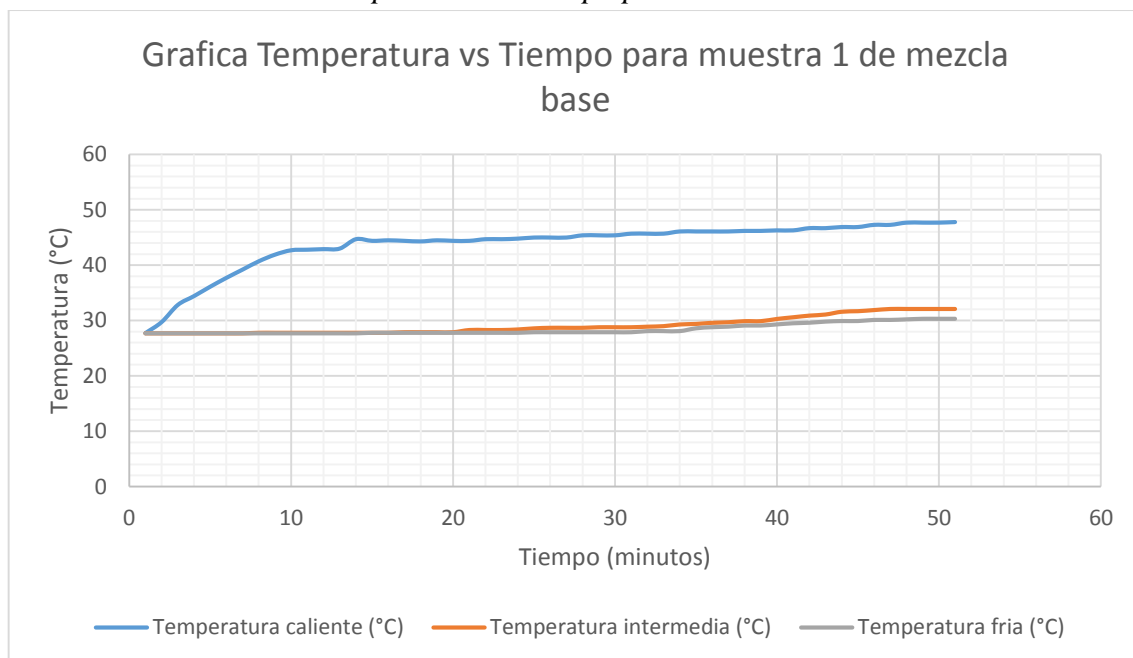
**Base de datos para cálculo de conductividad térmica**

**Tabla A88:** *Datos de temperatura para muestra 1 de mezcla base*

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedio (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	27.7	27.7	27.7
2	29.7	27.7	27.7
3	32.8	27.7	27.7
4	34.4	27.7	27.7
5	36.1	27.7	27.7
6	37.7	27.7	27.7
7	39.2	27.7	27.7
8	40.7	27.8	27.7
9	41.9	27.8	27.7
10	42.7	27.8	27.7
11	42.5	27.8	27.7
12	42.9	27.8	27.7
13	43	27.8	27.7
14	44.7	27.8	27.7
15	44.4	27.8	27.8
16	44.5	27.8	27.8
17	44.4	27.9	27.8
18	44.3	27.9	27.8
19	44.5	27.9	27.8
20	44.4	27.9	27.8
21	44.4	28.3	27.8
22	44.7	28.3	27.8
23	44.7	28.3	27.8
24	44.8	28.4	27.8
25	45	28.6	27.9
26	45	28.7	27.9
27	45	28.7	27.9
28	45.4	28.7	27.9
29	45.4	28.8	27.9
30	45.4	28.8	27.9
31	45.7	28.8	27.9
32	45.7	28.9	28.1
33	45.7	29	28.1
34	46.1	29.3	28.1
35	46.1	29.4	28.6

36	46.1	29.6	28.8
37	46.1	29.7	28.9
38	46.2	29.9	29.1
39	46.2	29.9	29.1
40	46.3	30.3	29.3
41	46.3	30.6	29.5
42	46.7	30.9	29.6
43	46.7	31.1	29.8
44	46.9	31.6	29.9
45	46.9	31.7	29.9
46	47.3	31.9	30.1
47	47.3	32.1	30.1
48	47.7	32.1	30.2
49	47.7	32.1	30.3
50	47.7	32.1	30.3
51	47.8	32.1	30.3

**Gráfica A37: Temperatura vs tiempo para muestra 1 de mezcla base**



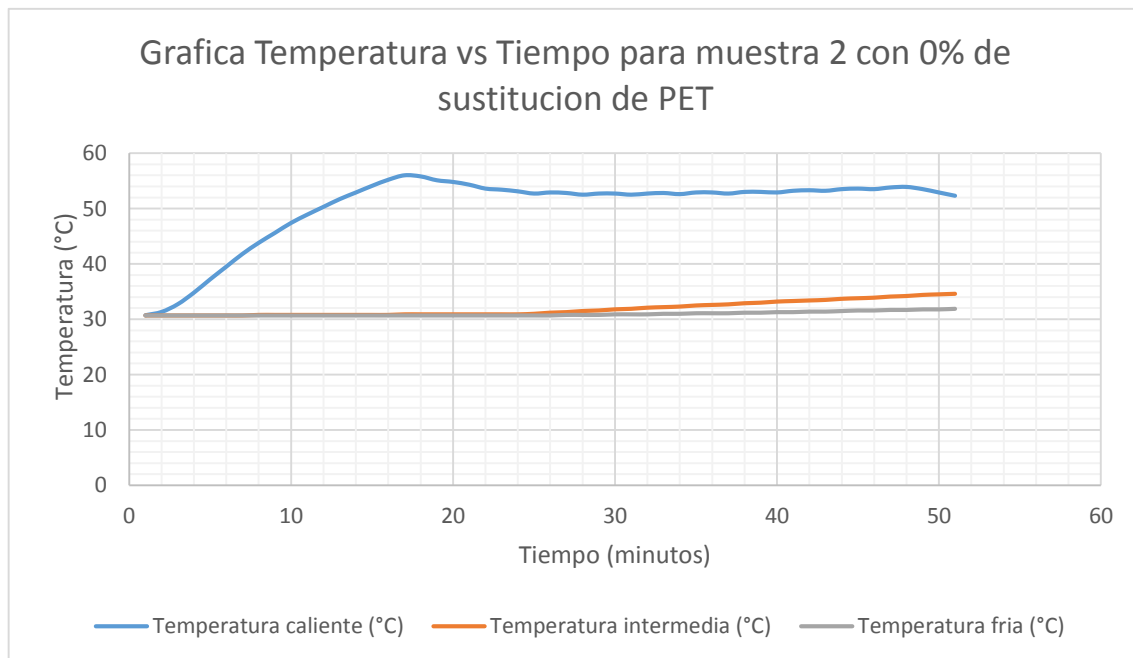
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A89: Datos de temperatura para muestra 2 de mezcla base**

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	30.7	30.7	30.7
2	31.3	30.7	30.7
3	32.7	30.7	30.7
4	34.8	30.7	30.7
5	37.2	30.7	30.7
6	39.5	30.7	30.7
7	41.8	30.7	30.7
8	43.8	30.8	30.7
9	45.6	30.8	30.7
10	47.4	30.8	30.7
11	48.9	30.8	30.7
12	50.3	30.8	30.7
13	51.7	30.8	30.7
14	52.9	30.8	30.7
15	54.1	30.8	30.7
16	55.2	30.8	30.7
17	56	30.9	30.7
18	55.8	30.9	30.7
19	55.1	30.9	30.7
20	54.8	30.9	30.7
21	54.3	30.9	30.7
22	53.6	30.9	30.7
23	53.4	30.9	30.7
24	53.1	30.9	30.7
25	52.7	31	30.7
26	52.9	31.2	30.7
27	52.8	31.3	30.8
28	52.5	31.5	30.8
29	52.7	31.6	30.8
30	52.7	31.8	30.9
31	52.5	31.9	30.9
32	52.7	32.1	30.9
33	52.8	32.2	31
34	52.6	32.3	31
35	52.9	32.5	31.1
36	52.9	32.6	31.1
37	52.7	32.7	31.1
38	53	32.9	31.2
39	53	33	31.2
40	52.9	33.2	31.3

41	53.2	33.3	31.3
42	53.3	33.4	31.4
43	53.2	33.5	31.4
44	53.5	33.7	31.5
45	53.6	33.8	31.6
46	53.5	33.9	31.6
47	53.8	34.1	31.7
48	53.9	34.2	31.7
49	53.5	34.4	31.8
50	52.9	34.5	31.8
51	52.3	34.6	31.9

**Gráfica A38:** *Temperatura vs tiempo para muestra 2 de mezcla base*



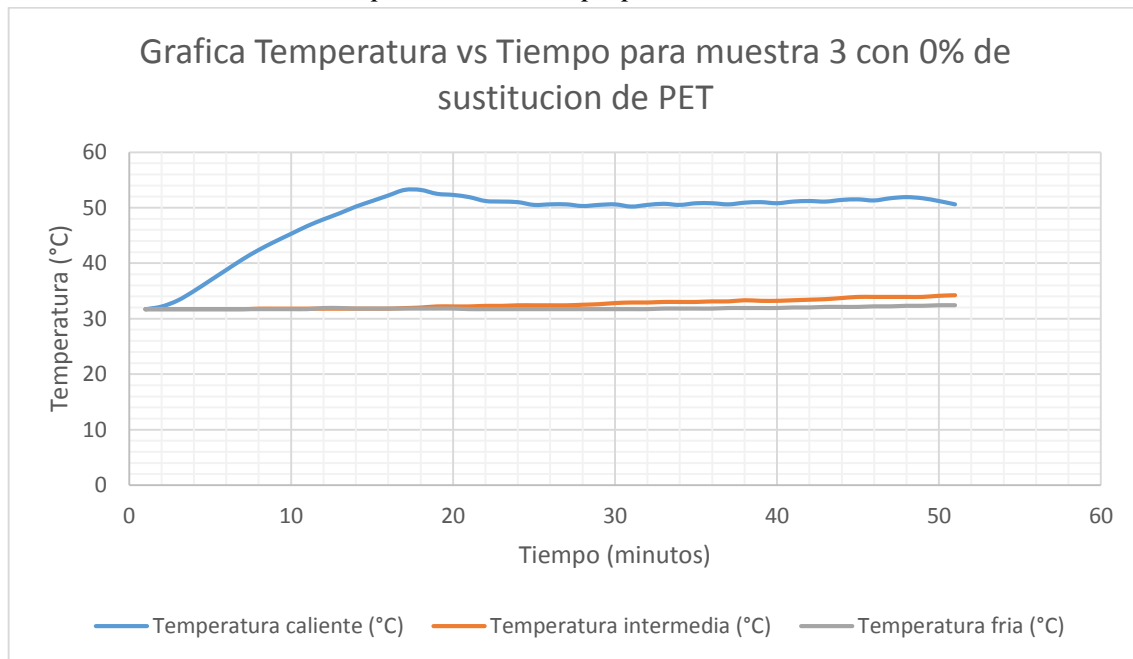
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A90: Datos de temperatura para muestra 3 de mezcla base**

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	31.7	31.7	31.7
2	32.2	31.7	31.7
3	33.3	31.7	31.7
4	35	31.7	31.7
5	36.9	31.7	31.7
6	38.8	31.7	31.7
7	40.7	31.7	31.7
8	42.4	31.8	31.7
9	43.9	31.8	31.7
10	45.3	31.8	31.7
11	46.7	31.8	31.7
12	47.9	31.8	31.9
13	49	31.8	31.9
14	50.2	31.8	31.8
15	51.2	31.8	31.8
16	52.2	31.8	31.8
17	53.2	31.9	31.8
18	53.2	32	31.8
19	52.5	32.2	31.8
20	52.3	32.2	31.8
21	51.9	32.2	31.7
22	51.2	32.3	31.7
23	51.1	32.3	31.7
24	51	32.4	31.7
25	50.5	32.4	31.7
26	50.6	32.4	31.7
27	50.6	32.4	31.7
28	50.3	32.5	31.7
29	50.5	32.6	31.7
30	50.6	32.8	31.7
31	50.2	32.9	31.7
32	50.5	32.9	31.7
33	50.7	33	31.8
34	50.5	33	31.8
35	50.8	33	31.8
36	50.8	33.1	31.8
37	50.6	33.1	31.9
38	50.9	33.3	31.9
39	51	33.2	31.9
40	50.8	33.2	31.9

41	51.1	33.3	32
42	51.2	33.4	32
43	51.1	33.5	32.1
44	51.4	33.7	32.1
45	51.5	33.9	32.1
46	51.3	33.9	32.2
47	51.7	33.9	32.2
48	51.9	33.9	32.3
49	51.7	33.9	32.3
50	51.2	34.1	32.4
51	50.6	34.2	32.4

**Gráfica A39:** *Temperatura vs tiempo para muestra 3 de mezcla base*



**Fuente:** *Elaboración propia*

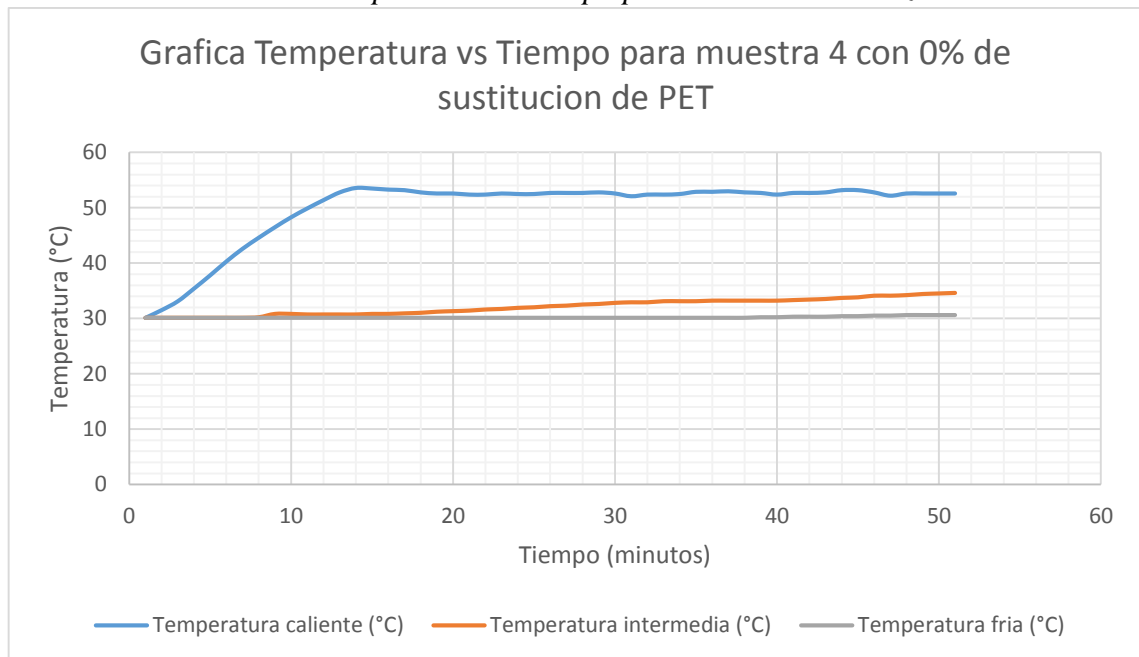


**Tabla A91: Datos de temperatura para muestra 4 de mezcla base**

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	30.1	30.1	30.1
2	31.5	30.1	30.1
3	33.1	30.1	30.1
4	35.4	30.1	30.1
5	37.8	30.1	30.1
6	40.3	30.1	30.1
7	42.6	30.1	30.1
8	44.6	30.2	30.1
9	46.5	30.8	30.1
10	48.3	30.8	30.1
11	49.9	30.7	30.1
12	51.4	30.7	30.1
13	52.8	30.7	30.1
14	53.6	30.7	30.1
15	53.5	30.8	30.1
16	53.3	30.8	30.1
17	53.2	30.9	30.1
18	52.8	31	30.1
19	52.6	31.2	30.1
20	52.6	31.3	30.1
21	52.4	31.4	30.1
22	52.4	31.6	30.1
23	52.6	31.7	30.1
24	52.5	31.9	30.1
25	52.5	32	30.1
26	52.7	32.2	30.1
27	52.7	32.3	30.1
28	52.7	32.5	30.1
29	52.8	32.6	30.1
30	52.6	32.8	30.1
31	52.1	32.9	30.1
32	52.4	32.9	30.1
33	52.4	33.1	30.1
34	52.5	33.1	30.1
35	52.9	33.1	30.1
36	52.9	33.2	30.1
37	53	33.2	30.1
38	52.8	33.2	30.1
39	52.7	33.2	30.2
40	52.4	33.2	30.2

41	52.7	33.3	30.3
42	52.7	33.4	30.3
43	52.8	33.5	30.3
44	53.2	33.7	30.4
45	53.2	33.8	30.4
46	52.8	34.1	30.5
47	52.2	34.1	30.5
48	52.6	34.2	30.6
49	52.6	34.4	30.6
50	52.6	34.5	30.6
51	52.6	34.6	30.6

**Gráfica A40:** *Temperatura vs tiempo para muestra 4 de mezcla base*



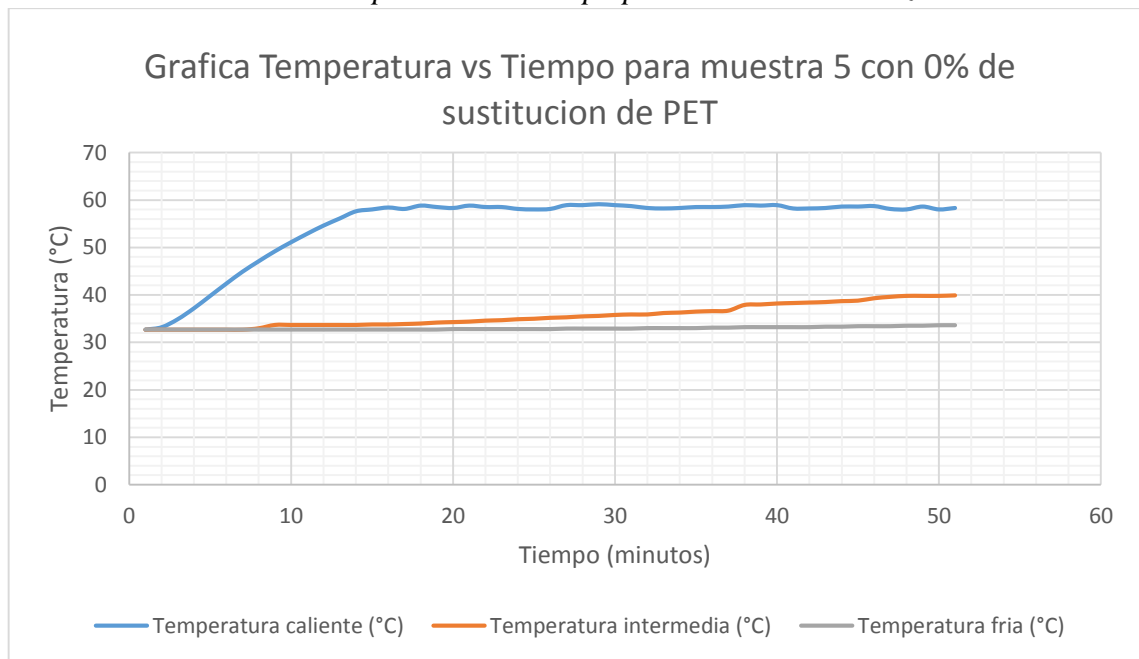
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A92: Datos de temperatura para muestra 5 de mezcla base**

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	32.7	32.7	32.7
2	33.2	32.7	32.7
3	34.9	32.7	32.7
4	37.2	32.7	32.7
5	39.8	32.7	32.7
6	42.4	32.7	32.7
7	44.9	32.7	32.7
8	47.1	33	32.7
9	49.2	33.7	32.7
10	51.1	33.7	32.7
11	52.9	33.7	32.7
12	54.6	33.7	32.7
13	56.1	33.7	32.7
14	57.6	33.7	32.7
15	58	33.8	32.7
16	58.4	33.8	32.7
17	58.1	33.9	32.7
18	58.8	34	32.7
19	58.5	34.2	32.7
20	58.3	34.3	32.8
21	58.8	34.4	32.8
22	58.5	34.6	32.8
23	58.5	34.7	32.8
24	58.1	34.9	32.8
25	58	35	32.8
26	58.1	35.2	32.8
27	58.9	35.3	32.9
28	58.9	35.5	32.9
29	59.1	35.6	32.9
30	58.9	35.8	32.9
31	58.7	35.9	32.9
32	58.3	35.9	33
33	58.2	36.2	33
34	58.3	36.3	33
35	58.5	36.5	33
36	58.5	36.6	33.1
37	58.6	36.7	33.1
38	58.9	37.9	33.2
39	58.8	38	33.2
40	58.9	38.2	33.2

41	58.2	38.3	33.2
42	58.2	38.4	33.2
43	58.3	38.5	33.3
44	58.6	38.7	33.3
45	58.6	38.8	33.4
46	58.7	39.3	33.4
47	58.1	39.6	33.4
48	58	39.8	33.5
49	58.6	39.8	33.5
50	58	39.8	33.6
51	58.3	39.9	33.6

**Gráfica A41:** *Temperatura vs tiempo para muestra 5 de mezcla base*

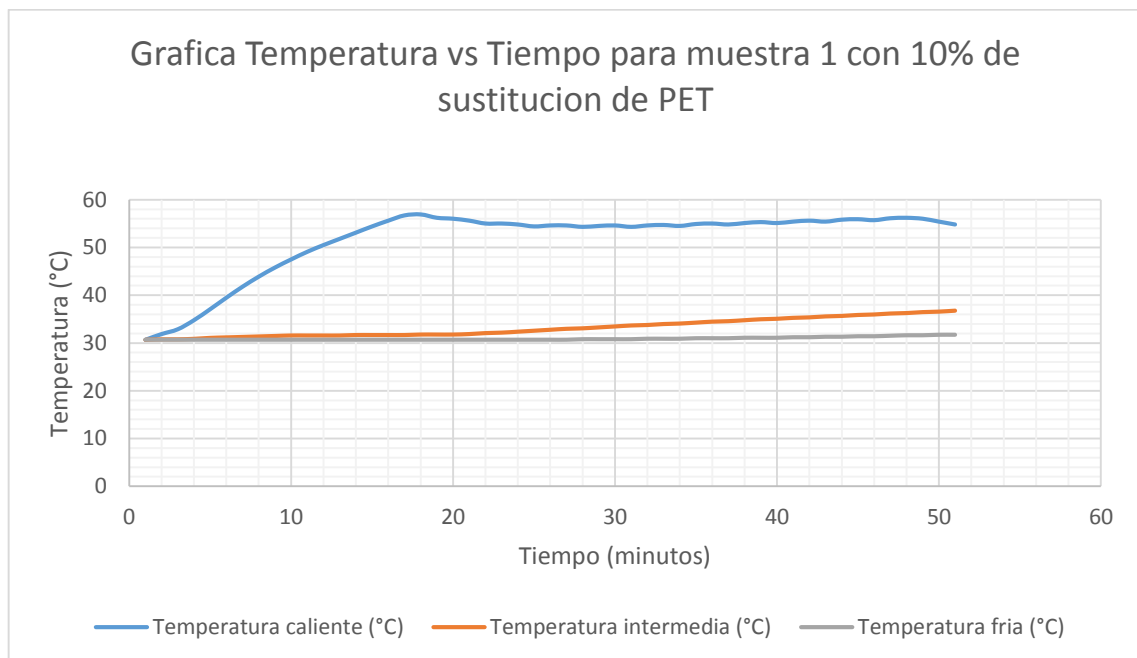


**Tabla A93:** Datos de temperatura para muestra 1 de mezcla con 10% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	30.7	30.7	30.7
2	31.9	30.8	30.7
3	32.9	30.8	30.7
4	34.8	30.9	30.7
5	37.1	31.1	30.7
6	39.5	31.2	30.7
7	41.8	31.3	30.7
8	43.9	31.4	30.7
9	45.8	31.5	30.7
10	47.5	31.6	30.7
11	49.1	31.6	30.7
12	50.5	31.6	30.7
13	51.8	31.6	30.7
14	53.1	31.7	30.7
15	54.4	31.7	30.7
16	55.6	31.7	30.7
17	56.7	31.7	30.7
18	56.9	31.8	30.7
19	56.2	31.8	30.7
20	56	31.8	30.7
21	55.6	31.9	30.7
22	55	32.1	30.7
23	55	32.2	30.7
24	54.8	32.4	30.7
25	54.4	32.6	30.7
26	54.6	32.8	30.7
27	54.6	33	30.7
28	54.3	33.1	30.8
29	54.5	33.3	30.8
30	54.6	33.5	30.8
31	54.3	33.7	30.8
32	54.6	33.8	30.9
33	54.7	34	30.9
34	54.5	34.1	30.9
35	54.9	34.3	31
36	55	34.5	31
37	54.8	34.6	31
38	55.1	34.8	31.1
39	55.3	35	31.1

40	55.1	35.1	31.1
41	55.4	35.3	31.2
42	55.6	35.4	31.2
43	55.4	35.6	31.3
44	55.8	35.7	31.3
45	55.9	35.9	31.4
46	55.7	36	31.4
47	56.1	36.2	31.5
48	56.2	36.3	31.6
49	56	36.5	31.6
50	55.4	36.6	31.7
51	54.8	36.8	31.7

**Gráfica A42:** *Temperatura vs tiempo para muestra 1 de mezcla con 10% de sustitución de PET*



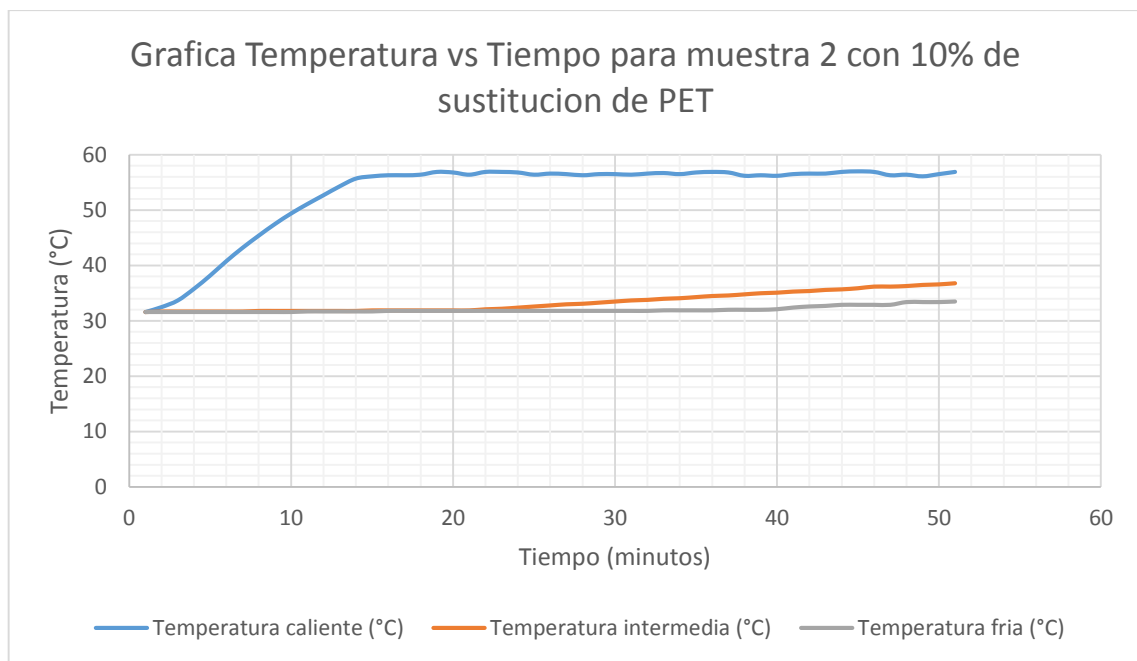
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A94:** Datos de temperatura para muestra 2 de mezcla con 10% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	31.6	31.6	31.6
2	32.5	31.7	31.6
3	33.7	31.7	31.6
4	35.8	31.7	31.6
5	38.2	31.7	31.6
6	40.8	31.7	31.6
7	43.2	31.7	31.6
8	45.4	31.8	31.6
9	47.5	31.8	31.6
10	49.4	31.8	31.6
11	51.1	31.8	31.7
12	52.7	31.8	31.7
13	54.3	31.8	31.7
14	55.7	31.8	31.7
15	56.1	31.9	31.7
16	56.3	31.9	31.8
17	56.3	31.9	31.8
18	56.4	31.9	31.8
19	56.9	31.9	31.8
20	56.8	31.9	31.8
21	56.4	31.9	31.8
22	56.9	32.1	31.8
23	56.9	32.2	31.8
24	56.8	32.4	31.8
25	56.4	32.6	31.8
26	56.6	32.8	31.8
27	56.5	33	31.8
28	56.3	33.1	31.8
29	56.5	33.3	31.8
30	56.5	33.5	31.8
31	56.4	33.7	31.8
32	56.6	33.8	31.8
33	56.7	34	31.9
34	56.5	34.1	31.9
35	56.8	34.3	31.9
36	56.9	34.5	31.9
37	56.8	34.6	32
38	56.2	34.8	32

39	56.3	35	32
40	56.2	35.1	32.1
41	56.5	35.3	32.4
42	56.6	35.4	32.6
43	56.6	35.6	32.7
44	56.9	35.7	32.9
45	57	35.9	32.9
46	56.9	36.2	32.9
47	56.3	36.2	32.9
48	56.4	36.3	33.4
49	56.1	36.5	33.4
50	56.5	36.6	33.4
51	56.9	36.8	33.5

**Gráfica A43:** *Temperatura vs tiempo para muestra 2 de mezcla con 10% de sustitución de PET*



**Fuente:** *Elaboración propia*

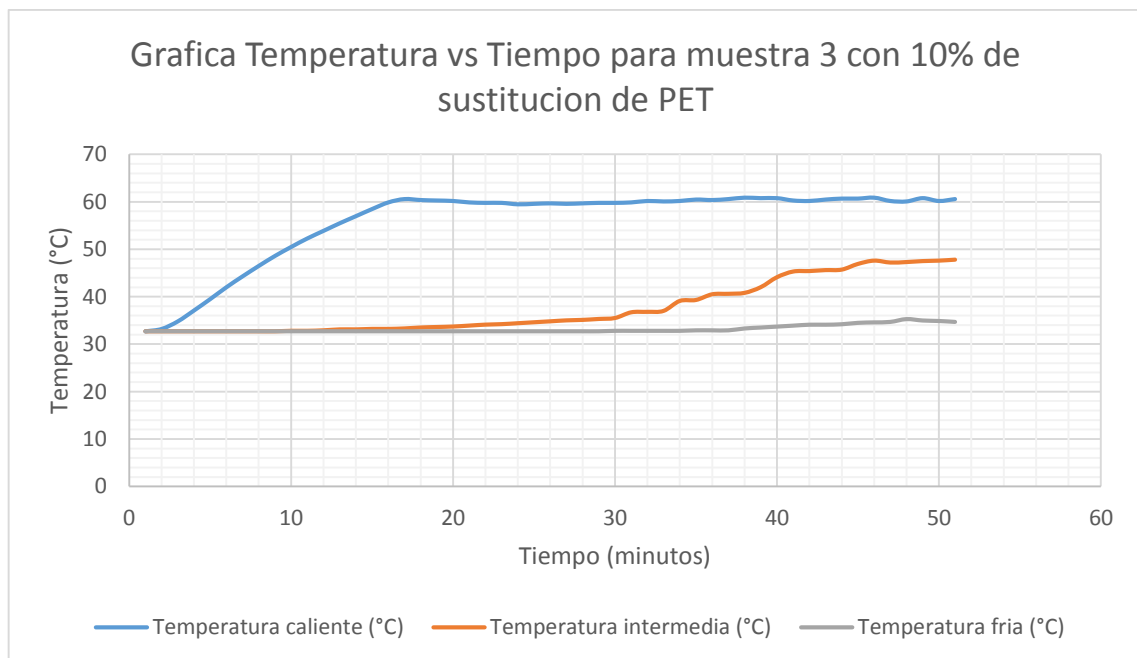


**Tabla A95:** Datos de temperatura para muestra 3 de mezcla con 10% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	32.7	32.7	32.7
2	33.2	32.7	32.7
3	34.8	32.7	32.7
4	37.1	32.7	32.7
5	39.5	32.7	32.7
6	42	32.7	32.7
7	44.3	32.7	32.7
8	46.5	32.7	32.7
9	48.6	32.7	32.7
10	50.5	32.8	32.7
11	52.3	32.8	32.7
12	53.9	32.9	32.7
13	55.5	33.1	32.7
14	57	33.1	32.7
15	58.5	33.2	32.7
16	59.9	33.2	32.7
17	60.6	33.3	32.7
18	60.4	33.5	32.7
19	60.3	33.6	32.7
20	60.2	33.7	32.7
21	59.9	33.9	32.7
22	59.8	34.1	32.7
23	59.8	34.2	32.7
24	59.5	34.4	32.7
25	59.6	34.6	32.7
26	59.7	34.8	32.7
27	59.6	35	32.7
28	59.7	35.1	32.7
29	59.8	35.3	32.7
30	59.8	35.5	32.8
31	59.9	36.7	32.8
32	60.2	36.8	32.8
33	60.1	37	32.8
34	60.2	39.1	32.8
35	60.5	39.3	32.9
36	60.4	40.5	32.9
37	60.6	40.6	32.9

38	60.9	40.8	33.3
39	60.8	42	33.5
40	60.8	44.1	33.7
41	60.3	45.3	33.9
42	60.2	45.4	34.1
43	60.5	45.6	34.1
44	60.7	45.7	34.2
45	60.7	46.9	34.5
46	60.9	47.6	34.6
47	60.2	47.2	34.7
48	60.1	47.3	35.3
49	60.8	47.5	35
50	60.2	47.6	34.9
51	60.6	47.8	34.7

**Gráfica A44:** *Temperatura vs tiempo para muestra 3 de mezcla con 10% de sustitución de PET*



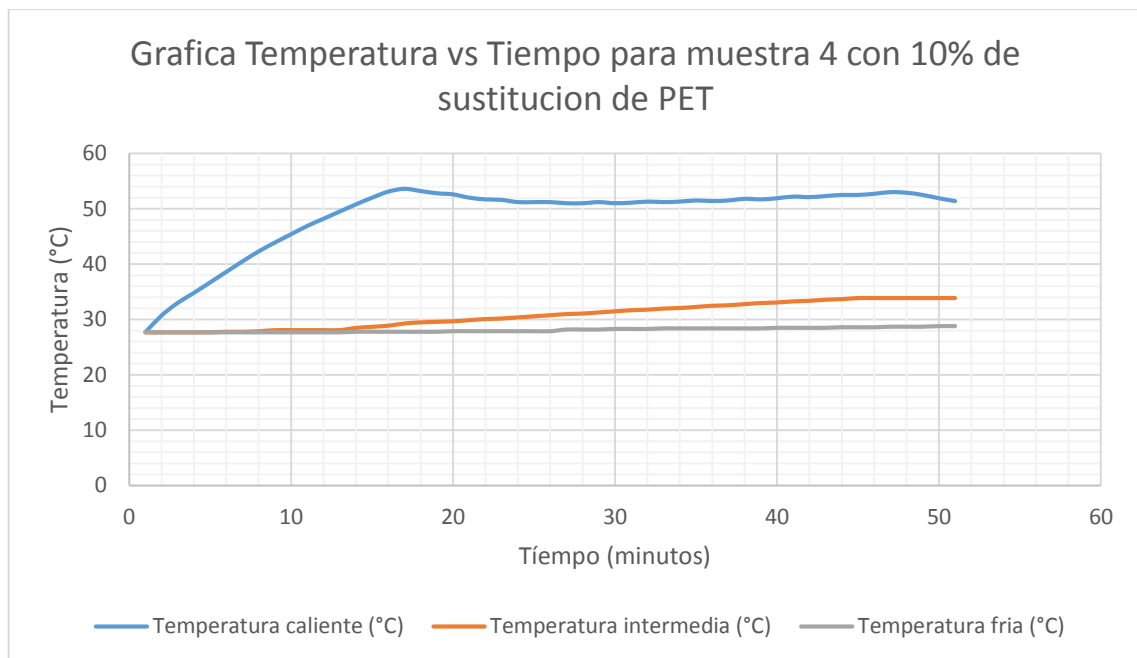
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A96:** Datos de temperatura para muestra 4 de mezcla con 10% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	27.7	27.7	27.7
2	30.7	27.7	27.7
3	33	27.7	27.7
4	34.8	27.7	27.7
5	36.7	27.7	27.7
6	38.6	27.8	27.7
7	40.5	27.8	27.7
8	42.3	27.9	27.7
9	43.9	28.1	27.7
10	45.4	28.1	27.7
11	46.9	28.1	27.7
12	48.2	28.1	27.7
13	49.5	28.1	27.7
14	50.8	28.5	27.8
15	52	28.7	27.8
16	53.1	28.9	27.8
17	53.6	29.3	27.8
18	53.2	29.5	27.8
19	52.8	29.6	27.8
20	52.6	29.7	27.9
21	52	29.9	27.9
22	51.7	30.1	27.9
23	51.6	30.2	27.9
24	51.2	30.4	27.9
25	51.2	30.6	27.9
26	51.2	30.8	27.9
27	51	31	28.2
28	51	31.1	28.2
29	51.2	31.3	28.2
30	51	31.5	28.3
31	51.1	31.7	28.3
32	51.3	31.8	28.3
33	51.2	32	28.4
34	51.3	32.1	28.4
35	51.5	32.3	28.4
36	51.4	32.5	28.4
37	51.5	32.6	28.4
38	51.8	32.8	28.4
39	51.7	33	28.4

40	51.9	33.1	28.5
41	52.2	33.3	28.5
42	52.1	33.4	28.5
43	52.3	33.6	28.5
44	52.5	33.7	28.6
45	52.5	33.9	28.6
46	52.7	33.9	28.6
47	53	33.9	28.7
48	52.9	33.9	28.7
49	52.5	33.9	28.7
50	51.9	33.9	28.8
51	51.4	33.9	28.8

**Gráfica A45:** *Temperatura vs tiempo para muestra 4 de mezcla con 10% de sustitución de PET*



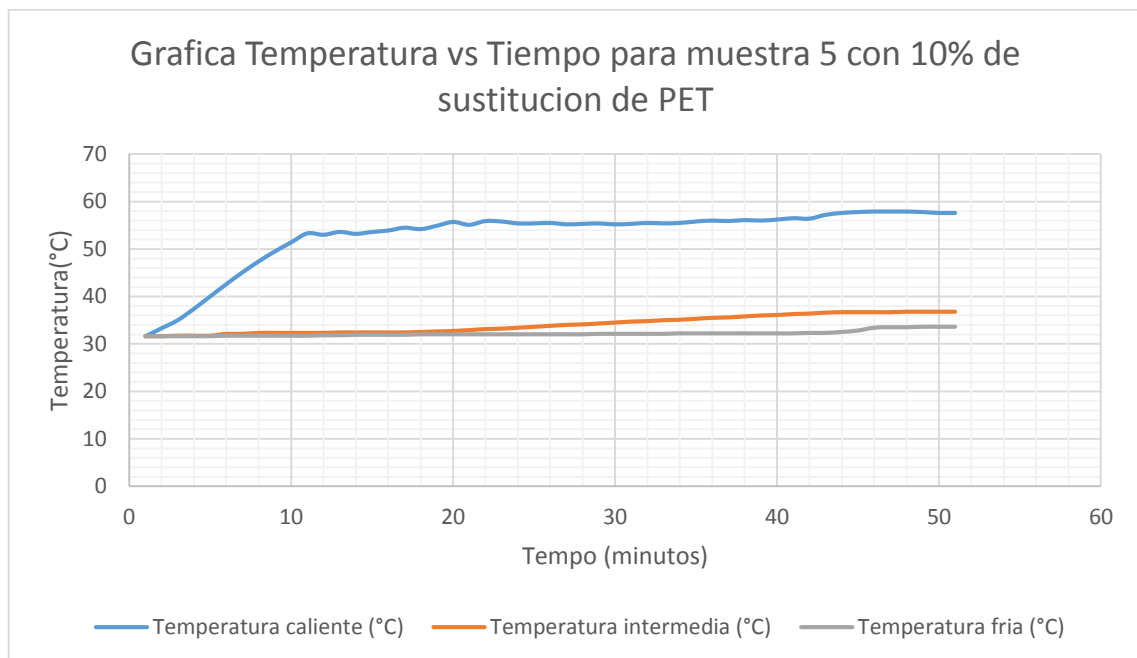
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A97:** Datos de temperatura para muestra 5 de mezcla con 10% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	31.6	31.6	31.6
2	33.3	31.6	31.6
3	35	31.7	31.6
4	37.4	31.7	31.6
5	40	31.7	31.6
6	42.6	32.1	31.7
7	45.1	32.1	31.7
8	47.4	32.3	31.7
9	49.5	32.3	31.7
10	51.4	32.3	31.7
11	53.3	32.3	31.7
12	53	32.3	31.8
13	53.6	32.4	31.8
14	53.2	32.4	31.9
15	53.6	32.4	31.9
16	53.9	32.4	31.9
17	54.5	32.4	31.9
18	54.2	32.5	32
19	54.9	32.6	32
20	55.7	32.7	32
21	55.1	32.9	32
22	55.9	33.1	32
23	55.8	33.2	32
24	55.4	33.4	32
25	55.4	33.6	32
26	55.5	33.8	32
27	55.2	34	32
28	55.3	34.1	32
29	55.4	34.3	32.1
30	55.2	34.5	32.1
31	55.3	34.7	32.1
32	55.5	34.8	32.1
33	55.4	35	32.1
34	55.5	35.1	32.2
35	55.8	35.3	32.2
36	56	35.5	32.2
37	55.9	35.6	32.2
38	56.1	35.8	32.2
39	56	36	32.2

40	56.2	36.1	32.2
41	56.5	36.3	32.2
42	56.4	36.4	32.3
43	57.2	36.6	32.3
44	57.6	36.7	32.5
45	57.8	36.7	32.8
46	57.9	36.7	33.4
47	57.9	36.7	33.5
48	57.9	36.8	33.5
49	57.8	36.8	33.6
50	57.6	36.8	33.6
51	57.6	36.8	33.6

**Gráfica A46:** *Temperatura vs tiempo para muestra 5 de mezcla con 10% de sustitución de PET*



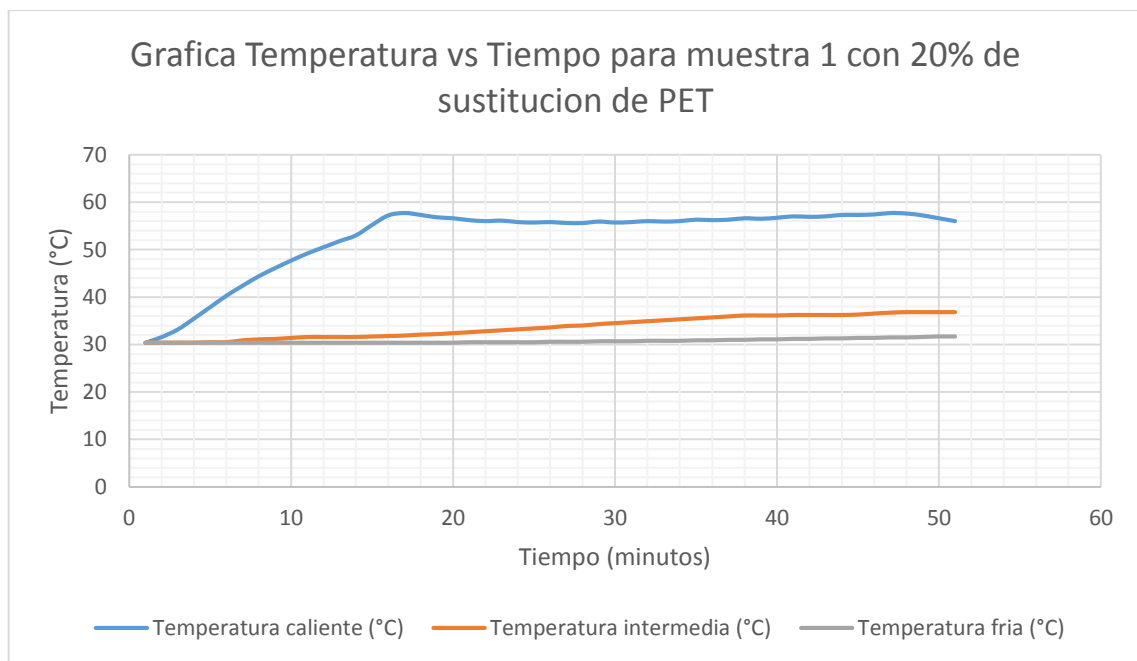
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A98:** Datos de temperatura para muestra 1 de mezcla con 20% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	30.4	30.4	30.4
2	31.6	30.4	30.4
3	33.2	30.4	30.4
4	35.5	30.4	30.4
5	37.9	30.5	30.4
6	40.3	30.5	30.4
7	42.4	30.9	30.4
8	44.4	31.1	30.4
9	46.1	31.2	30.4
10	47.7	31.4	30.4
11	49.2	31.6	30.4
12	50.5	31.6	30.4
13	51.8	31.6	30.4
14	53	31.6	30.4
15	55.2	31.7	30.4
16	57.2	31.8	30.4
17	57.7	31.9	30.4
18	57.3	32.1	30.4
19	56.8	32.2	30.4
20	56.6	32.4	30.4
21	56.2	32.6	30.5
22	56	32.8	30.5
23	56.1	33	30.5
24	55.8	33.2	30.5
25	55.7	33.4	30.5
26	55.8	33.6	30.6
27	55.6	33.9	30.6
28	55.6	34	30.6
29	55.9	34.3	30.7
30	55.7	34.5	30.7
31	55.8	34.7	30.7
32	56	34.9	30.8
33	55.9	35.1	30.8
34	56	35.3	30.8
35	56.3	35.5	30.9
36	56.2	35.7	30.9
37	56.3	35.9	31
38	56.6	36.1	31

39	56.5	36.1	31.1
40	56.7	36.1	31.1
41	57	36.2	31.2
42	56.9	36.2	31.2
43	57	36.2	31.3
44	57.3	36.2	31.3
45	57.3	36.3	31.4
46	57.4	36.5	31.4
47	57.7	36.7	31.5
48	57.6	36.8	31.5
49	57.2	36.8	31.6
50	56.6	36.8	31.7
51	56	36.8	31.7

**Gráfica A47:** *Temperatura vs tiempo para muestra 1 de mezcla con 20% de sustitución de PET*



**Fuente:** *Elaboración propia*

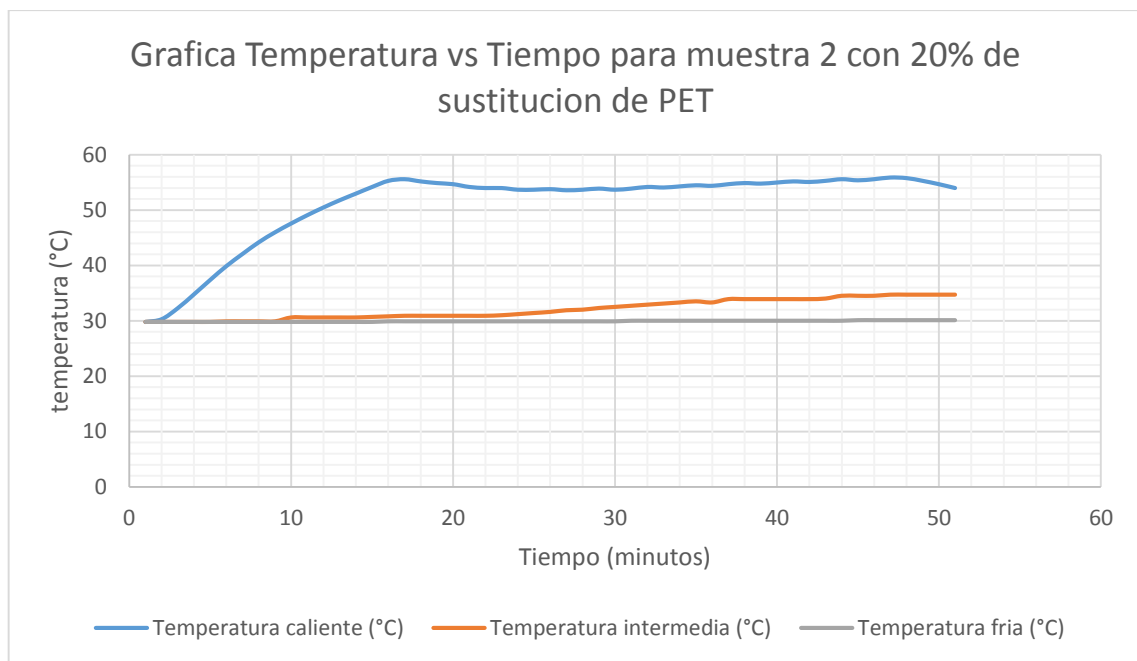


**Tabla A99:** Datos de temperatura para muestra 2 de mezcla con 20% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	29.8	29.8	29.8
2	30.3	29.8	29.8
3	32.3	29.8	29.8
4	34.8	29.8	29.8
5	37.4	29.8	29.8
6	39.9	29.9	29.8
7	42.1	29.9	29.8
8	44.2	29.9	29.8
9	46	29.9	29.8
10	47.6	30.6	29.8
11	49.1	30.6	29.8
12	50.5	30.6	29.8
13	51.8	30.6	29.8
14	53	30.6	29.8
15	54.2	30.7	29.8
16	55.3	30.8	29.9
17	55.6	30.9	29.9
18	55.2	30.9	29.9
19	54.9	30.9	29.9
20	54.7	30.9	29.9
21	54.2	30.9	29.9
22	54	30.9	29.9
23	54	31	29.9
24	53.7	31.2	29.9
25	53.7	31.4	29.9
26	53.8	31.6	29.9
27	53.6	31.9	29.9
28	53.7	32	29.9
29	53.9	32.3	29.9
30	53.7	32.5	29.9
31	53.9	32.7	30
32	54.2	32.9	30
33	54.1	33.1	30
34	54.3	33.3	30
35	54.5	33.5	30
36	54.4	33.3	30
37	54.7	33.9	30
38	54.9	33.9	30

39	54.8	33.9	30
40	55	33.9	30
41	55.2	33.9	30
42	55.1	33.9	30
43	55.3	34	30
44	55.6	34.5	30
45	55.4	34.5	30.1
46	55.6	34.5	30.1
47	55.9	34.7	30.1
48	55.8	34.7	30.1
49	55.3	34.7	30.1
50	54.7	34.7	30.1
51	54	34.7	30.1

**Gráfica A48:** *Temperatura vs tiempo para muestra 2 de mezcla con 20% de sustitución de PET*



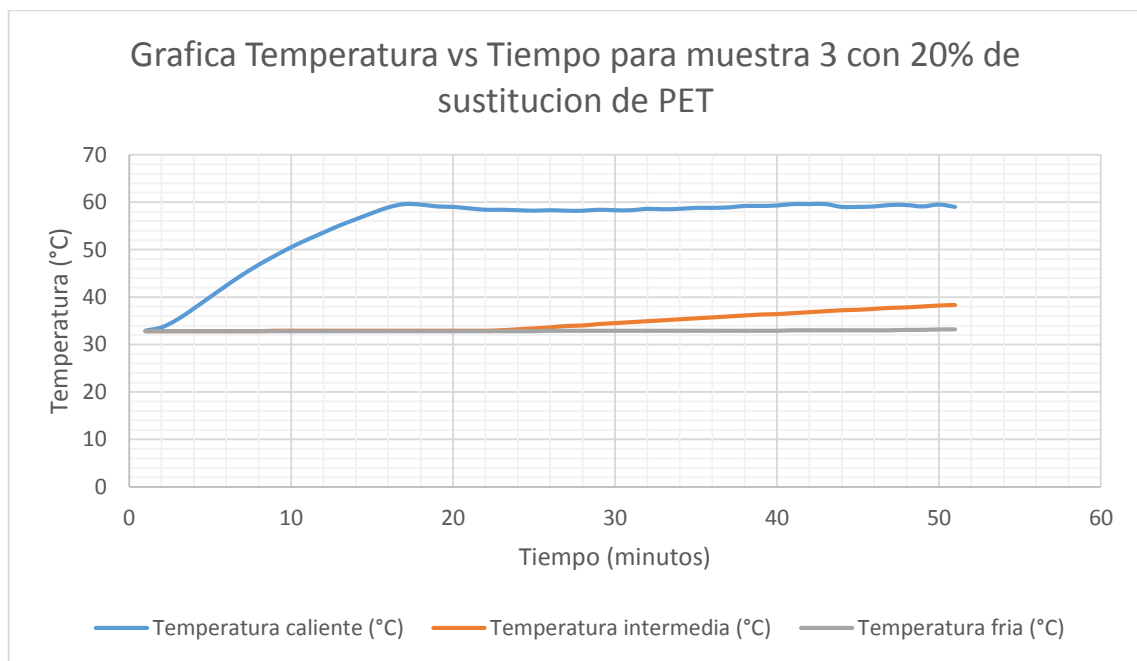
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A100:** Datos de temperatura para muestra 3 de mezcla con 20% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	32.9	32.8	32.8
2	33.6	32.8	32.8
3	35.3	32.8	32.8
4	37.6	32.8	32.8
5	40	32.8	32.8
6	42.4	32.8	32.8
7	44.7	32.8	32.8
8	46.8	32.8	32.8
9	48.7	32.9	32.8
10	50.5	32.9	32.8
11	52.1	32.9	32.8
12	53.6	32.9	32.8
13	55.1	32.9	32.8
14	56.4	32.9	32.8
15	57.7	32.9	32.8
16	58.9	32.9	32.8
17	59.6	32.9	32.8
18	59.5	32.9	32.8
19	59.1	32.9	32.8
20	59	32.9	32.8
21	58.7	32.9	32.8
22	58.4	32.9	32.8
23	58.4	33	32.8
24	58.3	33.2	32.8
25	58.2	33.4	32.8
26	58.3	33.6	32.9
27	58.2	33.9	32.9
28	58.2	34	32.9
29	58.4	34.3	32.9
30	58.3	34.5	32.9
31	58.3	34.7	32.9
32	58.6	34.9	32.9
33	58.5	35.1	32.9
34	58.6	35.3	32.9
35	58.8	35.5	32.9
36	58.8	35.7	32.9
37	58.9	35.9	32.9
38	59.2	36.1	32.9

39	59.2	36.3	32.9
40	59.3	36.4	32.9
41	59.6	36.6	33
42	59.6	36.8	33
43	59.6	37	33
44	59	37.2	33
45	59	37.3	33
46	59.1	37.5	33
47	59.4	37.7	33
48	59.4	37.8	33.1
49	59.1	38	33.1
50	59.5	38.2	33.2
51	59	38.3	33.2

**Gráfica A49:** *Temperatura vs tiempo para muestra 3 de mezcla con 20% de sustitución de PET*



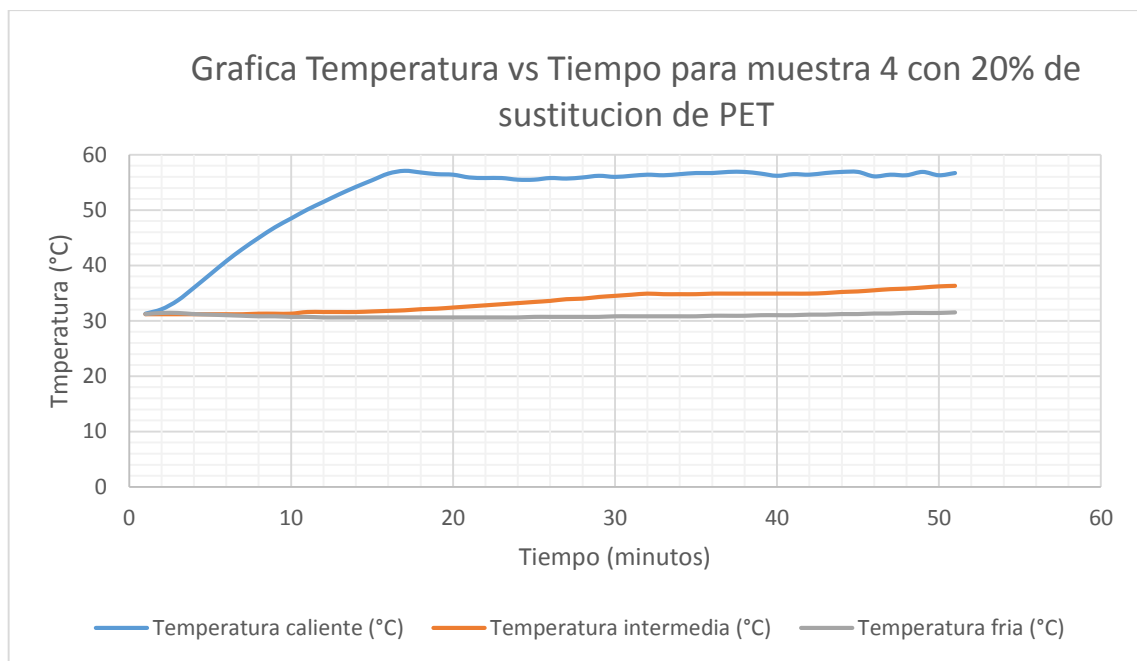
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A101:** Datos de temperatura para muestra 4 de mezcla con 20% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	31.3	31.2	31.2
2	32.1	31.2	31.4
3	33.7	31.2	31.4
4	36	31.2	31.2
5	38.4	31.2	31.1
6	40.8	31.2	31
7	43	31.2	30.9
8	45	31.3	30.8
9	46.9	31.3	30.8
10	48.5	31.3	30.7
11	50.1	31.6	30.7
12	51.5	31.6	30.6
13	52.9	31.6	30.6
14	54.2	31.6	30.6
15	55.4	31.7	30.6
16	56.6	31.8	30.6
17	57.1	31.9	30.6
18	56.8	32.1	30.6
19	56.5	32.2	30.6
20	56.4	32.4	30.6
21	55.9	32.6	30.6
22	55.8	32.8	30.6
23	55.8	33	30.6
24	55.5	33.2	30.6
25	55.5	33.4	30.7
26	55.8	33.6	30.7
27	55.7	33.9	30.7
28	55.9	34	30.7
29	56.2	34.3	30.7
30	56	34.5	30.8
31	56.2	34.7	30.8
32	56.4	34.9	30.8
33	56.3	34.8	30.8
34	56.5	34.8	30.8
35	56.7	34.8	30.8
36	56.7	34.9	30.9
37	56.9	34.9	30.9
38	56.9	34.9	30.9

39	56.6	34.9	31
40	56.2	34.9	31
41	56.5	34.9	31
42	56.4	34.9	31.1
43	56.7	35	31.1
44	56.9	35.2	31.2
45	56.9	35.3	31.2
46	56.1	35.5	31.3
47	56.4	35.7	31.3
48	56.3	35.8	31.4
49	56.9	36	31.4
50	56.3	36.2	31.4
51	56.7	36.3	31.5

**Gráfica A50:** *Temperatura vs tiempo para muestra 4 de mezcla con 20% de sustitución de PET*



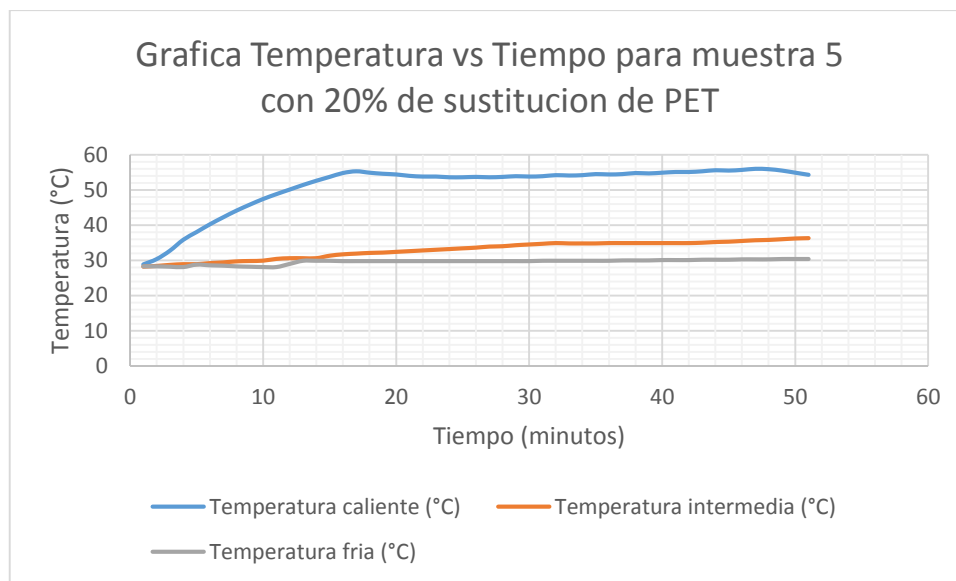
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A102:** Datos de temperatura para muestra 5 de mezcla con 20% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	28.8	28.2	28.3
2	30.3	28.4	28.3
3	32.7	28.7	28.2
4	35.8	28.9	28.1
5	38	28.9	28.8
6	40.2	29.2	28.6
7	42.2	29.4	28.5
8	44.1	29.7	28.3
9	45.8	29.8	28.2
10	47.4	29.9	28.1
11	48.8	30.4	28.1
12	50.1	30.6	29
13	51.4	30.6	29.9
14	52.6	30.6	29.9
15	53.7	31.3	29.9
16	54.8	31.7	29.8
17	55.3	31.9	29.8
18	54.9	32.1	29.8
19	54.6	32.2	29.8
20	54.4	32.4	29.8
21	54	32.6	29.8
22	53.8	32.8	29.8
23	53.8	33	29.8
24	53.6	33.2	29.8
25	53.6	33.4	29.8
26	53.7	33.6	29.8
27	53.6	33.9	29.8
28	53.7	34	29.8
29	53.9	34.3	29.8
30	53.8	34.5	29.8
31	53.9	34.7	29.9
32	54.2	34.9	29.9
33	54.1	34.8	29.9
34	54.2	34.8	29.9
35	54.5	34.8	29.9
36	54.4	34.9	29.9
37	54.5	34.9	30
38	54.8	34.9	30

39	54.7	34.9	30
40	54.9	34.9	30.1
41	55.1	34.9	30.1
42	55.1	34.9	30.1
43	55.3	35	30.2
44	55.6	35.2	30.2
45	55.5	35.3	30.2
46	55.7	35.5	30.3
47	56	35.7	30.3
48	55.9	35.8	30.3
49	55.5	36	30.4
50	54.9	36.2	30.4
51	54.3	36.3	30.4

**Gráfica A51:** *Temperatura vs tiempo para muestra 5 de mezcla con 20% de sustitución de PET*



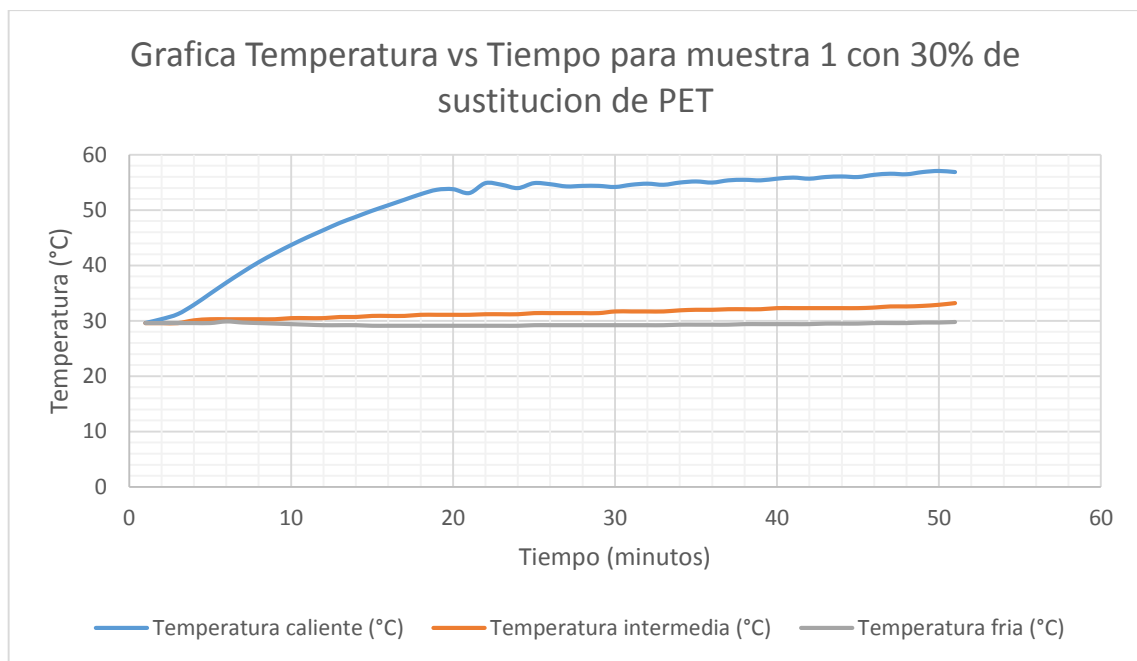


**Tabla A103:** Datos de temperatura para muestra 1 de mezcla con 30% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	29.6	29.6	29.6
2	30.3	29.6	29.6
3	31.2	29.6	29.6
4	32.9	30.1	29.6
5	34.9	30.3	29.6
6	36.9	30.3	29.9
7	38.8	30.3	29.7
8	40.6	30.3	29.6
9	42.2	30.3	29.5
10	43.7	30.5	29.4
11	45.1	30.5	29.3
12	46.4	30.5	29.2
13	47.7	30.7	29.2
14	48.8	30.7	29.2
15	49.9	30.9	29.1
16	50.9	30.9	29.1
17	51.9	30.9	29.1
18	52.9	31.1	29.1
19	53.7	31.1	29.1
20	53.8	31.1	29.1
21	53.1	31.1	29.1
22	54.9	31.2	29.1
23	54.6	31.2	29.1
24	54	31.2	29.1
25	54.9	31.4	29.2
26	54.7	31.4	29.2
27	54.3	31.4	29.2
28	54.4	31.4	29.2
29	54.4	31.4	29.2
30	54.2	31.7	29.2
31	54.6	31.7	29.2
32	54.8	31.7	29.2
33	54.6	31.7	29.2
34	55	31.9	29.3
35	55.2	32	29.3
36	55	32	29.3
37	55.4	32.1	29.3
38	55.5	32.1	29.4

39	55.4	32.1	29.4
40	55.7	32.3	29.4
41	55.9	32.3	29.4
42	55.7	32.3	29.4
43	56	32.3	29.5
44	56.1	32.3	29.5
45	56	32.3	29.5
46	56.4	32.4	29.6
47	56.6	32.6	29.6
48	56.5	32.6	29.6
49	56.9	32.7	29.7
50	57.1	32.9	29.7
51	56.9	33.2	29.8

**Gráfica A52:** *Temperatura vs tiempo para muestra 1 de mezcla con 30% de sustitución de PET*



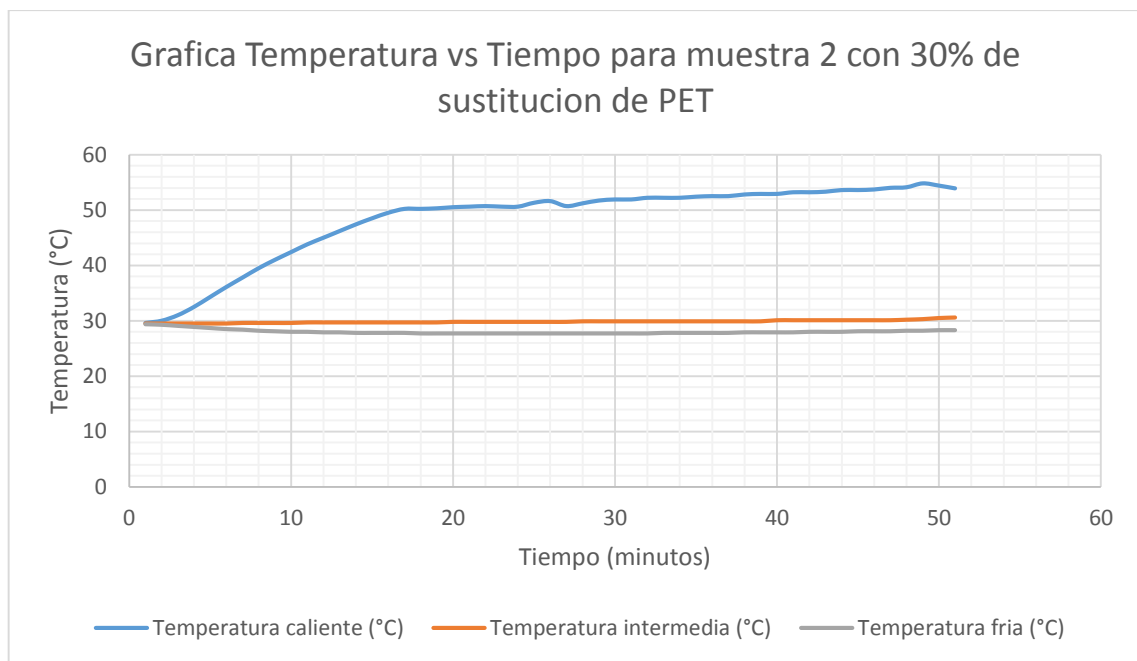
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A104:** Datos de temperatura para muestra 2 de mezcla con 30% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	29.6	29.5	29.4
2	30	29.5	29.3
3	31	29.5	29.1
4	32.5	29.5	28.9
5	34.3	29.5	28.7
6	36.1	29.5	28.5
7	37.8	29.6	28.4
8	39.5	29.6	28.2
9	41	29.6	28.1
10	42.4	29.6	28
11	43.8	29.7	28
12	45	29.7	27.9
13	46.2	29.7	27.9
14	47.4	29.7	27.8
15	48.5	29.7	27.8
16	49.5	29.7	27.8
17	50.2	29.7	27.8
18	50.2	29.7	27.7
19	50.3	29.7	27.7
20	50.5	29.8	27.7
21	50.6	29.8	27.7
22	50.7	29.8	27.7
23	50.6	29.8	27.7
24	50.6	29.8	27.7
25	51.3	29.8	27.7
26	51.6	29.8	27.7
27	50.7	29.8	27.7
28	51.2	29.9	27.7
29	51.7	29.9	27.7
30	51.9	29.9	27.7
31	51.9	29.9	27.7
32	52.2	29.9	27.7
33	52.2	29.9	27.8
34	52.2	29.9	27.8
35	52.4	29.9	27.8
36	52.5	29.9	27.8
37	52.5	29.9	27.8
38	52.8	29.9	27.9

39	52.9	29.9	27.9
40	52.9	30.1	27.9
41	53.2	30.1	27.9
42	53.2	30.1	28
43	53.3	30.1	28
44	53.6	30.1	28
45	53.6	30.1	28.1
46	53.7	30.1	28.1
47	54	30.1	28.1
48	54.1	30.2	28.2
49	54.8	30.3	28.2
50	54.4	30.5	28.3
51	53.9	30.6	28.3

**Gráfica A53:** *Temperatura vs tiempo para muestra 2 de mezcla con 30% de sustitución de PET*



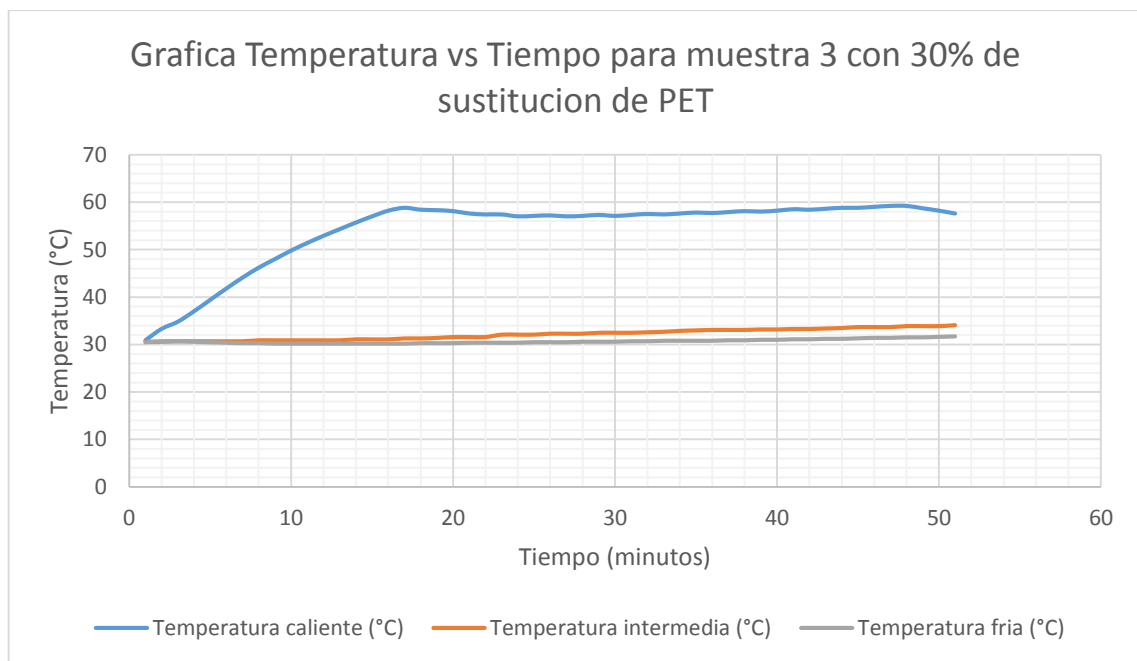
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A105:** Datos de temperatura para muestra 3 de mezcla con 30% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	30.9	30.6	30.5
2	33.3	30.6	30.7
3	34.8	30.7	30.7
4	37	30.7	30.6
5	39.4	30.7	30.5
6	41.8	30.7	30.4
7	44.1	30.7	30.3
8	46.2	30.9	30.3
9	48	30.9	30.2
10	49.8	30.9	30.2
11	51.4	30.9	30.2
12	52.9	30.9	30.2
13	54.3	30.9	30.2
14	55.7	31.1	30.2
15	57	31.1	30.2
16	58.2	31.1	30.2
17	58.8	31.3	30.2
18	58.4	31.3	30.3
19	58.3	31.4	30.3
20	58.1	31.6	30.3
21	57.6	31.6	30.4
22	57.4	31.6	30.4
23	57.4	32.1	30.4
24	57	32.1	30.4
25	57.1	32.1	30.5
26	57.2	32.3	30.5
27	57	32.3	30.5
28	57.1	32.3	30.6
29	57.3	32.5	30.6
30	57.1	32.5	30.6
31	57.3	32.5	30.7
32	57.5	32.6	30.7
33	57.4	32.7	30.8
34	57.6	32.9	30.8
35	57.8	33	30.8
36	57.7	33.1	30.8
37	57.9	33.1	30.9
38	58.1	33.1	30.9

39	58	33.2	31
40	58.2	33.2	31
41	58.5	33.3	31.1
42	58.4	33.3	31.1
43	58.6	33.4	31.2
44	58.8	33.5	31.2
45	58.8	33.7	31.3
46	59	33.7	31.4
47	59.2	33.7	31.4
48	59.2	33.9	31.5
49	58.7	33.9	31.5
50	58.2	33.9	31.6
51	57.6	34.1	31.7

**Gráfica A54:** *Temperatura vs tiempo para muestra 3 de mezcla con 30% de sustitución de PET*



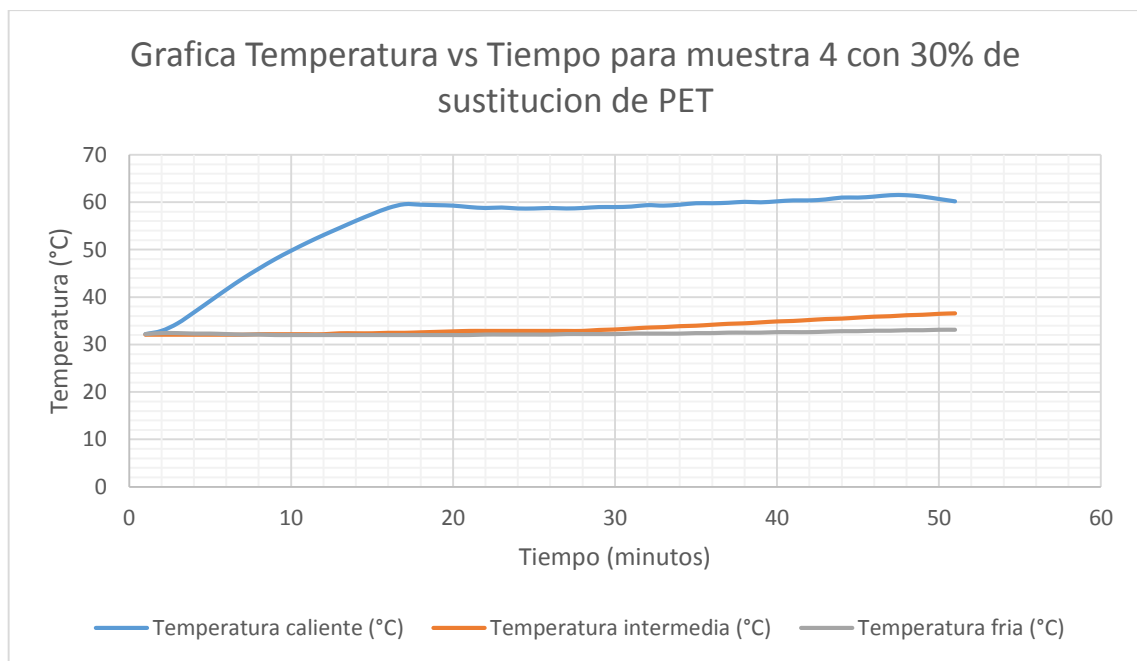
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla 106:** Datos de temperatura para muestra 4 de mezcla con 30% de sustitución de PET

Tiempo (Minutos)	Temperatura caliente (°C)	Temperatura intermedia (°C)	Temperatura fría (°C)
1	32.2	32.1	32.2
2	32.9	32.1	32.4
3	34.5	32.1	32.4
4	36.8	32.1	32.3
5	39.2	32.1	32.3
6	41.6	32.1	32.2
7	43.9	32.1	32.1
8	46	32.2	32.1
9	48	32.2	32
10	49.8	32.2	32
11	51.5	32.2	32
12	53.1	32.2	32
13	54.6	32.4	32
14	56.1	32.4	32
15	57.5	32.4	32
16	58.8	32.5	32
17	59.6	32.5	32
18	59.5	32.6	32
19	59.4	32.7	32
20	59.3	32.8	32
21	59	32.9	32
22	58.8	32.9	32.1
23	58.9	32.9	32.1
24	58.7	32.9	32.1
25	58.7	32.9	32.1
26	58.8	32.9	32.1
27	58.7	32.9	32.2
28	58.8	32.9	32.2
29	59	33.1	32.2
30	59	33.2	32.2
31	59.1	33.4	32.3
32	59.4	33.6	32.3
33	59.3	33.7	32.3
34	59.5	33.9	32.3
35	59.8	34	32.4
36	59.8	34.2	32.4
37	59.9	34.4	32.5
38	60.1	34.5	32.5

39	60	34.7	32.5
40	60.2	34.9	32.6
41	60.4	35	32.6
42	60.4	35.2	32.6
43	60.6	35.4	32.7
44	61	35.5	32.8
45	61	35.7	32.8
46	61.2	35.9	32.9
47	61.5	36	32.9
48	61.5	36.2	33
49	61.2	36.3	33
50	60.7	36.5	33.1
51	60.2	36.6	33.1

**Gráfica A55:** *Temperatura vs tiempo para muestra 4 de mezcla con 30% de sustitución de PET*



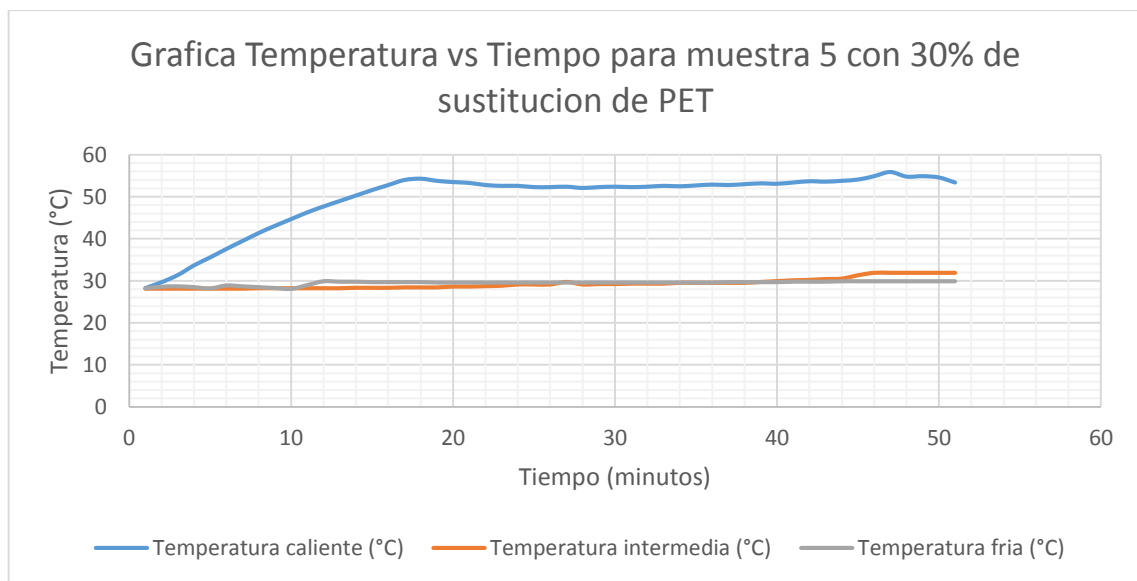


**Tabla A107:** Datos de temperatura para muestra 5 de mezcla con 30% de sustitución de PET

<b>Tiempo (Minutos)</b>	<b>Temperatura caliente (°C)</b>	<b>Temperatura intermedia (°C)</b>	<b>Temperatura fría (°C)</b>
1	28.3	28.1	28.2
2	29.7	28.1	28.6
3	31.4	28.1	28.7
4	33.7	28.1	28.5
5	35.6	28.1	28.2
6	37.6	28.1	28.9
7	39.5	28.1	28.7
8	41.4	28.2	28.5
9	43.1	28.2	28.3
10	44.7	28.2	28.1
11	46.3	28.2	29
12	47.7	28.2	29.9
13	49	28.2	29.8
14	50.3	28.3	29.8
15	51.6	28.3	29.7
16	52.8	28.3	29.7
17	54	28.4	29.7
18	54.3	28.4	29.7
19	53.8	28.4	29.6
20	53.5	28.6	29.6
21	53.3	28.6	29.6
22	52.8	28.7	29.6
23	52.6	28.8	29.6
24	52.6	29.1	29.6
25	52.3	29.1	29.6
26	52.3	29.1	29.6
27	52.4	29.7	29.6
28	52.1	29.1	29.6
29	52.3	29.2	29.6
30	52.4	29.2	29.6
31	52.3	29.3	29.6
32	52.4	29.3	29.6
33	52.6	29.3	29.6
34	52.5	29.5	29.6
35	52.7	29.5	29.6
36	52.9	29.5	29.6
37	52.8	29.5	29.7
38	53	29.5	29.7

39	53.2	29.7	29.7
40	53.1	29.9	29.7
41	53.4	30.1	29.8
42	53.7	30.2	29.8
43	53.6	30.4	29.8
44	53.8	30.5	29.9
45	54.1	31.3	29.9
46	54.9	31.9	29.9
47	55.9	31.9	29.9
48	54.8	31.9	29.9
649	54.9	31.9	29.9
50	54.6	31.9	29.9
51	53.4	31.9	29.9

**Gráfica A56:** *Temperatura vs tiempo para muestra 5 de mezcla con 30% de sustitución de PET*



**Fuente:** *Elaboración propia*

## PARA LA MEZCLA BASE

**Tabla A108:** Datos de conductividad térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla base obtenidos mediante hoja electrónica

<b>CONDUCTIVIDAD TERMICA</b>						
<b>Descripción de mezcla</b>	<b>Mezcla base (100% agregado pétreo)</b>					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Largo (m)	0.390	0.395	0.390	0.390	0.395	0.392
Alto (m)	0.190	0.200	0.190	0.190	0.200	0.191
Ancho (m)	0.095	0.095	0.095	0.090	0.090	0.093
Espesor de tabiques (m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área perpendicular expuesta(m <sup>2</sup> )	0.060	0.063	0.060	0.059	0.063	0.061
Área de paredes paralelas(m <sup>2</sup> )	0.005	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005
Temperatura emitida por los focos (T1 en °C)	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100
Temperatura en la cara expuesta (T2 en °C)	47.300	53.500	51.700	52.800	56.700	52.400
Temperatura en el hueco (T3 en °C)	32.100	34.400	33.900	34.100	39.300	34.760
Temperatura en la cara externa (T4 en °C)	30.100	31.600	32.200	30.400	33.400	31.540
Coefficiente de convección de aire interno (hint en W/m <sup>2</sup> °C)	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570
Cantidad de calor que fluye a través del área perpendicular expuesta (Q en W)	12.840	10.040	10.560	9.730	8.310	10.298
Cantidad de calor que fluye a través del área de paredes paralelas (Q en W)	0.970	0.750	0.800	0.730	0.620	0.773
k1 (W/m°C)	0.340	0.200	0.240	0.210	0.180	0.233
k2 (W/m°C)	0.340	0.200	0.240	0.210	0.180	0.233
k3 (W/m°C)	1.170	0.690	0.850	0.660	0.510	0.778
k4 (W/m°C)	1.170	0.690	0.850	0.660	0.510	0.778
k5 (W/m°C)	1.170	0.690	0.850	0.660	0.510	0.778
∑kA (W/m°C)	0.060	0.030	0.040	0.030	0.030	0.039
∑A (m <sup>2</sup> )	0.130	0.140	0.130	0.130	0.140	0.136
km (W/m°C)	0.421	0.250	0.298	0.258	0.2150	0.288

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A109:** Datos de resistencia térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla base obtenidos mediante hoja electrónica

RESISTENCIA TERMICA						
Descripción de mezcla	Mezcla base (100% agregado pétreo)					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Ri (°C/W)	1.575	1.515	1.575	1.617	1.515	1.559
R1 (°C/W)	0.965	1.556	1.374	1.567	1.712	1.435
R2 (°C/W)	8.780	14.524	12.101	14.234	17.604	13.449
R3 (°C/W)	3.862	3.705	3.862	3.967	3.705	3.820
R4 (°C/W)	8.780	14.524	12.101	14.234	17.604	13.449
R5 (°C/W)	3.862	3.705	3.862	3.967	3.705	3.820
R6 (°C/W)	8.780	14.524	12.101	14.234	17.604	13.449
R7 (°C/W)	0.965	1.556	1.374	1.567	1.712	1.435
R0 (°C/W)	1.575	1.515	1.575	1.617	1.515	1.559
1/R en medio (W/°C)	0.859	0.746	0.766	0.715	0.710	0.759
R en medio (°C/W)	1.163	1.340	1.306	1.399	1.408	1.323
R total (°C/W)	6.243	7.481	7.203	7.767	7.861	7.311
R total por área superficial de bloque (°C.m/W)	0.463	0.576	0.534	0.560	0.606	0.548

**Fuente:** Elaboración propia

**PARA MEZCLA 1 (90% AGREGADOS PETREOS, 10% PET)**

**Tabla A110:** *Datos de conductividad térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 10% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica.*

<b>CONDUCTIVIDAD TERMICA</b>						
<b>Descripción de mezcla</b>	<b>Mezcla 1 (90% agregado pétreo, 10% PET)</b>					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Largo (m)	0.390	0.395	0.390	0.390	0.395	0.392
Alto (m)	0.195	0.190	0.195	0.185	0.200	0.192
Ancho (m)	0.095	0.095	0.095	0.090	0.09	0.093
Espesor de tabiques (m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área perpendicular expuesta(m <sup>2</sup> )	0.062	0.061	0.062	0.059	0.063	0.061
Área de paredes paralelas(m <sup>2</sup> )	0.005	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005
Temperatura emitida por los focos (T1 en °C)	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100
Temperatura en la cara expuesta (T2 en °C)	56.100	56.300	60.200	52.700	57.900	56.640
Temperatura en el hueco (T3 en °C)	36.000	36.200	47.600	33.900	36.700	38.080
Temperatura en la cara externa (T4 en °C)	31.500	33.400	35.300	28.600	33.500	32.460
Coefficiente de convección de aire interno (hint en W/m <sup>2</sup> °C)	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570
Cantidad de calor que fluye a través del área perpendicular expuesta (Q en W)	8.500	8.310	6.320	9.780	7.660	8.116
Cantidad de calor que fluye a través del área de paredes paralelas (Q en W)	0.640	0.620	0.480	0.740	0.570	0.609
k1 (W/m°C)	0.160	0.160	0.190	0.210	0.140	0.174
k2 (W/m°C)	0.160	0.160	0.190	0.210	0.140	0.174
k3 (W/m°C)	0.530	0.560	0.390	0.620	0.450	0.510
k4 (W/m°C)	0.530	0.560	0.390	0.620	0.450	0.510
k5 (W/m°C)	0.530	0.560	0.390	0.620	0.450	0.510
∑kA (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.020	0.028
∑A (m <sup>2</sup> )	0.140	0.140	0.140	0.130	0.140	0.137
km (W/m°C)	0.201	0.202	0.214	0.254	0.169	0.208

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A111:** Datos de resistencia térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 10% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica

RESISTENCIA TERMICA						
Descripción de mezcla	Mezcla 1 (90% agregado pétreo, 10% PET)					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Ri (°C/W)	1.534	1.555	1.534	1.617	1.515	1.551
R1 (°C/W)	1.928	1.978	1.625	1.567	2.262	1.872
R2 (°C/W)	18.965	18.349	25.811	15.236	19.993	19.671
R3 (°C/W)	3.763	3.803	3.763	3.967	3.705	3.800
R4 (°C/W)	18.965	18.349	25.811	15.236	19.993	19.671
R5 (°C/W)	3.763	3.803	3.763	3.967	3.705	3.800
R6 (°C/W)	18.965	18.349	25.811	15.236	19.993	19.671
R7 (°C/W)	1.928	1.978	1.625	1.567	2.262	1.872
R0 (°C/W)	1.534	1.555	1.534	1.617	1.515	1.551
1/R en medio (W/°C)	0.690	0.689	0.648	0.701	0.690	0.684
R en medio (°C/W)	1.450	1.450	1.544	1.426	1.450	1.464
R total (°C/W)	8.374	8.516	7.862	7.795	9.003	8.310
R total por área superficial de bloque (°C.m/W)	0.637	0.639	0.598	0.562	0.693	0.626

**Fuente:** Elaboración propia

**PARA MEZCLA 2 (80% AGREGADOS PETREOS, 20% PET)**

**Tabla A112:** Datos de conductividad térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 20% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica.

CONDUCTIVIDAD TERMICA						
Descripción de mezcla	Descripción de mezcla					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Largo (m)	0.385	0.390	0.390	0.395	0.390	0.39
Alto (m)	0.190	0.185	0.190	0.195	0.190	0.19
Ancho (m)	0.095	0.095	0.095	0.090	0.090	0.093
Espesor de tabiques (m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área perpendicular expuesta(m <sup>2</sup> )	0.059	0.059	0.060	0.063	0.060	0.060
Área de paredes paralelas(m <sup>2</sup> )	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005
Temperatura emitida por los focos (T1 en °C)	72.100	72.100	72.100	72.100	72.10	72.100
Temperatura en la cara expuesta (T2 en °C)	57.400	55.600	59.400	56.400	56.000	56.960
Temperatura en el hueco (T3 en °C)	36.000	34.500	37.500	35.300	35.200	35.700
Temperatura en la cara externa (T4 en °C)	31.500	30.100	33.100	31.400	30.300	31.280
Coefficiente de convección de aire interno (h <sub>int</sub> en W/m <sup>2</sup> °C)	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570
Cantidad de calor que fluye a través del área perpendicular expuesta (Q en W)	7.490	8.320	6.580	8.470	8.340	7.840
Cantidad de calor que fluye a través del área de paredes paralelas (Q en W)	0.570	0.630	0.500	0.630	0.630	0.591
k1 (W/m°C)	0.140	0.160	0.120	0.150	0.160	0.147
k2 (W/m°C)	0.140	0.160	0.120	0.150	0.160	0.147
k3 (W/m°C)	0.460	0.530	0.390	0.480	0.480	0.470
k4 (W/m°C)	0.460	0.530	0.390	0.480	0.480	0.470
k5 (W/m°C)	0.460	0.530	0.390	0.480	0.480	0.470
∑kA (W/m°C)	0.020	0.030	0.020	0.030	0.030	0.024
∑A (m <sup>2</sup> )	0.130	0.130	0.130	0.140	0.130	0.135
k <sub>m</sub> (W/m°C)	0.174	0.198	0.147	0.186	0.192	0.180

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A113:** Datos de resistencia térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 20% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica

RESISTENCIA TERMICA						
Descripción de mezcla	Mezcla 2 (80% agregado pétreo, 20% PET)					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Ri (°C/W)	1.595	1.617	1.575	1.515	1.575	1.575
R1 (°C/W)	2.322	2.068	2.715	2.036	2.034	2.235
R2 (°C/W)	22.305	20.094	26.217	18.528	19.062	21.241
R3 (°C/W)	3.924	3.967	3.862	3.705	3.862	3.864
R4 (°C/W)	22.305	20.094	26.217	18.528	19.062	21.241
R5 (°C/W)	3.924	3.967	3.862	3.705	3.862	3.864
R6 (°C/W)	22.305	20.094	26.217	18.528	19.062	21.241
R7 (°C/W)	2.322	2.068	2.715	2.036	2.034	2.235
R0 (°C/W)	1.595	1.617	1.575	1.515	1.575	1.575
1/R en medio (W/°C)	0.644	0.653	0.632	0.702	0.675	0.661
R en medio (°C/W)	1.552	1.530	1.582	1.425	1.481	1.514
R total (°C/W)	9.387	8.901	10.162	8.527	8.699	9.135
R total por área superficial de bloque (°C.m/W)	0.687	0.642	0.753	0.657	0.645	0.677

**Fuente:** *Elaboración propia*



**PARA MEZCLA 3 (70% AGREGADOS PETREOS, 30% PET)**

**Tabla A114:** Datos de conductividad térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 30% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica

CONDUCTIVIDAD TERMICA CONDUCTIVIDAD TERMICA						
Descripción de mezcla	Mezcla 3 (70% agregado pétreo, 30% PET)					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Largo (m)	0.395	0.395	0.385	0.390	0.390	0.391
Alto (m)	0.190	0.190	0.195	0.190	0.195	0.192
Ancho (m)	0.095	0.095	0.095	0.090	0.090	0.093
Espesor de tabiques (m)	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Área perpendicular expuesta(m <sup>2</sup> )	0.061	0.061	0.061	0.060	0.062	0.061
Área de paredes paralelas(m <sup>2</sup> )	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Temperatura emitida por los focos (T1 en °C)	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100	72.100
Temperatura en la cara expuesta (T2 en °C)	57.100	54.800	59.200	61.200	55.900	57.640
Temperatura en el hueco (T3 en °C)	32.400	30.100	33.700	35.900	30.700	32.560
Temperatura en la cara externa (T4 en °C)	29.700	28.200	31.400	32.900	28.300	30.100
Coefficiente de convección de aire interno (hint en W/m <sup>2</sup> °C)	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570	8.570
Cantidad de calor que fluye a través del área perpendicular expuesta (Q en W)	7.890	9.100	6.750	5.640	8.610	7.598
Cantidad de calor que fluye a través del área de paredes paralelas (Q en W)	0.590	0.680	0.520	0.430	0.650	0.571
k1 (W/m°C)	0.120	0.140	0.100	0.090	0.130	0.119
k2 (W/m°C)	0.120	0.140	0.100	0.090	0.130	0.119
k3 (W/m°C)	0.450	0.530	0.380	0.300	0.450	0.421
k4 (W/m°C)	0.450	0.530	0.380	0.300	0.450	0.421
k5 (W/m°C)	0.450	0.530	0.380	0.300	0.450	0.421
∑kA (W/m°C)	0.020	0.020	0.020	0.010	0.020	0.020
∑A (m <sup>2</sup> )	0.140	0.140	0.140	0.130	0.140	0.136
km (W/m°C)	0.157	0.183	0.132	0.110	0.165	0.149

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A115:** Datos de resistencia térmica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 30% de sustitución de PET obtenidos mediante hoja electrónica

<b>RESISTENCIA TERMICA</b>						
<b>Descripción de mezcla</b>	<b>Mezcla 3 (70% agregado pétreo, 30% PET)</b>					
Muestra N°	1	2	3	4	5	Prom
Ri (°C/W)	1.555	1.555	1.554	1.575	1.534	1.555
R1 (°C/W)	2.560	2.220	3.072	3.655	2.387	2.779
R2 (°C/W)	23.125	19.465	26.583	31.004	19.823	24.000
R3 (°C/W)	3.803	3.803	3.824	3.862	3.763	3.811
R4 (°C/W)	23.125	19.465	26.583	31.004	19.823	24.000
R5 (°C/W)	3.803	3.803	3.824	3.862	3.763	3.811
R6 (°C/W)	23.125	19.465	26.583	31.004	19.823	24.000
R7 (°C/W)	2.560	2.220	3.072	3.655	2.387	2.779
R0 (°C/W)	1.555	1.555	1.554	1.575	1.534	1.555
1/R en medio (W/°C)	0.656	0.680	0.636	0.615	0.683	0.654
R en medio (°C/W)	1.525	1.470	1.573	1.627	1.465	1.532
R total (°C/W)	9.755	9.020	10.826	12.087	9.307	10.199
R total por área superficial de bloque (°C.m/W)	0.732	0.677	0.813	0.896	0.708	0.765

**Fuente:** *Elaboración propia*

## RESUMEN DE RESULTADOS

**Tabla A116:** *Resumen de datos para conductividad térmica*

Porcentaje de sustitución de PET	Conductividad térmica (W/m°C)
0%	0.288
10%	0.208
20%	0.180
30%	0.149

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A117:** *Resumen de datos para resistencia térmica total*

porcentaje de sustitución de PET	Resistencia térmica total (°C/W)
0%	7.311
10%	8.310
20%	9.135
30%	10.199

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A118:** *Resumen de datos para resistencia térmica por área superficial de la unidad de mampostería de concreto*

Porcentaje de sustitución de PET	Resistencia térmica por área
0%	0.548
10%	0.626
20%	0.677
30%	0.765

**Fuente:** *Elaboración propia*

Al extraer los datos de nuestros medidores de presión sonora obtenemos lo siguiente:

**Mezcla base (100% agregado pétreo)**

**Tabla A119:** Lectura de decibeles para muestra 1 de mezcla base en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
1	10	99.9	82.7
	20	99.5	83.2
	30	99.3	83.1
	40	99.1	84.2
	50	99.1	83.1
	60	99.3	85
	<b>PROMEDIO</b>	<b>99.37</b>	<b>83.55</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A120:** Lectura de decibeles para muestra 2 de mezcla base en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
2	10	102.2	83
	20	101.9	81.9
	30	102.3	82.5
	40	102.8	83.4
	50	102.5	81.9
	60	102.2	82.7
	<b>PROMEDIO</b>	<b>102.32</b>	<b>82.57</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 121:** Lectura de decibeles para muestra 3 de mezcla base en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
3	10	101.2	82.7
	20	101.9	83.1
	30	101.8	82.9
	40	102.1	82.5
	50	102.1	82.5
	60	101.5	82.8
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.77</b>	<b>82.75</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A122:** Lectura de decibeles para muestra 4 de mezcla base en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
4	10	101.1	84.5
	20	100.9	84.3
	30	101.1	83.2
	40	100.6	83.7
	50	100.9	83.2
	60	100.6	82.8
	PROMEDIO	100.87	83.62

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A123:** Lectura de decibeles para muestra 5 de mezcla base en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
5	10	102.1	83
	20	102	83.7
	30	101.8	82.6
	40	101.6	81.5
	50	102.1	82.8
	60	102.5	84.8
	PROMEDIO	102.02	83.07

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A124:** Resumen de lecturas de decibeles para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla base

MUESTRA	LECTURA EN EL RECINTO EMISOR(Db)	LECTURA EN EL RECINTO RECEPTOR(Db)
1	99.37	83.55
2	102.32	82.57
3	101.77	82.75
4	100.87	83.62
5	102.02	83.07
PROMEDIO	101.27	83.11

**Fuente:** Elaboración propia

**Mezcla 1 (90% agregados pétreos, 10%PET)**

**Tabla A125:** Lectura de decibeles para muestra 1 de mezcla con 10% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
1	10	100.8	83.6
	20	101.6	86.3
	30	100.9	84.7
	40	100.8	83.4
	50	101	84
	60	100.7	83.6
	<b>PROMEDIO</b>	<b>100.97</b>	<b>84.27</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A126:** Lectura de decibeles para muestra 2 de mezcla con 10% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
2	10	100.2	83
	20	102.1	83.5
	30	101.6	84.1
	40	102.2	82
	50	101.1	83.5
	60	101.6	81.9
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.47</b>	<b>83.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A127:** Lectura de decibeles para muestra 3 de mezcla con 10% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
3	10	101.3	84.5
	20	100.9	83.5
	30	100.7	82.8
	40	101.1	83.5
	50	101.3	83.3
	60	101	83.2
	<b>PROMEDIO</b>	<b>101.05</b>	<b>83.47</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A128:** Lectura de decibeles para muestra 4 de mezcla con 10% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
4	10	101.1	84.5
	20	100.9	84.3
	30	101.1	83.2
	40	100.6	83.7
	50	100.9	83.2
	60	100.6	82.8
	PROMEDIO	100.87	83.62

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A129:** Lectura de decibeles para muestra 5 de mezcla con 10% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
5	10	101.3	82.3
	20	101.8	83.9
	30	101.9	84.5
	40	102.2	84.1
	50	101	81.4
	60	102.5	83.6
	PROMEDIO	101.78	83.30

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A130:** Resumen de lecturas de decibeles de mampostería de concreto fabricado con mezcla con 10% de sustitución de PET

MUESTRA	LECTURA EN EL RECINTO EMISOR(Db)	LECTURA EN EL RECINTO RECEPTOR(Db)
1	100.97	84.27
2	101.47	83.00
3	101.05	83.47
4	100.87	83.62
5	101.78	83.30
PROMEDIO	101.23	83.53

**Fuente:** Elaboración propia

**Mezcla 2 (80% agregados pétreos, 20%PET)**

**Tabla A131:** *Lectura de decibeles para muestra 1 de mezcla con 20% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa*

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
1	10	99.3	87.5
	20	99.3	87.8
	30	99.1	87
	40	98.5	86.2
	50	98.6	85.8
	60	99.3	87.5
	PROMEDIO	99.02	86.97

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A132:** *Lectura de decibeles para muestra 2 de mezcla con 20% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa*

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
2	10	101.1	87.5
	20	100.7	85.5
	30	100.5	87
	40	99.9	85.2
	50	100.6	87.3
	60	100.6	85.8
	PROMEDIO	100.57	86.38

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A133:** *Lectura de decibeles para muestra 3 de mezcla con 20% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa*

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
3	10	103.3	87
	20	97.6	86.7
	30	97.7	87.7
	40	97.9	87.8
	50	97.3	86.9
	60	97.9	86.9
	PROMEDIO	98.62	87.17

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Tabla A134:** Lectura de decibeles para muestra 4 de mezcla con 20% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
4	10	101.7	86.5
	20	101.4	86.4
	30	101.7	87.5
	40	101.7	87.2
	50	101.9	88.4
	60	101.6	87.7
	PROMEDIO	101.67	87.28

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A135:** Lectura de decibeles para muestra 5 de mezcla con 20% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
5	10	100.5	87.1
	20	100.6	87.2
	30	100.6	87
	40	99.7	86.6
	50	100.2	86.8
	60	100.4	86.5
	PROMEDIO	100.33	86.87

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A136:** Resumen de lecturas de decibeles para unidades de mampostería de concreto fabricado con mezcla con 20% de sustitución de PET

MUESTRA	LECTURA EN EL RECINTO EMISOR(Db)	LECTURA EN EL RECINTO RECEPTOR(Db)
1	99.02	86.97
2	100.57	86.38
3	98.62	87.17
4	101.67	87.28
5	100.33	86.87
PROMEDIO	100.04	86.93

**Fuente:** Elaboración propia

**Mezcla 3 (70% agregados pétreos, 30%PET)**

**Tabla A137:** Lectura de decibeles para muestra 1 de mezcla con 30% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
1	10	97.3	89.8
	20	97	89.2
	30	96.7	88.2
	40	96.6	87.1
	50	97.3	91.1
	60	97.2	89
	PROMEDIO	97.02	89.07

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A138:** Lectura de decibeles para muestra 2 de mezcla con 30% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
2	10	95.8	88.6
	20	96.4	89.6
	30	96.2	89.8
	40	96.6	89
	50	96.1	87.7
	60	96.2	87.6
	PROMEDIO	96.22	88.72

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A139:** Lectura de decibeles para muestra 3 de mezcla con 30% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
3	10	99.8	89.8
	20	98.7	90
	30	99.4	90.3
	40	99.6	90.3
	50	99.3	88.2
	60	98.8	88.8
	PROMEDIO	99.27	89.57

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A140:** Lectura de decibeles para muestra 4 de mezcla con 30% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISOR(Db)	LECTURA RECEPTOR (Db)
4	10	98.3	88.2
	20	98.2	90.1
	30	98.3	90.6
	40	98.8	90.5
	50	98.6	90.1
	60	98.3	89.2
	PROMEDIO	98.42	89.78

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A141:** Lectura de decibeles para muestra 5 de mezcla con 30% de sustitución de PET en aplicación de un minuto de ruido rosa

MUESTRA	TIEMPO (Seg)	LECTURA EMISO (Db)	LECTUR RECEPTOR (Db)
5	10	98.70	89.40
	20	99.10	89.40
	30	98.00	88.40
	40	99.10	89.00
	50	99.00	87.80
	60	98.60	89.60
	PROMEDIO	98.75	88.93

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A142:** Resumen de lecturas de decibeles para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 30% de sustitución de PET

MUESTRA	LECTURA EN EL RECINTO EMISOR(Db)	LECTURA EN EL RECINTO RECEPTOR(Db)
1	97.02	89.07
2	96.22	88.72
3	99.27	89.57
4	98.42	89.78
5	98.75	88.93
PROMEDIO	97.93	89.21

**Fuente:** Elaboración propia

Aplicando la ecuación y usando una hoja electrónica tenemos:

**Tabla A143:** *Diferencia de decibeles y porcentaje de absorción acústica para unidades de mampostería de concreto fabricado con mezcla base*

<b>Mezcla base (100% agregado pétreo)</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>DIFERENCIA DE DECIBELES</b>	<b>% DE ABSORCION</b>
1	15.82	15.92%
2	19.75	19.30%
3	19.02	18.69%
4	17.25	17.10%
5	18.95	18.58%
PROMEDIO	18.16	17.92%

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A144:** *Diferencia de decibeles y porcentaje de absorción acústica para unidades de mampostería de concreto fabricado con mezcla con 10% de sustitución de PET*

<b>Mezcla 1 (90% agregados pétreos, 10%PET)</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>DIFERENCIA DE DECIBELES</b>	<b>% DE ABSORCION</b>
1	16.70	16.54%
2	18.47	18.20%
3	17.58	17.40%
4	17.25	17.10%
5	18.48	18.16%
PROMEDIO	17.70	17.48%

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A145:** *Diferencia de decibeles y porcentaje de absorción acústica para unidades de mampostería de concretos fabricados con mezcla con 20% de sustitución de PET*

<b>Mezcla 2 (80% agregados pétreos, 20%PET)</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>DIFERENCIA DE DECIBELES</b>	<b>% DE ABSORCION</b>
1	12.05	12.17%
2	14.18	14.10%
3	11.45	11.61%
4	14.38	14.15%
5	13.47	13.42%
PROMEDIO	13.11	13.09%

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A146:** *Diferencia de decibeles y porcentaje de absorción acústica para unidades de mampostería de concreto fabricado con mezcla con 30% de sustitución de PET*

<b>Mezcla 3 (70% agregados pétreos, 30%PET)</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>DIFERENCIA DE DECIBELES</b>	<b>% DE ABSORCION</b>
1	7.95	8.19%
2	7.50	7.79%
3	9.70	9.77%
4	8.63	8.77%
5	9.82	9.94%
PROMEDIO	8.72	8.89%

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A147:** *Tabla resumen de diferencia de decibeles y porcentaje de absorción acústica para unidades de mampostería de concreto.*

<b>MEZCLA</b>	<b>DIFERENCIA DE DECIBELES</b>	<b>% DE ABSORCION</b>
BASE	18.16	17.92%
1	17.70	17.48%
2	13.11	13.09
3	8.72	8.89%

**Fuente:** *Elaboración propia*

**DATOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO PRELIMINAR PARA SER USADOS EN EL PROYECTO DE TESIS**

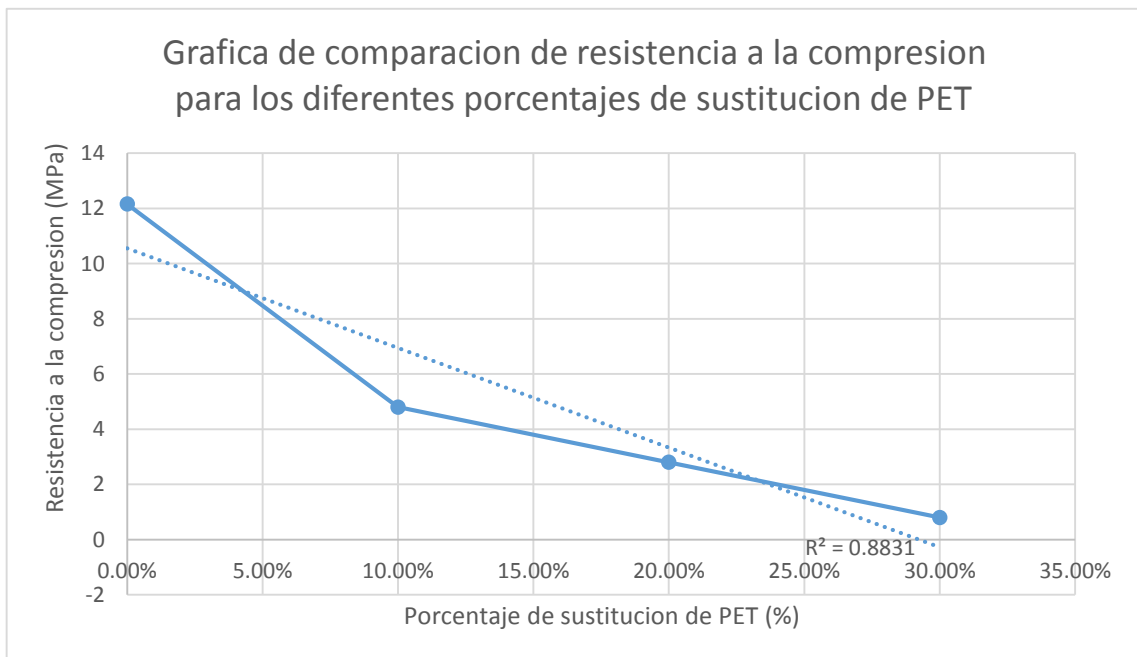
Grafica de resultados de resistencia a la compresión para las unidades de mampostería de concreto usados en el estudio preliminar.

**Tabla A148:** Datos obtenidos de las pruebas de resistencia de compresión a las unidades de mampostería de concreto.

COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA ÁREA NETA	
SUSTITUCION DE PET (%)	RESISTENCIA A LA COMPRESION(MPa)
0.00%	12.16
10.00%	4.8
20.00%	2.8
30.00%	0.8

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfica A57:** Comparación de la resistencia a la compresión de las unidades de mampostería de concreto fabricadas



**Fuente:** Elaboración propia

El estudio se basa en usar PET en sustitución del agregado global, pero que a la vez la resistencia de las unidades de mampostería de concreto se mantenga en los rangos establecidos por la ASTM C 90 (11.7 MPa para unidades individuales y 13.1 Mpa Promedio de tres unidades), se utilizaron porcentajes entre el 0% y el 10% de sustitución, esto tomando en cuenta el comportamiento que se observa en la gráfica.

### Calculo del número de unidades a ensayar

El número de unidades a ensayar para las pruebas de resistencia térmica y acústica será determinado por la ecuación del coeficiente de correlación lineal de Pearson

$$n = \left[ \frac{z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta}}{\frac{1}{2} \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right)} \right]^2 + 3$$

Dónde:

n: Es el número de muestras

r: Es la magnitud de la correlación que se desea detectar

$z_{1-\alpha/2}$ : Es la seguridad con la que se desea trabajar, generalmente se trabaja con el 95% ( $\alpha = 0.05$ ). Ver Tabla 139

$z_{1-\beta}$ : Poder estadístico que se requiere para el estudio. (Ver Tabla).

**Tabla A149:** Valores para  $z_{\alpha}$  para diferentes niveles de confianza

$\alpha$	Nivel de confianza (1- $\alpha$ ) (%)	$z_{\alpha}$
0.050	95.0	1.960
0.025	97.5	2.240
0.010	99.0	2.576

**Fuente:** Revista didáctica ambiental, editada por INVESTEA y Didáctica ambiental, S.L

**Tabla A150:** Valores de  $z_{\beta}$  para diferentes niveles de poder estadístico

$\beta$	Poder estadístico (1- $\beta$ ) (%)	$z_{\beta}$
0.20	80.0	0.842
0.15	85.0	1.036
0.10	90.0	1.282

**Fuente:** Revista didáctica ambiental, editada por INVESTEA y Didáctica ambiental, S.L

Para el coeficiente de correlación de Pearson se hizo uso de las gráficas del estudio preliminar realizado a las unidades de mampostería de concreto y que se relacionen las variables de estudio que en este caso son propiedades térmicas y acústicas.

A partir de estas graficas se encontró el coeficiente de correlación para poder hacer uso de la formula y encontrar el número de unidades a ensayar, con lo cual se validan los ensayos propuestos para determinar la resistencia térmica y acústica en las unidades de mampostería.



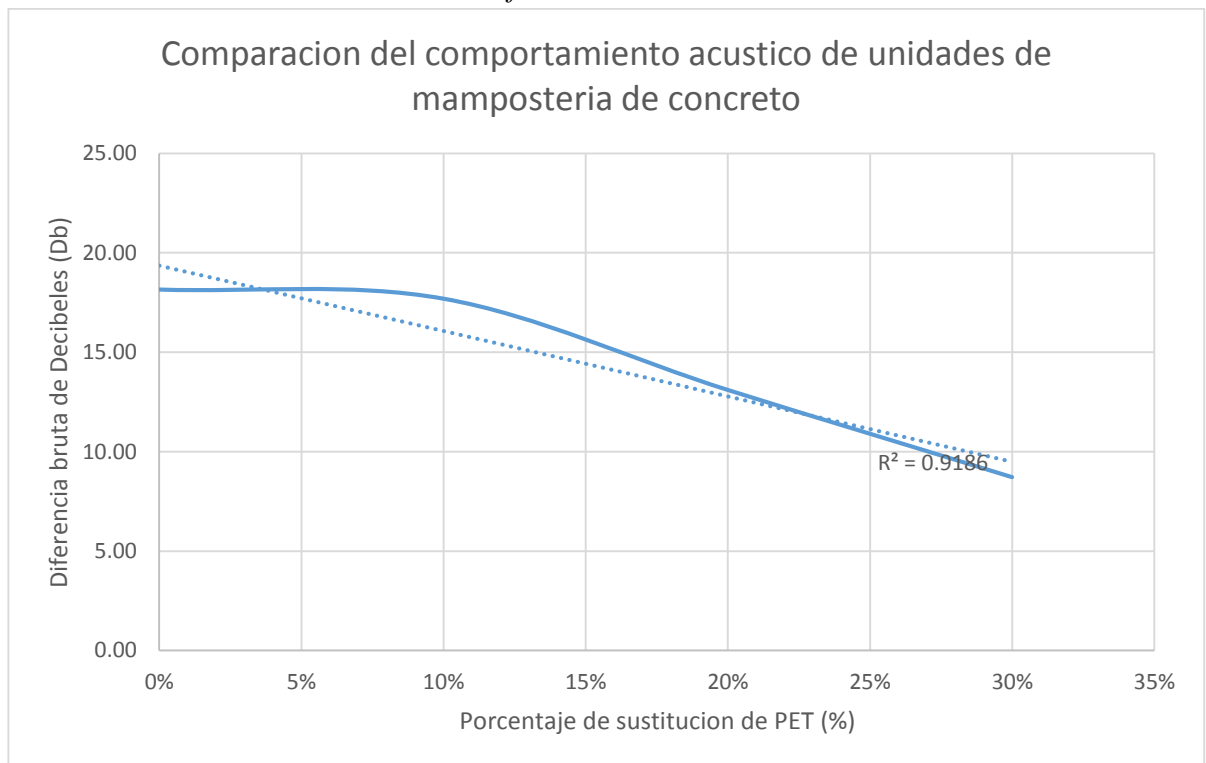
## Graficas de propiedades acústicas

**Tabla A151:** *Diferencia bruta de decibeles*

Porcentaje de sustitución de PET	Diferencia bruta de decibeles (Db)
0%	18.16
10%	17.70
20%	13.11
30%	8.72

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Gráfica A58:** *Comportamiento acústico de las unidades de mampostería de concreto fabricados*



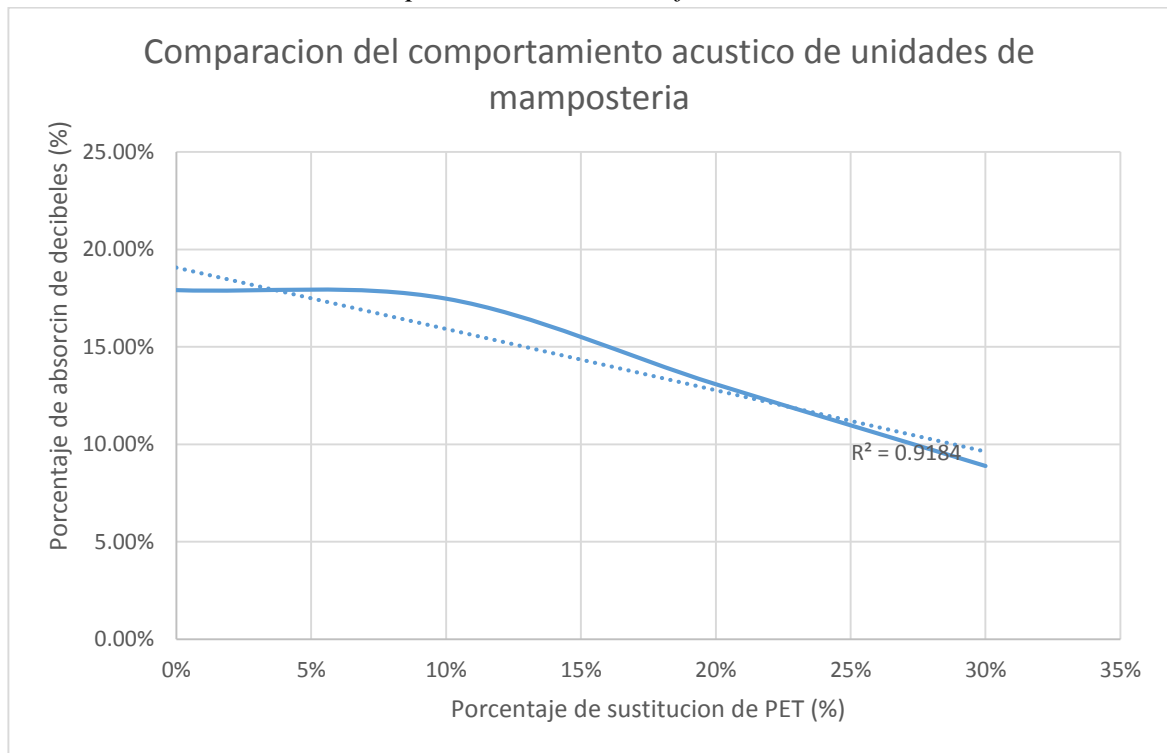
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A152: Porcentaje de absorción de decibeles**

Porcentaje de sustitución de PET	Porcentaje de absorción de decibeles
0%	17.92%
10%	17.48%
20%	13.09%
30%	8.89%

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Gráfica A59: Comportamiento de la absorción acústica de las unidades de mampostería de concreto fabricado.**



**Fuente:** *Elaboración propia*

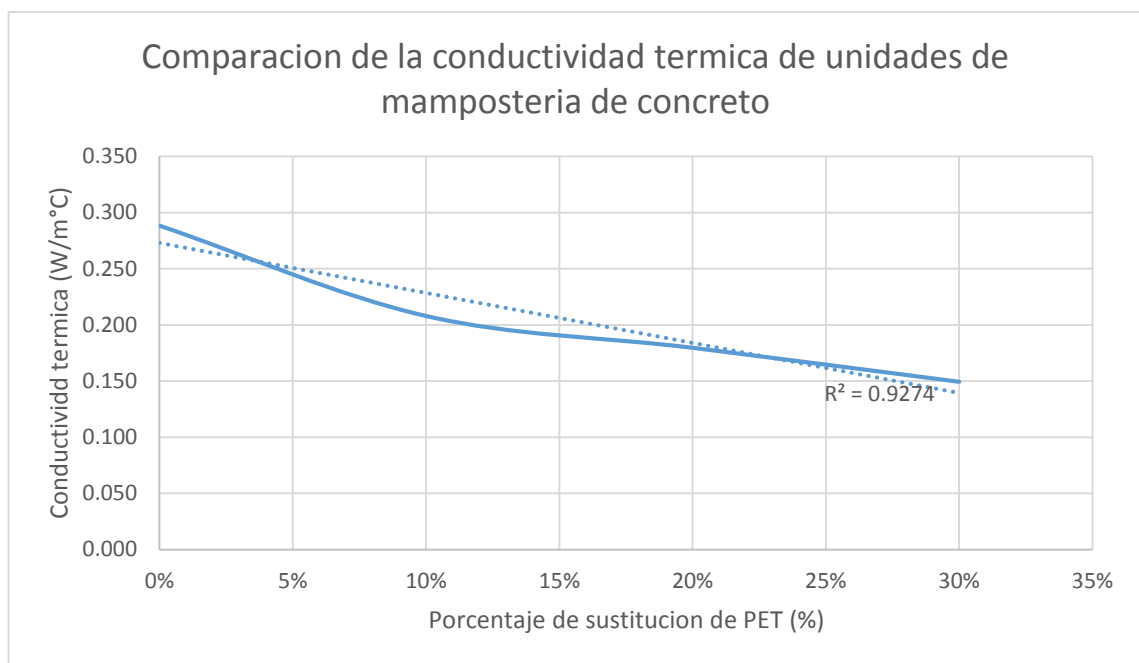
## Graficas de propiedades térmicas

**Tabla A153:** *Conductividades térmicas*

Porcentaje de sustitución de PET	Conductividad térmica (W/m°C)
0%	0.288
10%	0.208
20%	0.180
30%	0.149

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Gráfica A60:** *Comparación de las conductividades térmicas*



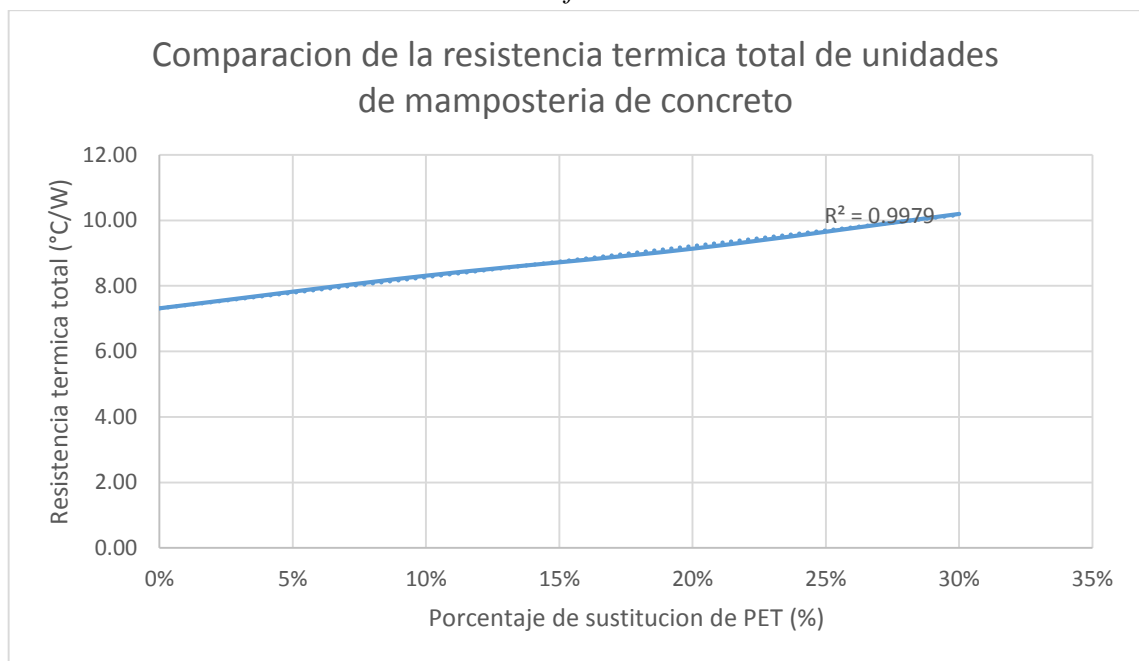
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla A154:** Resistencias térmicas totales

Porcentaje de sustitución de PET	Resistencia térmica total (°C/W)
0%	7.311
10%	8.310
20%	9.135
30%	10.199

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfica A61:** Comparación de resistencia térmica de las unidades de mampostería de concreto fabricados



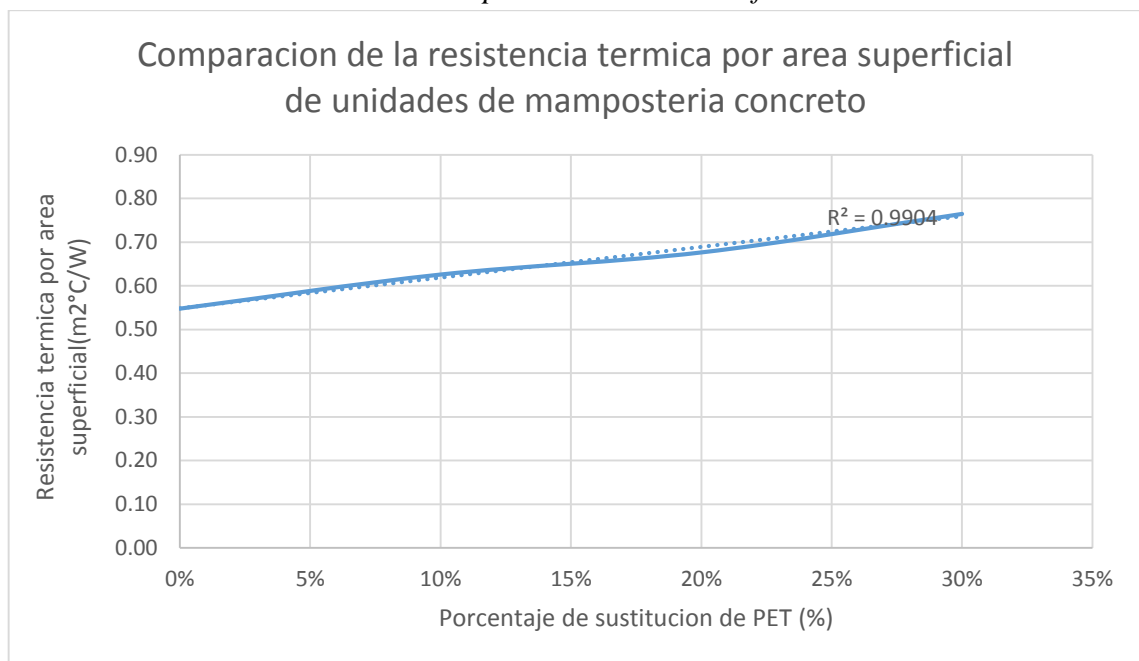
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla A155:** Resistencia térmica por área superficial

Porcentaje de sustitución de PET	Resistencia térmica por área superficial ( $m^2 \text{ } ^\circ C/W$ )
0%	0.548
10%	0.626
20%	0.677
30%	0.765

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfica A61:** Comparación de las resistencias térmicas por áreas superficiales de las unidades de mampostería de concreto fabricados



**Fuente:** Elaboración propia

Debido a que existen 5 graficas con sus respectivas correlaciones, se calculó un r promedio para usarlo en la ecuación:

**Tabla A156:** *Coefficientes de correlación lineal de Pearson para las gráficas de estudio*

Grafica	R <sup>2</sup>	R
Comparación del comportamiento acústico de unidades de mampostería (Diferencia bruta de Db).	0.9186	0.9584
Comparación del comportamiento acústico de unidades de mampostería (Porcentaje de absorción).	0.9184	0.9583
Comparación de la conductividad térmica de unidades de mampostería.	0.9274	0.9630
Comparación de la resistencia térmica de unidades de mampostería.	0.9979	0.9989
Comparación de la resistencia térmica por área superficial de unidades de mampostería	0.9904	0.9952
Promedio		0.9784

**Fuente:** *Elaboración propia*

Aplicando la ecuación:

$$n = \left[ \frac{z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta}}{\frac{1}{2} \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right)} \right]^2 + 3$$

$$n = \left[ \frac{1.960 + 0.842}{\frac{1}{2} \ln \left( \frac{1 + 0.9784}{1 - 0.9784} \right)} \right]^2 + 3$$

$$n = \left[ \frac{2.820}{2.2587} \right]^2 + 3$$

$$n = 4.5588 \approx 5 \text{ muestras}$$

### Calculo de la confiabilidad del equipo

Para obtener la confiabilidad del equipo se usa el método *Medida de estabilidad (confiabilidad por test-retest)* se usaron 4 sujetos uno por cada mezcla usando dos ediciones consecutivas de todas las efectuadas en cada caso (térmicas y acústicas). Se realizó el cálculo mediante la ecuación del coeficiente de confiabilidad de Pearson:

#### Fórmula para obtener el coeficiente:

$$r = \frac{N\sum XY - \sum X\sum Y}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2][N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Dónde:

r: coeficiente de correlación entre las dos administraciones de la prueba.

N: número de sujetos

$\sum XY$ : resultado de suma el producto de cada valor de X por su correspondiente valor en Y

$\sum X$ : Suma total de los valores de X (primera aplicación)

$\sum Y$ : Suma total de los valores de Y (segunda aplicación)

$\sum X^2$ : Suma total de los valores de X elevados al cuadrado

$\sum Y^2$ : Suma total de los valores de Y elevados al cuadrado

✓ Para equipo de mediciones de temperatura

**Tabla A157:** Valores usados para el cálculo del coeficiente de confiabilidad para el equipo de lecturas térmicas

Sujetos	1° aplicación		2° aplicación		XY
	X	X <sup>2</sup>	Y	Y <sup>2</sup>	
1	53.5	2862.25	51.7	2672.89	2765.95
2	56.3	3169.69	60.2	3624.04	3389.26
3	55.6	3091.36	59.4	3528.36	3302.64
4	59.2	3504.64	59.2	3504.64	3504.64
Σ	224.6	12627.94	230.5	13329.93	12962.49

**Fuente:** Elaboración propia

$$r = \frac{(4)(12962.49) - (224.6)(230.5)}{\sqrt{[(4)(12627.94) - (224.6)^2][(4)(13329.93) - (230.5)^2]}}$$

$$r = \frac{79.66}{\sqrt{[66.60][189.47]}}$$

$$r = \frac{79.66}{112.33}$$

$$r = 0.71$$



✓ **Para equipo de medición de decibeles**

**Tabla A158:** *Valores usados para el cálculo del coeficiente de confiabilidad para el equipo de lecturas térmicas*

Sujetos	1° aplicación		2° aplicación		XY
	X	X <sup>2</sup>	Y	Y <sup>2</sup>	
1	99.37	9874.3969	102.32	10469.382	10167.538
2	100.97	10194.941	101.47	10296.161	10245.426
3	99.02	9804.9604	100.57	10114.325	9958.4414
4	97.02	9412.8804	96.22	9258.2884	9335.2644
Σ	396.38	39287.179	400.58	40138.157	39706.67

**Fuente:** *Elaboración propia*

$$r = \frac{(4)(39706.67) - (396.38)(400.58)}{\sqrt{[(4)(39287.179) - (396.38)^2][(4)(40138.157) - (400.58)^2]}}$$

$$r = \frac{44.78}{\sqrt{[31.61][88.29]}}$$

$$r = \frac{44.78}{52.82}$$

$$r = 0.85$$



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C 136)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS Y ACÚSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

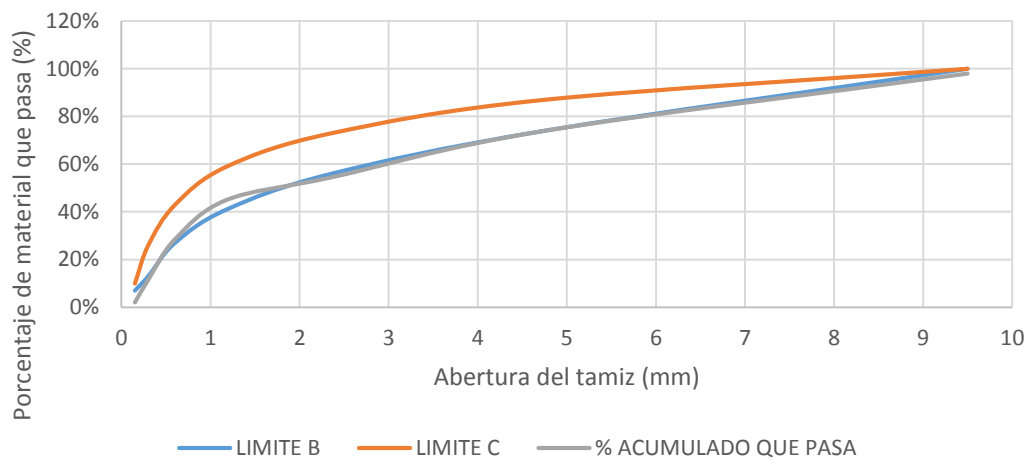
**TIPO DE MUESTRA:** 20% PET, 80 AGREGADO PETREO

**FECHA DE ENSAYO:** 26 DE MAYO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VÁSQUEZ, MARÍA DE LOS ANGELES  
 CASTILLO HERNÁNDEZ, SONIA YAMILETH  
 MOREIRA MARTÍNEZ, JORGE HUMBERTO

MALLA	ABERTURA (MM)	LÍMITE C	LÍMITE B	% ACUMULADO QUE PASA	OBSERVACION
3/8 "	9.5	100%	100%	98.00%	CUMPLE
No. 4	4.75	87%	74.0%	75.50%	CUMPLE
No. 8	2.36	73.0%	56.0%	63.00%	CUMPLE
No. 16	1.18	59.0%	41.0%	52.00%	CUMPLE
No. 30	0.60	43.00%	27.0%	33.00%	CUMPLE
No. 50	0.30	26.00%	13.0%	13.50%	CUMPLE

Granulometría de los agregados combinados con 20% de sustitución de PET





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS PARA CONCRETO (ASTM C 136)**

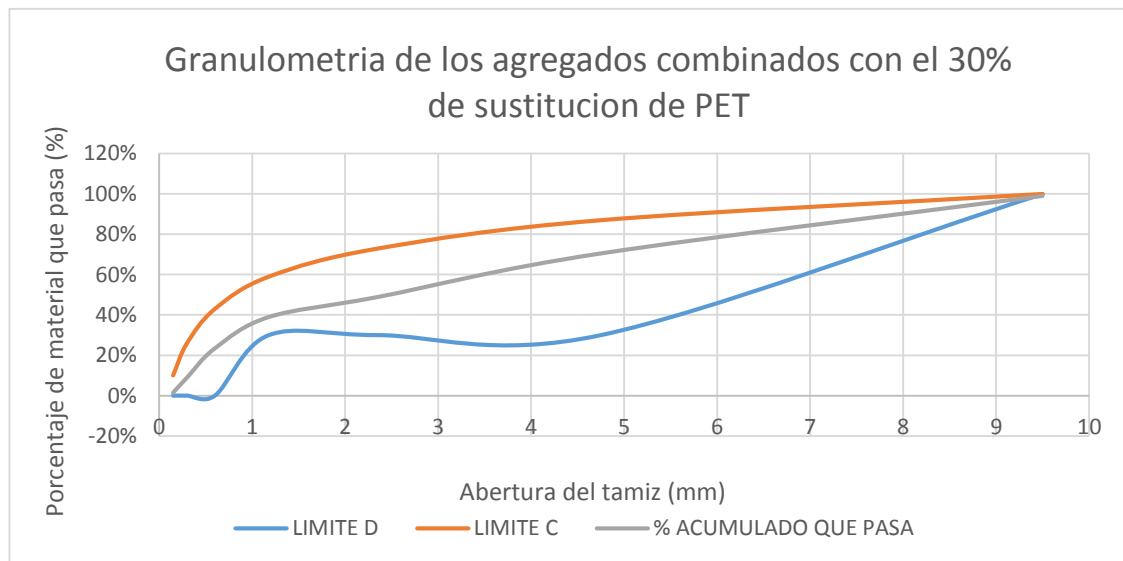
**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS Y ACÚSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA CON MATERIALES DE RECICLAJE FABRICADOS BAJO LA NORMA ASTM C90.

**TIPO DE MUESTRA:** 30% PET, 70% AGREGADO PETREO

**FECHA DE ENSAYO:** 26 DE MAYO DEL 2017

**LABORATORISTAS:** CAMPOS VÁSQUEZ, MARÍA DE LOS ANGELES  
 CASTILLO HERNÁNDEZ, SONIA YAMILETH  
 MOREIRA MARTÍNEZ, JORGE HUMBERTO

MALLA	ABERTURA (MM)	LÍMITE C	LÍMITE B	% ACUMULADO QUE PASA	OBSERVACION
3/8 "	9.5	100%	100%	98.00%	CUMPLE
No. 4	4.75	87%	74.0%	75.50%	CUMPLE
No. 8	2.36	73.0%	56.0%	63.00%	CUMPLE
No. 16	1.18	59.0%	41.0%	52.00%	CUMPLE
No. 30	0.60	43.00%	27.0%	33.00%	CUMPLE
No. 50	0.30	26.00%	13.0%	13.50%	CUMPLE



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LAS  
UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO Y UNIDADES  
RELACIONADAS (ASTM C 140)**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS TERMICAS Y  
ACUSTICAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA CON MATERIALES DE  
RECICLAJE FABRICADOS BAJO A NORMA ASTM C90

<b>LABORATORISTA</b> OSCAR RENE CHICAS	<b>FECHA DE FABRICACION</b>	5 DE MAYO DEL 2017
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	15 DE MAYO DEL 2017
	<b>LUGAR DE ENSAYO:</b>	LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE MZ CONSULTORES S.A DE C.V

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>				
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Prom</b>
Descripción	<b>Mezcla patrón</b>			
Edad (días)	9	9	9	
Peso (kg)	11.22	11.44	11.28	<b>11.3</b>
Área neta (mm <sup>2</sup> )	23610	30030	25317	<b>26319.0</b>
Área bruta (mm <sup>2</sup> )	38514	38024	37440	<b>37992.7</b>
Largo (mm)	393	400	398	<b>397.0</b>
Alto (mm)	195	192	195	<b>194.0</b>
Ancho(mm)	98	95	94	<b>95.7</b>
Carga aplicada (N)	338000	350000	308000	<b>332000.0</b>
resistencia a la compresión (para área neta en MPa)	14.32	11.65	12.16	<b>12.7</b>
resistencia a la compresión (para área bruta en MPa)	8.77	9.20	8.23	<b>8.7</b>

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>				
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Prom</b>
Descripción	<b>Mezcla con 10% PET</b>			
Edad (días)	9	9	9	
Peso (kg)	9.08	9.06	9.26	<b>9.1</b>
Área neta (mm <sup>2</sup> )	26836	26022	25756	<b>26204.7</b>
Área bruta (mm <sup>2</sup> )	37145	37050	37830	<b>37341.7</b>
Largo (mm)	395	394	398	<b>395.7</b>
Alto (mm)	194	197	195	<b>195.3</b>
Ancho(mm)	94	94	95	<b>94.3</b>
Carga aplicada (N)	128000	128000	124000	<b>126666.7</b>
resistencia a la compresión (para área neta en MPa)	4.77	4.92	4.81	<b>4.8</b>
resistencia a la compresión (para área bruta en MPa)	3.45	3.45	3.28	<b>3.4</b>

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>				
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Prom</b>
Descripción	<b>Mezcla con 20% PET</b>			
Edad (días)	9	9	9	
Peso (kg)	7.66	7.88	7.70	<b>7.7</b>
Área neta (mm <sup>2</sup> )	24995	27672	25686	<b>26117.7</b>
Área bruta (mm <sup>2</sup> )	39500	38612	38513	<b>38875.0</b>
Largo (mm)	398	394	392	<b>394.7</b>
Alto (mm)	195	198	193	<b>195.3</b>
Ancho(mm)	99	98	98	<b>98.3</b>
Carga aplicada (N)	82000	64000	70000	<b>72000.0</b>
resistencia a la compresión (para área neta en MPa)	3.28	2.31	2.73	<b>2.8</b>
resistencia a la compresión (para área bruta en MPa)	2.08	1.66	1.82	<b>1.9</b>

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>				
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Prom</b>
Descripción	<b>Mezcla con 30% PET</b>			
Edad (días)	9	9	9	
Peso (kg)	5.98	6.04	5.74	<b>5.9</b>
Área neta (mm <sup>2</sup> )	24538	25900	25720	<b>25386.0</b>
Área bruta (mm <sup>2</sup> )	38218	38315	38315	<b>38282.7</b>
Largo (mm)	390	395	395	<b>393.3</b>
Alto (mm)	190	193	197	<b>193.3</b>
Ancho(mm)	98	97	97	<b>97.3</b>
Carga aplicada (N)	24000	20000	22000	<b>22000.0</b>
resistencia a la compresión (para área neta en MPa)	0.84	0.77	0.86	<b>0.8</b>
resistencia a la compresión (para área bruta en MPa)	0.63	0.52	0.57	<b>0.6</b>

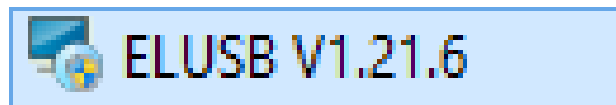
## ANEXO 7: DETALLES Y CONFIGURACIONES DEL EQUIPO USADO PARA MEDICION DE TEMPERATURA Y PRESION SONORA.

### EQUIPO DE MEDICION DE TEMPERATURA

#### Instalación y configuración del software

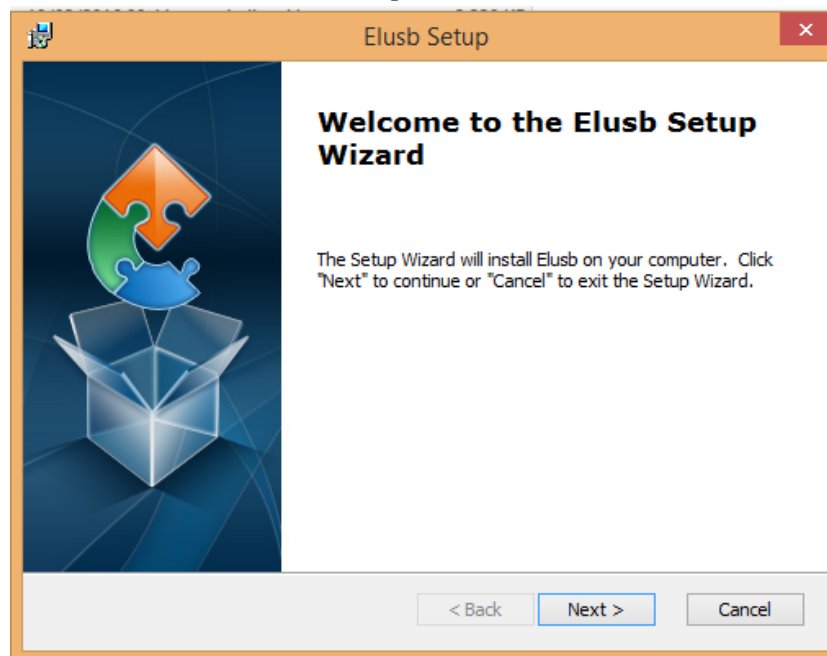
- 1- Colocar el CD en el computador y abrir haciendo doble clic en el Archivo e instalar el software siguiendo las sugerencias.

**Figura A11:** *Icono del software para equipo de medición de temperatura*



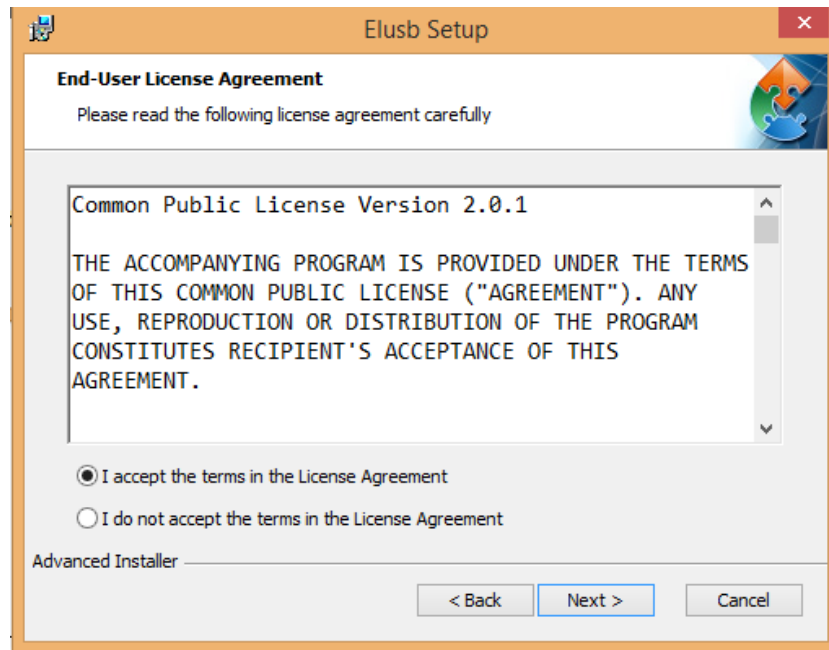
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura A12:** *Asistente de instalador del software para equipo de medición de temperatura*



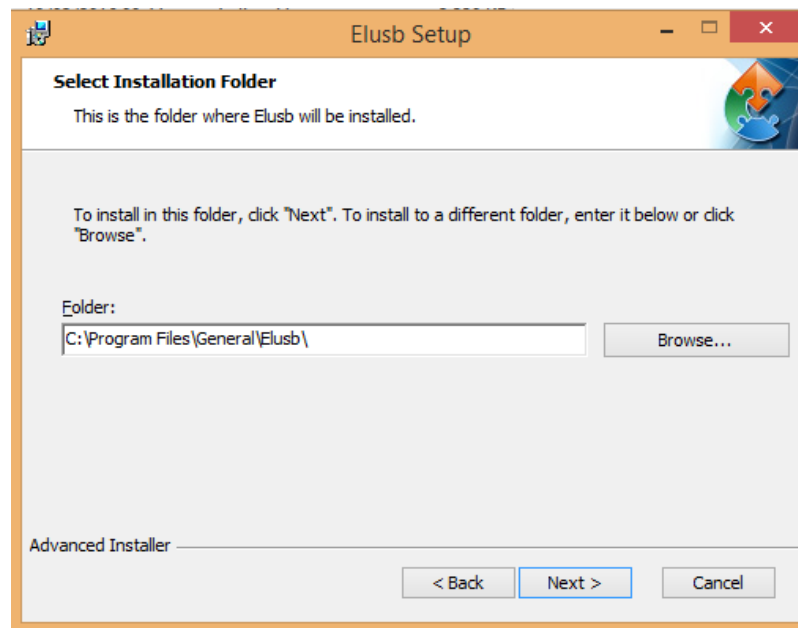
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura A13:** *Asistente de instalador del software para equipo de medición de temperatura*



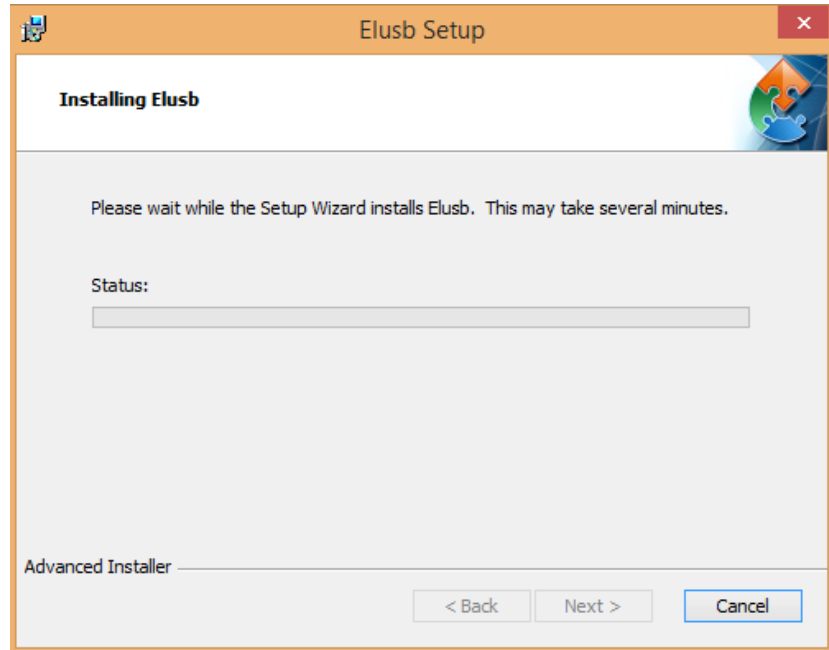
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura A14:** *Asistente de instalador del software para equipo de medición de temperatura*



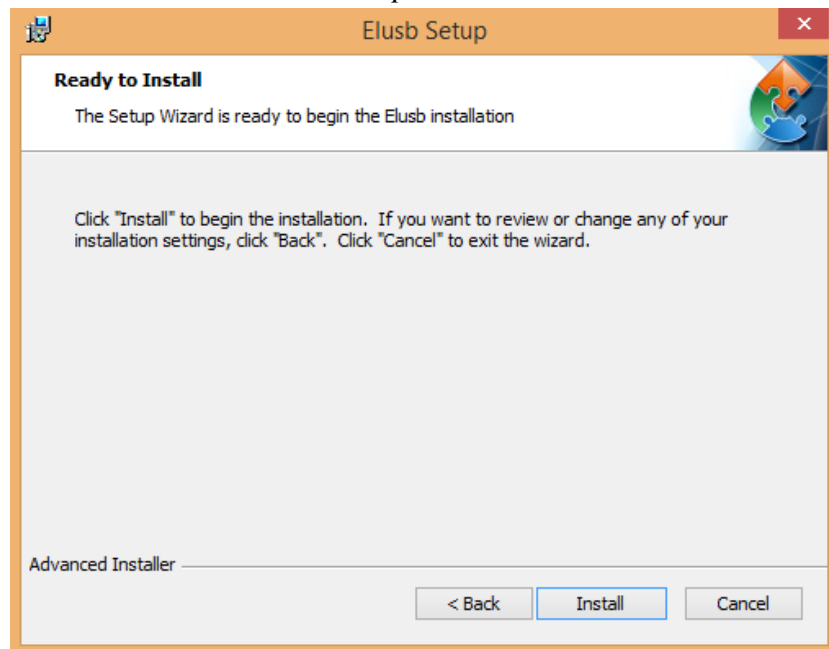
**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura A15:** *Asistente de instalador del software para equipo de medición de temperatura*



**Fuente:** *Elaboración propia*

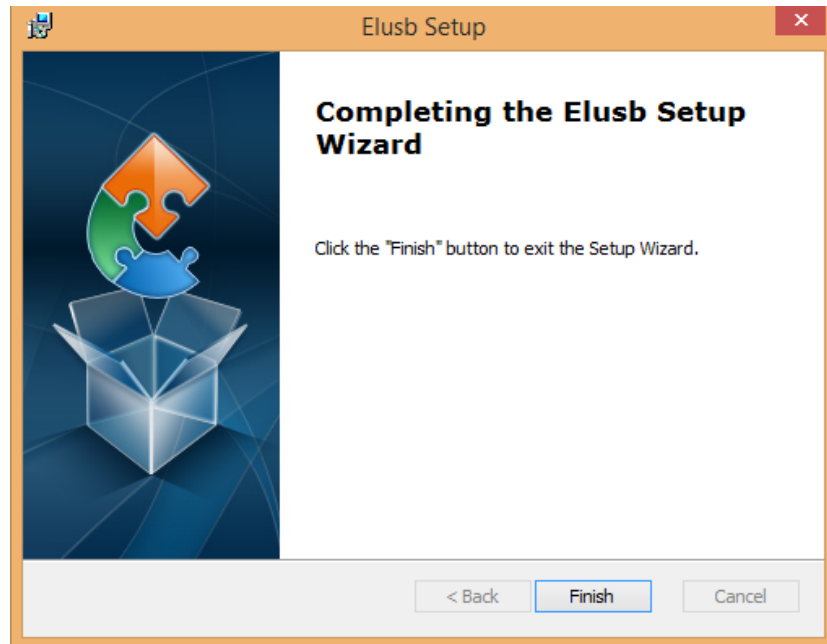
**Figura A16:** *Asistente de instalador del software para equipo de medición de temperatura*



**Fuente:** *Elaboración propia*



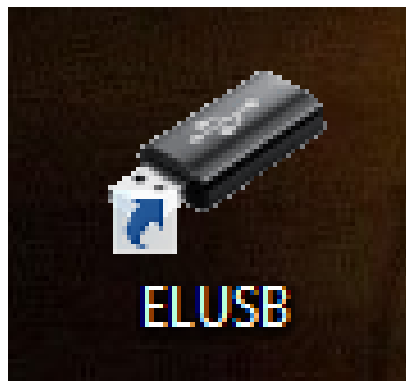
**Figura A17:** *Asistente de instalador del software para equipo de medición de temperatura*



**Fuente:** *Elaboración propia*

2- Se mostrará el siguiente icono en el escritorio después de instalar completamente.

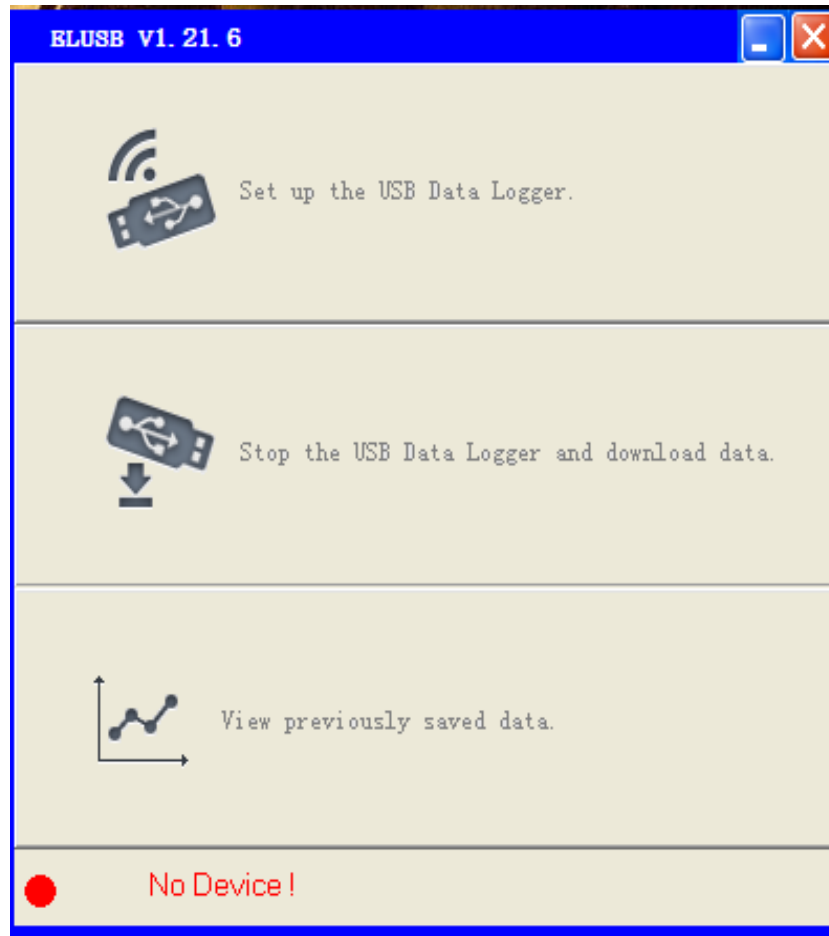
**Figura A18:** *Icono en el escritorio de la PC*



**Fuente:** *Elaboración propia*

- 3- Haga clic en el icono dos veces para ejecutar el software, la siguiente interfaz se mostrará de la siguiente manera:

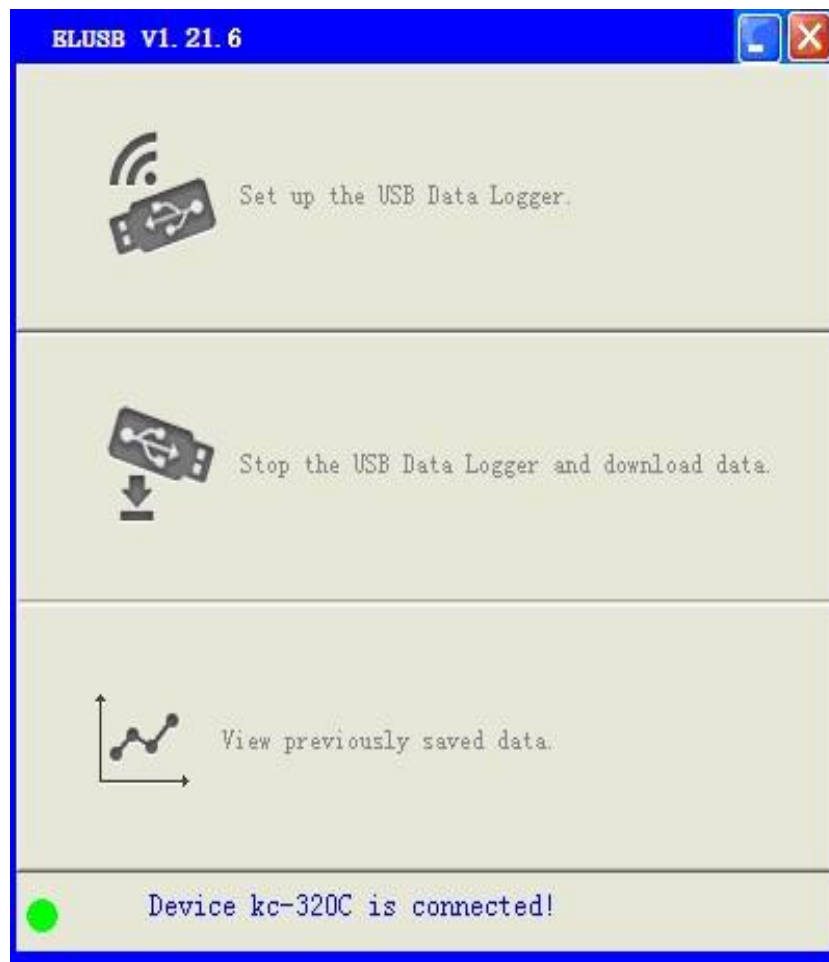
**Figura A19:** *Ventana de configuración de software*



**Fuente:** *Elaboración propia*

- 4- Conecte el dispositivo a su computadora a través de USB, el número de modelo se mostrará bajo el software, significa que el dispositivo se ha conectado correctamente a su computadora como se muestra a continuación:

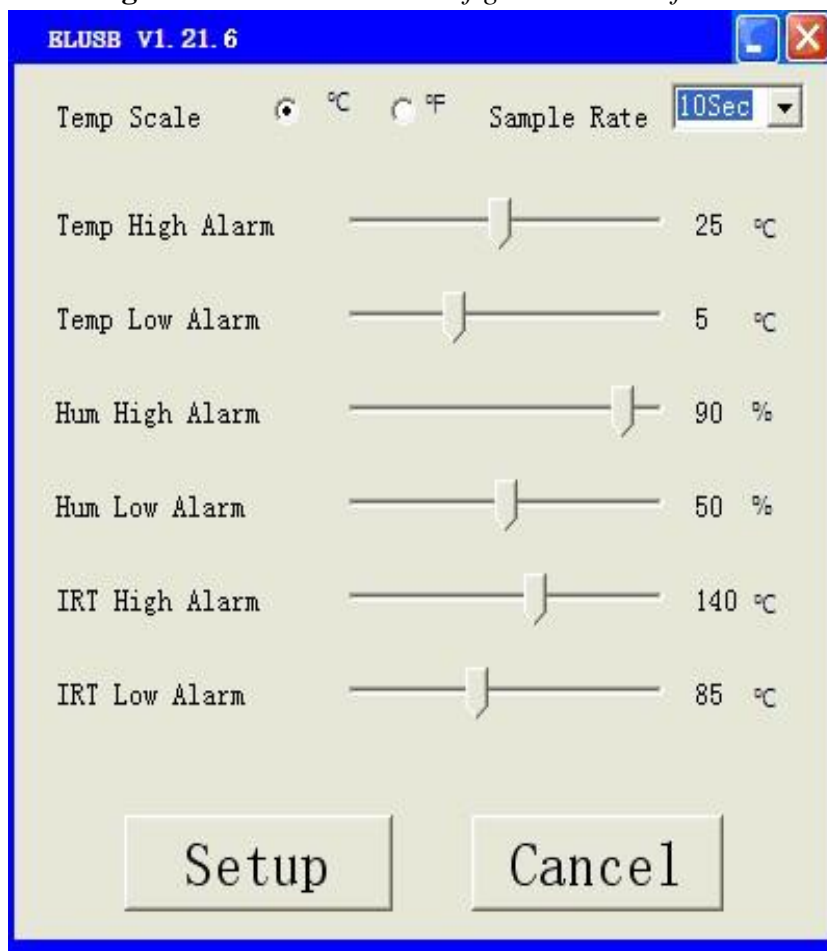
**Figura A20:** *Ventana de configuración de software*



**Fuente:** *Elaboración propia*

5- Por favor, haga clic en "Configurar el DataLogger USB" para configurar los parámetros de operación. A continuación, se mostrará la interfaz de configuración como se muestra a continuación:

**Figura A21:** *Ventana de configuración de software*



**Fuente:** *Elaboración propia*

- 6- Hacer clic en el botón Configuración para finalizar la configuración de lo que desea. Se mostrará el siguiente mensaje, haga clic en "Aceptar" para salir de la configuración.

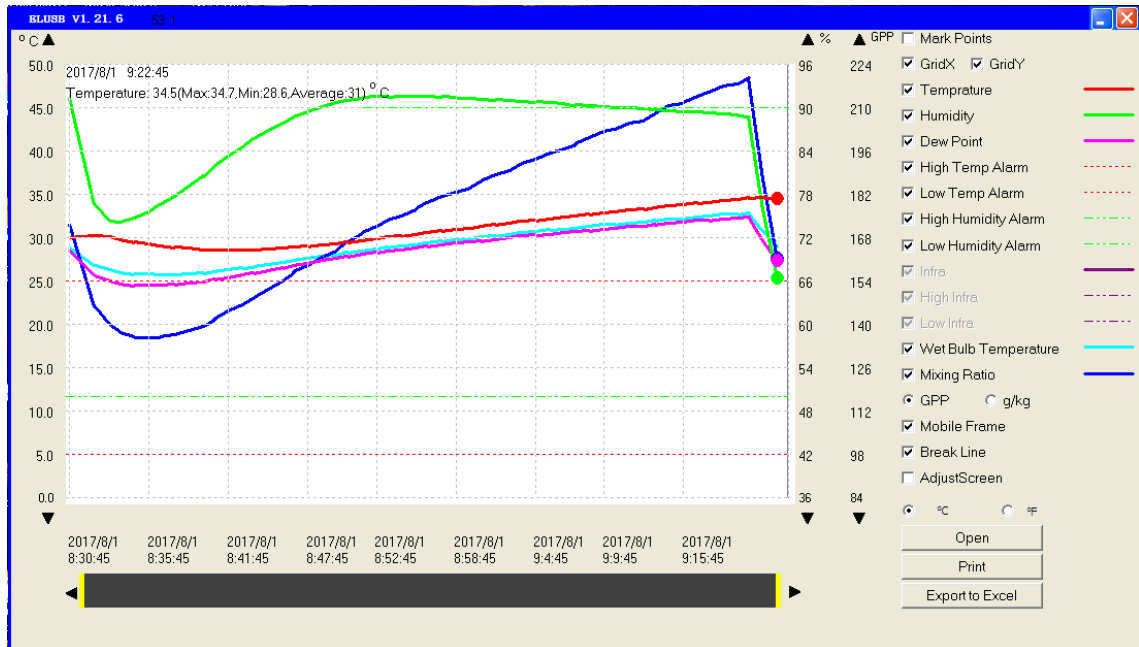
**Figura A22:** *Configuración completa*



**Fuente:** *Elaboración propia*

- 7- Cuando el dispositivo ha terminado de grabar los datos necesarios, es necesario descargar los datos para un mejor análisis. En primer lugar, conecte el dispositivo a su computadora y haga clic en "Detener el USB Data Logger y descargar datos", puede configurar el nombre de archivo guardado y la ruta, haga clic en "Guardar" y el software descargará los datos.

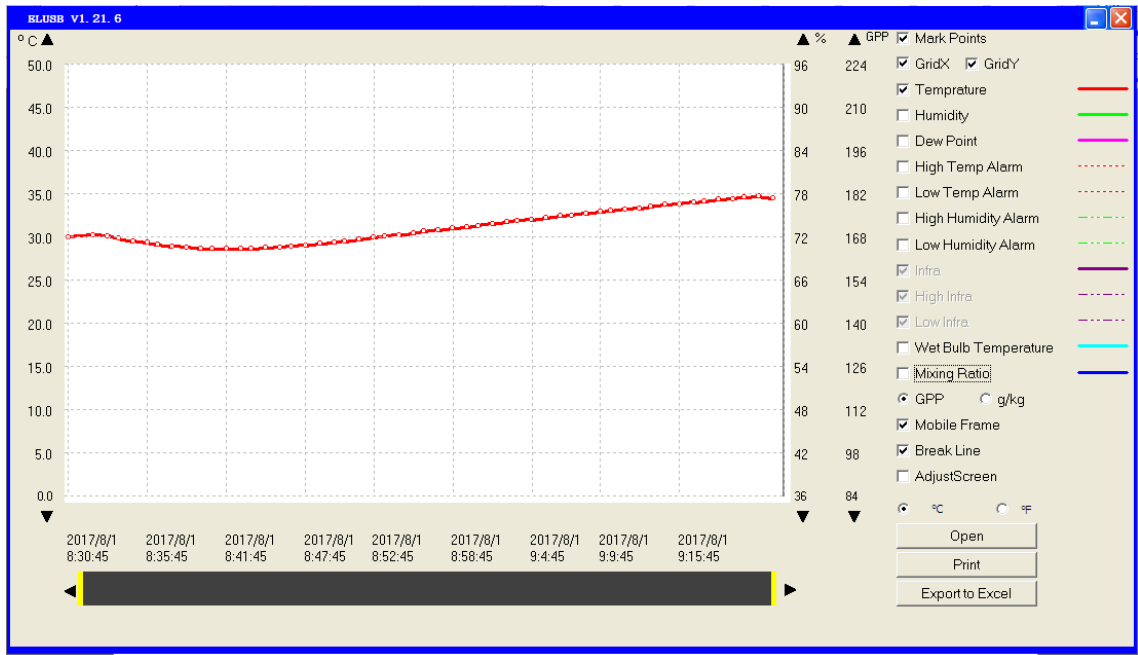
**Figura A23:** Extracción de datos en el software



**Fuente:** *Elaboración propia*

- 8- En este caso como solo interesa el dato de temperatura, en la parte derecha de la ventana se pueden quitar las curvas que no se necesitan para tener solo la curva de temperatura:

**Figura A24:** Grafica de temperatura mostrada en el software



Fuente: *Elaboración propia*

**Figura A25:** Base de datos para grafica de temperatura mostrada en el software

1 l: Bloc de notas												
No.	Year	Month	Day	H	M	S	Temperature	Humidity	Infrared	DewPoint	MixingRatio	WetBulbTempe
Alarm low							5	50				
Alarm Up							25	90				
Max							34.7	91.6		32.4	31.4	32.9
Min							28.6	66.4		24.5	19.4	25.7
Average							31	86.7		28.5	25.1	29.1
1	2017	8	8	8	30	45	30	91.3		28.4	24.6	28.8
2	2017	8	8	8	31	45	30.2	76.6		25.6	20.8	26.8
3	2017	8	8	8	32	45	30.1	74.3		25	20	26.3
4	2017	8	8	8	33	45	29.8	74.2		24.7	19.6	26
5	2017	8	8	8	34	45	29.5	74.7		24.5	19.4	25.8
6	2017	8	8	8	35	45	29.3	75.5		24.5	19.4	25.8
7	2017	8	8	8	36	45	29.1	76.5		24.5	19.4	25.7
8	2017	8	8	8	37	45	28.9	77.7		24.6	19.5	25.7
9	2017	8	8	8	38	45	28.8	79.1		24.8	19.7	25.8
10	2017	8	8	8	39	45	28.6	80.5		24.9	19.9	25.9
11	2017	8	8	8	40	45	28.6	81.9		25.2	20.2	26.1
12	2017	8	8	8	41	45	28.6	83.3		25.4	20.6	26.3
13	2017	8	8	8	42	45	28.6	84.6		25.7	20.9	26.5
14	2017	8	8	8	43	45	28.6	85.7		25.9	21.2	26.6
15	2017	8	8	8	44	45	28.7	86.8		26.2	21.6	26.9
16	2017	8	8	8	45	45	28.8	87.8		26.5	22	27.1
17	2017	8	8	8	46	45	28.9	88.7		26.8	22.4	27.4
18	2017	8	8	8	47	45	29	89.4		27	22.7	27.6
19	2017	8	8	8	48	45	29.2	90.1		27.4	23.1	27.9
20	2017	8	8	8	49	45	29.3	90.7		27.6	23.4	28
21	2017	8	8	8	50	45	29.5	91		27.8	23.8	28.3
22	2017	8	8	8	51	45	29.7	91.3		28.1	24.2	28.5
23	2017	8	8	8	52	45	29.9	91.5		28.3	24.5	28.7
24	2017	8	8	8	53	45	30.1	91.5		28.5	24.8	28.9
25	2017	8	8	8	54	45	30.2	91.6		28.6	25	29.1
26	2017	8	8	8	55	45	30.4	91.6		28.8	25.3	29.2
27	2017	8	8	8	56	45	30.6	91.6		29	25.6	29.4
28	2017	8	8	8	57	45	30.8	91.5		29.2	25.9	29.6
29	2017	8	8	8	58	45	31	91.3		29.4	26.1	29.8

Fuente: *Elaboración propia*

## ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

- ✓ Sensor interno con capacidad de lectura de  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$
- ✓ Intervalos de registros regulables
- ✓ Software de gestión de datos y cable USB para trabajar con pc
- ✓ Datos exportables a formato Excel, Pdf y Word
- ✓ Larga duración de batería
- ✓ Almacenamiento para 16,300 lecturas

**Figura A26:** *Medidor de temperatura es un aparato conocido como datalogger*



**Fuente:** *Elaboración propia*



## EQUIPO DE MEDICION DE DECIBELES

### Programación de software generador de tonos

- 1- Se descarga el software NCH Toné Generator, se instala y abre el programa

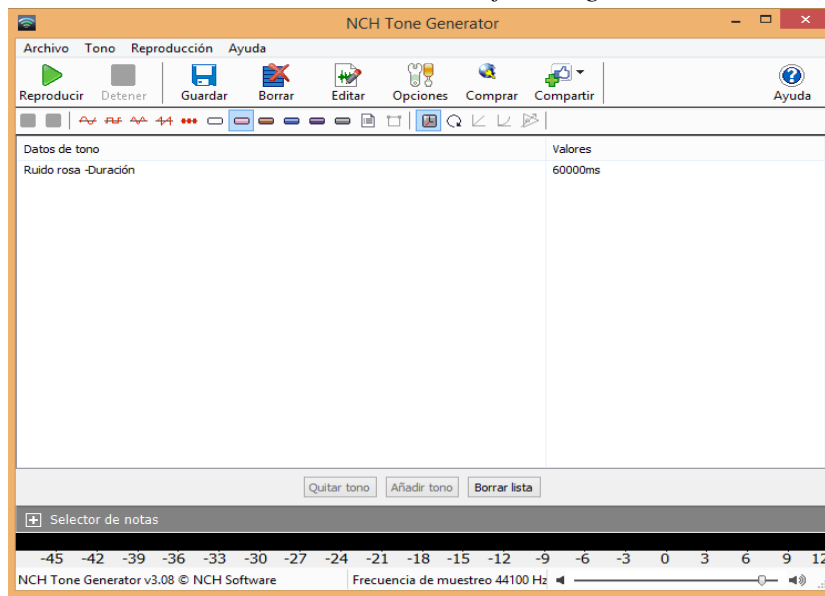
**Figura A27:** *Software generador de ruido rosa*



**Fuente:** *Elaboración propia*

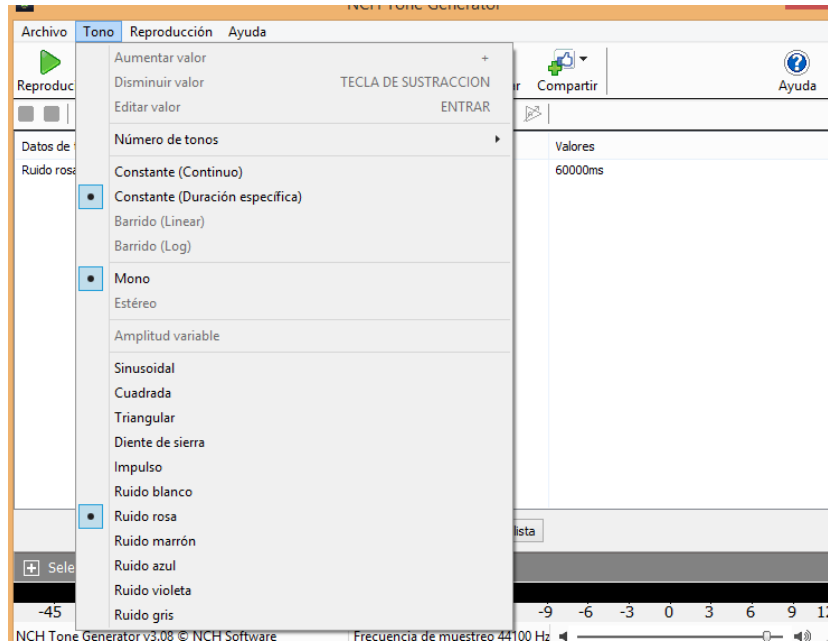
- 2- Para generar el ruido rosa, en la ventana del programa se busca la pestaña tono donde aparecerá un menú de donde seleccionamos el ruido rosa

**Figura A28:** *Ventana de interacción de software generador de ruido rosa*



**Fuente:** *Elaboración propia*

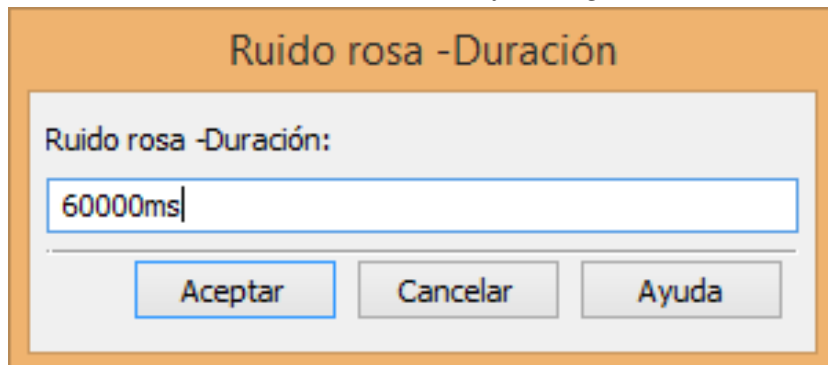
**Figura A29:** *Ventana de interacción de software generador de ruido rosa*



**Fuente:** *Elaboración propia*

- 3- En la ventana del programa donde ya se ha seleccionado el ruido rosa se hace doble clic y se configura el tiempo que se necesita que el ruido actué.

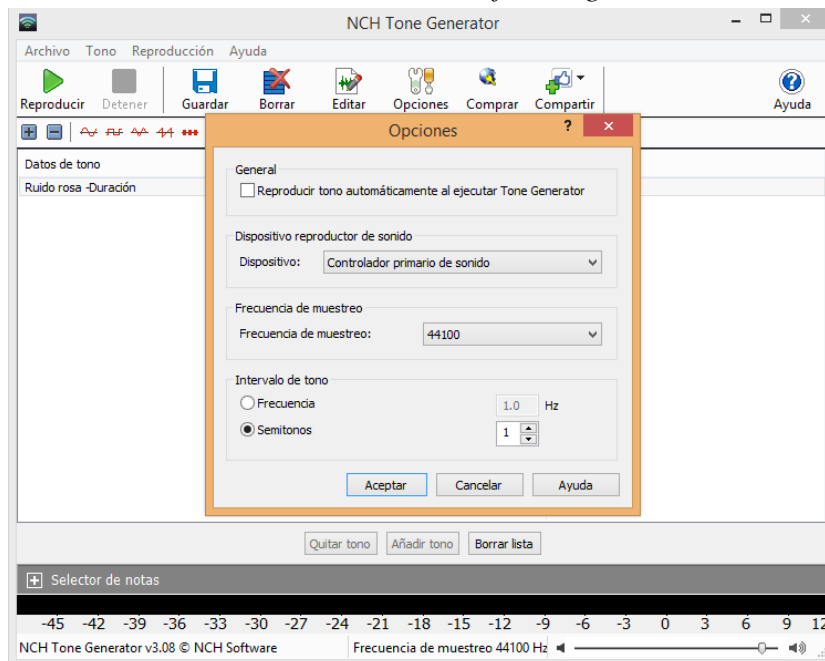
**Figura A30:** *Ventana de interacción de software generador de ruido rosa*



**Fuente:** *Elaboración propia*

- 4- Al volver a la ventana del programa en el menú superior se selecciona la pestaña opciones donde se despliega la ventana para configurar la frecuencia de muestreo y el intervalo de tonos

**Figura A31:** *Ventana de interacción de software generador de ruido rosa*



**Fuente:** *Elaboración propia*

### **Instalación del software de controlador de dispositivo:**

5. Abrir la carpeta del disco en el navegador, buscar y hacer doble clic en el archivo denominado "setup.exe", como se muestra en la Figura

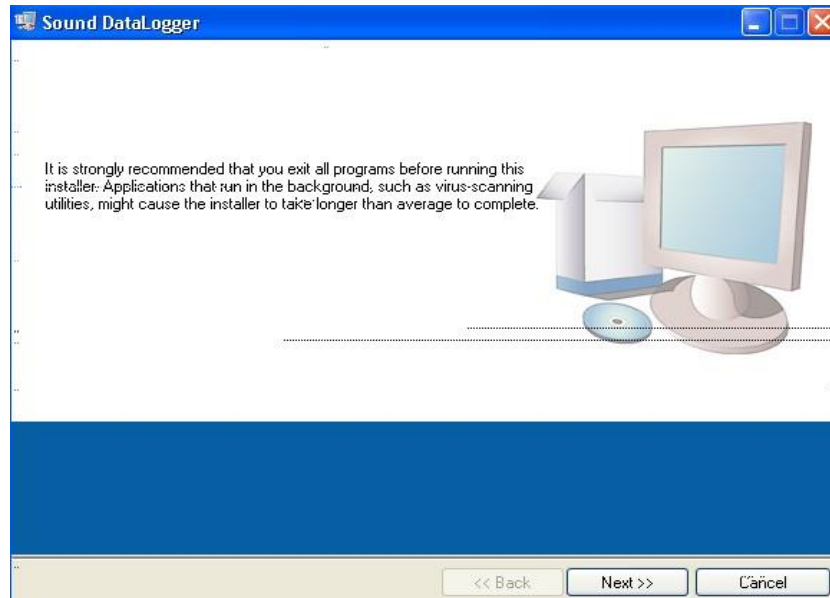
**Figura A32:** *Icono instalador de software para equipo medidor de decibeles*



**Fuente:** *Elaboración propia*

6. Haga clic en "siguiente", como se muestra en la Figura

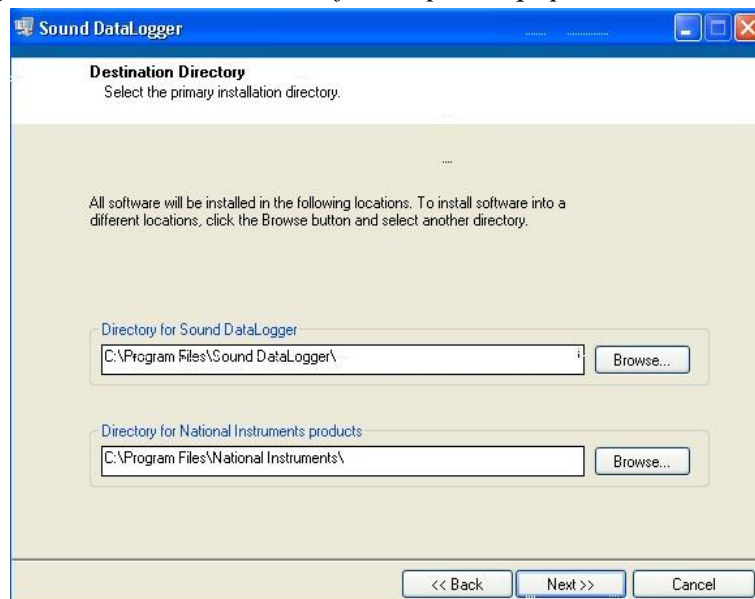
**Figura A33:** *Instalando el software para equipo medidor de decibeles*



**Fuente:** *Elaboración propia*

7. Hacer clic en "Examinar" para elegir una ruta de instalación

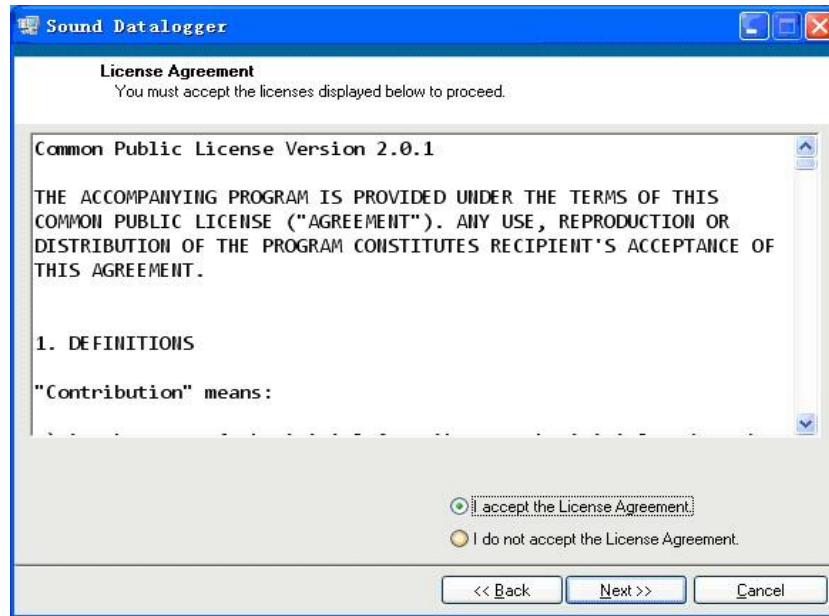
**Figura A34:** *Instalando el software para equipo medidor de decibeles*



**Fuente:** *Elaboración propia*

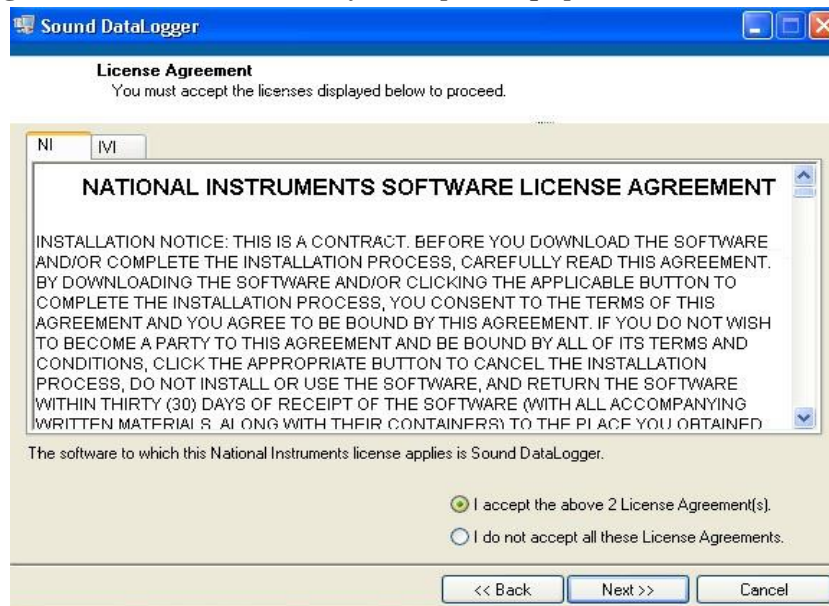
8. Aceptar el acuerdo de licencia como se muestra en la Figura

**Figura A35:** *Instalando el software para equipo medidor de decibeles*



**Fuente:** *Elaboración propia*

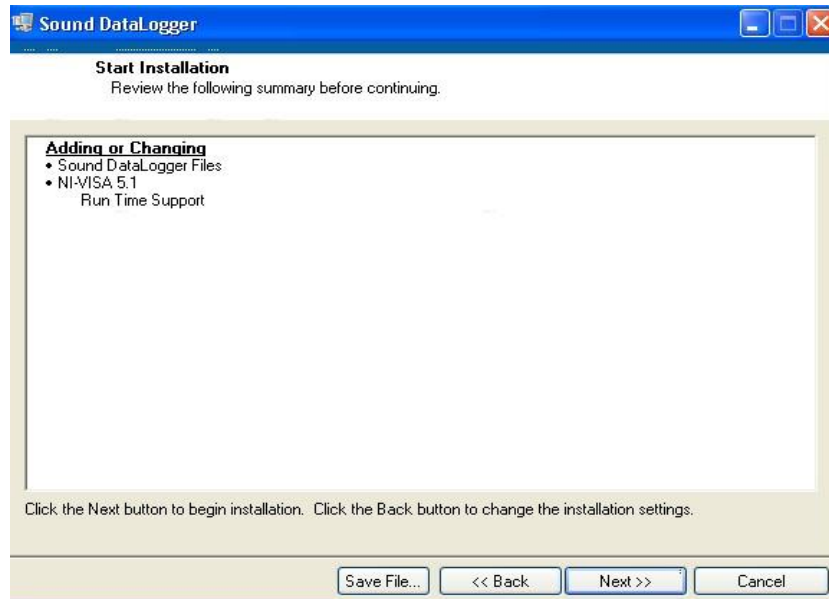
**Figura A36:** *Instalando el software para equipo medidor de decibeles*



**Fuente:** *Elaboración propia*

9. Hacer clic en "NEXT", como en la figura

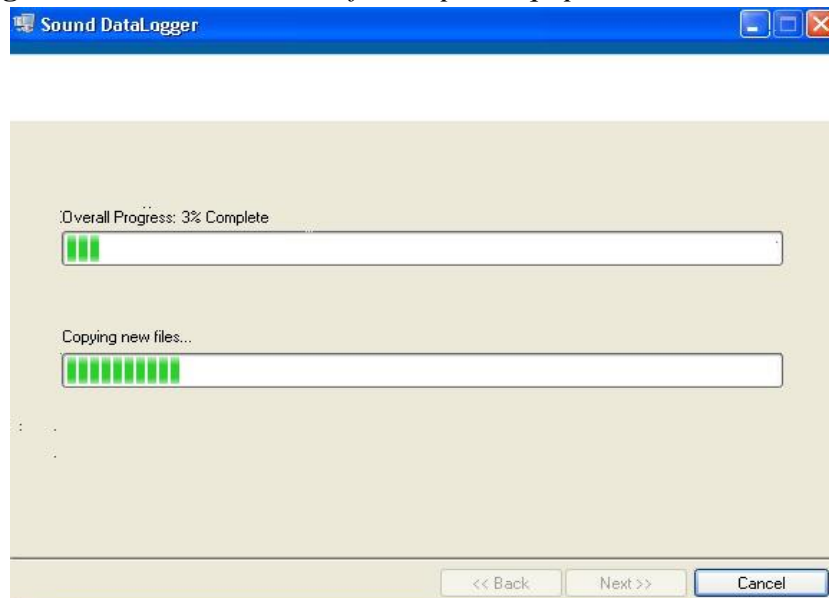
**Figura A37:** Instalando el software para equipo medidor de decibeles



**Fuente:** *Elaboración propia*

10. Esperar a que la instalación se complete como se muestra en la Figura

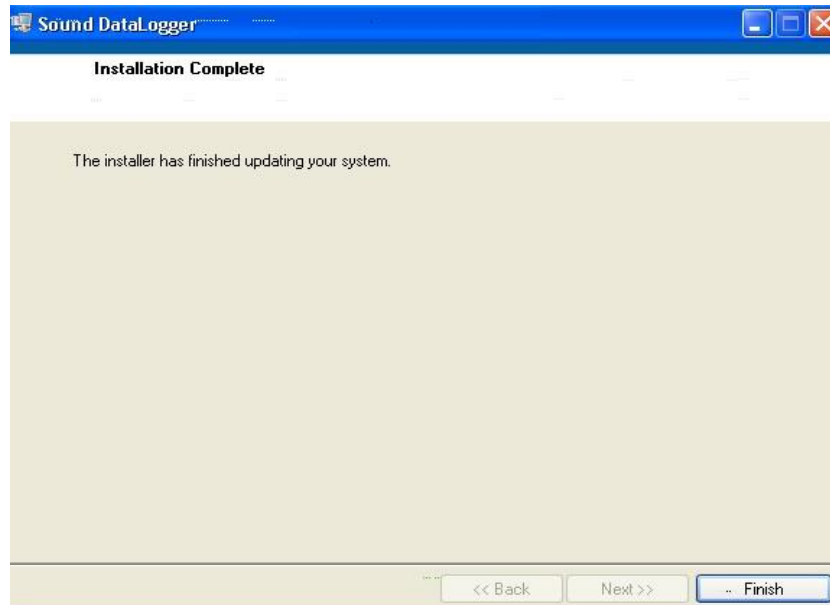
**Figura A38:** Instalando el software para equipo medidor de decibeles



**Fuente:** *Elaboración propia*

11. Hacer clic en "Finalizar"

**Figura A39:** *Instalando el software para equipo medidor de decibeles*



**Fuente:** *Elaboración propia*

12. Aparecerá el siguiente icono en el escritorio:

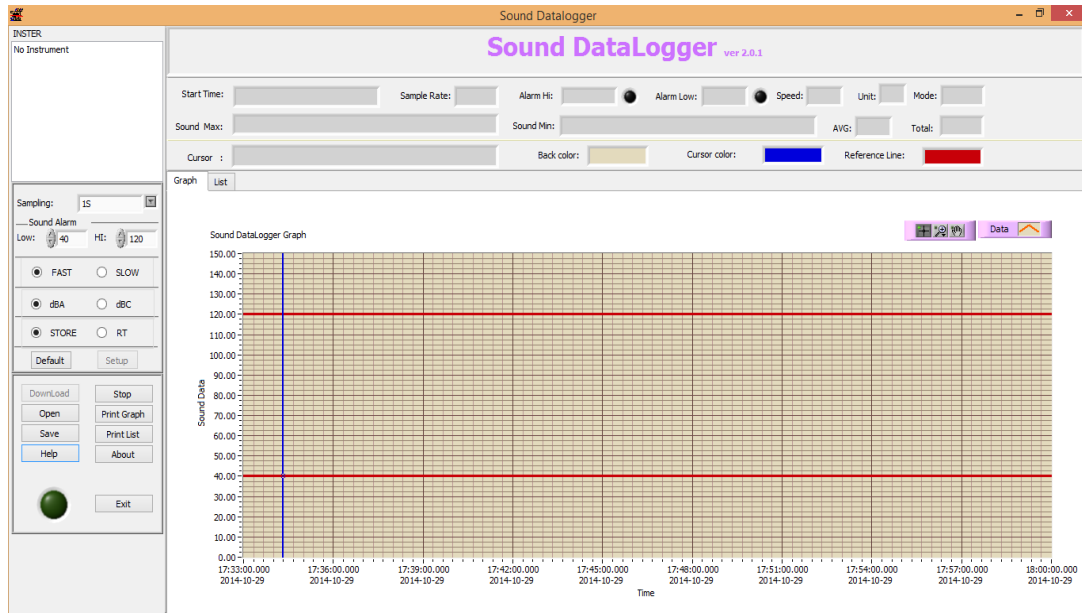
**Figura A40:** *Icono del software para equipo medidor de decibeles*



**Fuente:** *Elaboración propia*

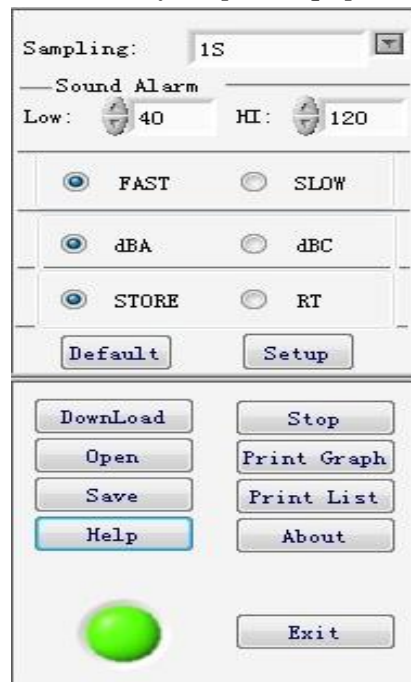
### 13. Instrucciones de Software

**Figura A41:** Ventana de interface para equipo medidor de decibeles



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura A42:** Ventana de interface para equipo medidor de decibeles



**Fuente:** Elaboración propia



**SampLing:** Tiempo de muestreo

**Low:** Límite bajo de alarma de sonido

**HI:** Límite alto de alarma sonora

**FAST:** Ponderación rápida

**SLOW:** Ponderación lenta

**dBA:** Ponderación A

**dBC:** Ponderación C

**STORE:** Modo de registro

**RT:** Modo de transmisión tiempo real

**Default:** Restablecer a predeterminado

**Setup:** Configurar muestreo

**DownLoad:** Descarga de datos

**Stop:** Detener la descarga (en modo RT)

**Open:** Ver datos almacenados

**Print Graph:** Imprimir el gráfico

**Save:** Guardar datos

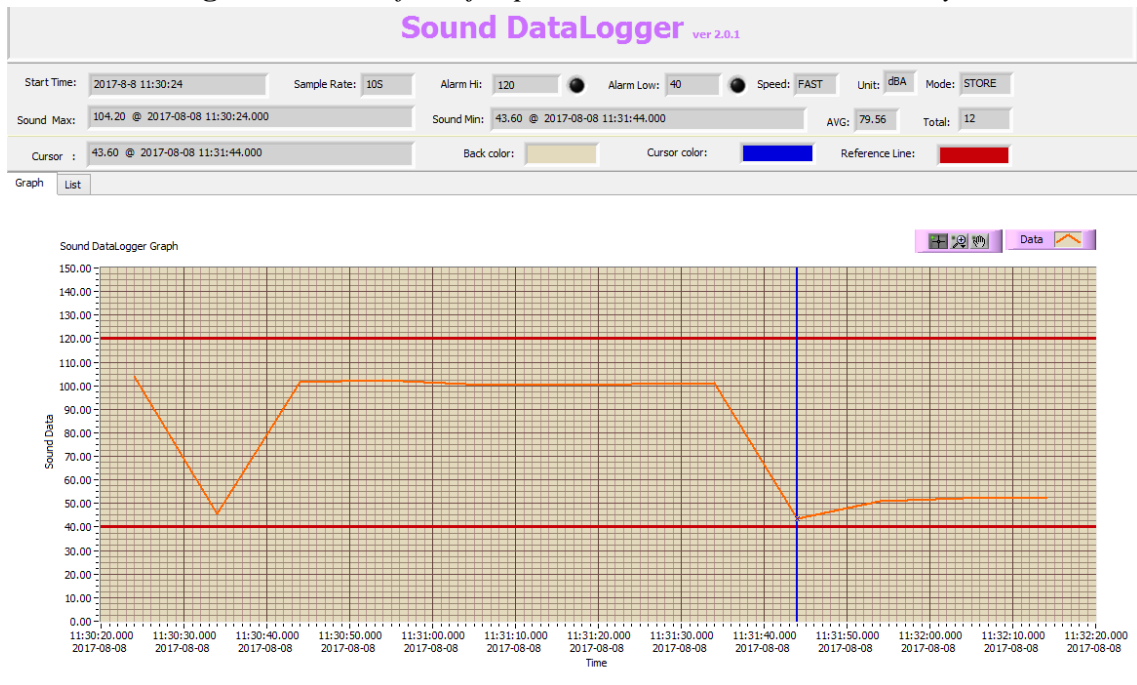
**Print List:** Lista de datos de impresión

**Help:** Ver el archivo de ayuda

**About:** Sobre el software

**Exit:** Salir y cerrar el software

**Figura A43:** Grafica ejemplo de datos extraídos de un ensayo



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura A44:** Base de datos generada por el programa

The screenshot shows the 'Sound DataLogger' software interface with the 'Table' view selected. The table contains the following data:

No.	Time	Sound	Unit
1	2017-08-08 11:30:24.000	104.20	dBA
2	2017-08-08 11:30:34.000	45.50	dBA
3	2017-08-08 11:30:44.000	101.50	dBA
4	2017-08-08 11:30:54.000	102.20	dBA
5	2017-08-08 11:31:04.000	100.60	dBA
6	2017-08-08 11:31:14.000	100.40	dBA
7	2017-08-08 11:31:24.000	100.60	dBA
8	2017-08-08 11:31:34.000	101.10	dBA
9	2017-08-08 11:31:44.000	43.60	dBA
10	2017-08-08 11:31:54.000	50.80	dBA
11	2017-08-08 11:32:04.000	52.10	dBA
12	2017-08-08 11:32:14.000	52.10	dBA

**Fuente:** Elaboración propia

## ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

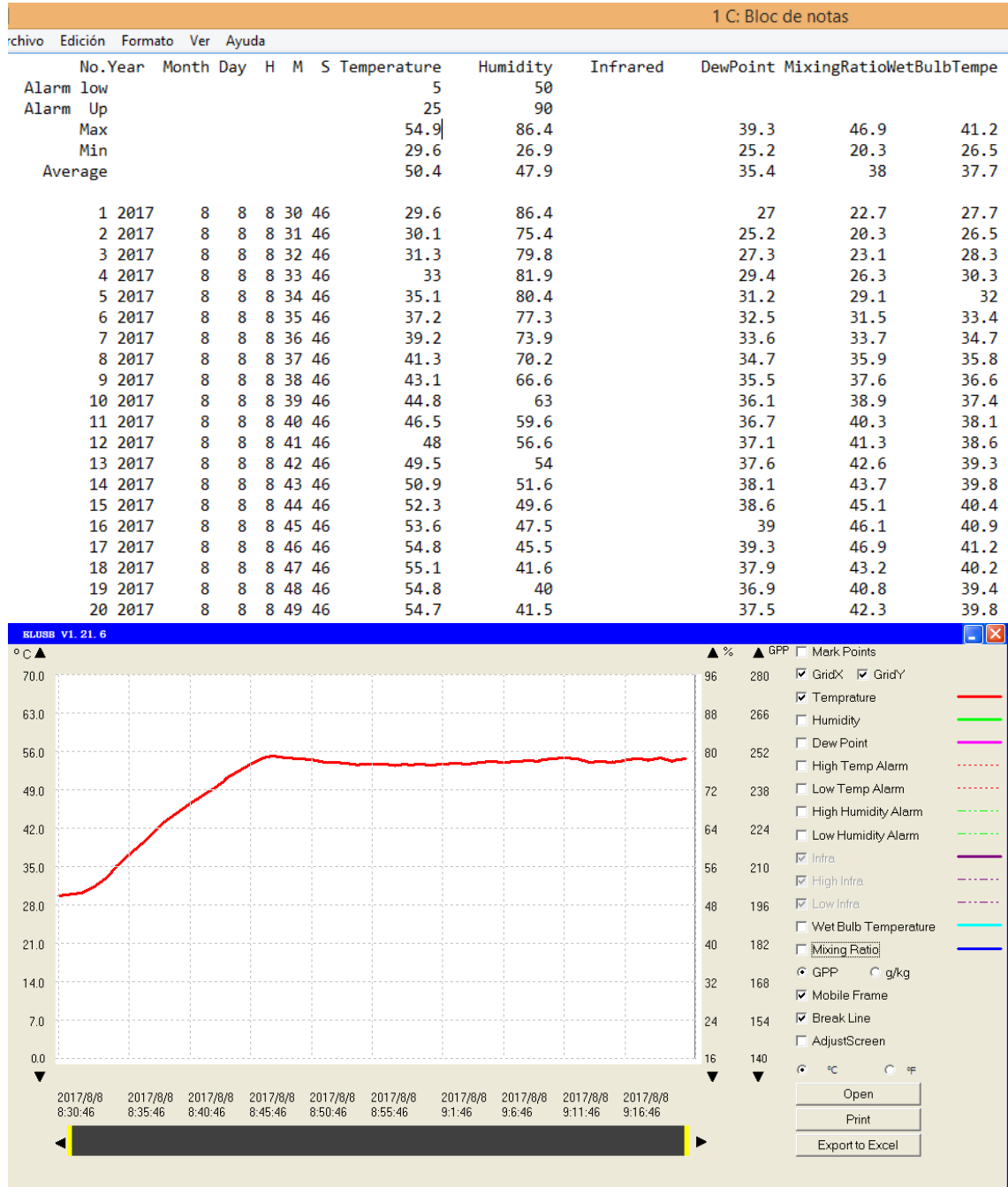
- ✓ Medidor digital de decibeles
- ✓ Rango de medición: 30 db – 130 db
- ✓ Software y conexión USB archivos exportables a Excel
- ✓ Precisión  $\pm 1.5$  db
- ✓ Respuesta de frecuencia: 31.5hz – 8.5 khz
- ✓ Impedancia de salida: 600 hmios

**Figura A45: Medidor digital de decibeles**



## IMÁGENES DE ALGUNOS DATOS OBTENIDOS MEDIANTE LOS EQUIPOS

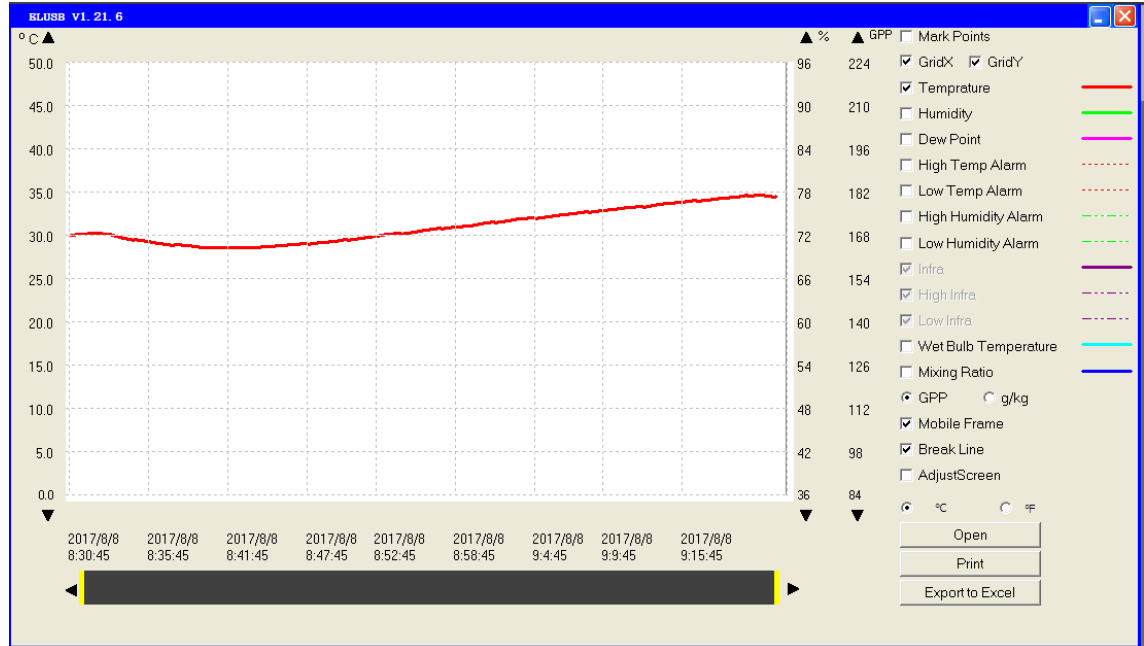
**Figura A46: Datos de temperatura extraídos del equipo**



Fuente: *Elaboración propia*

**Figura A47: Datos de temperatura extraídos del equipo**

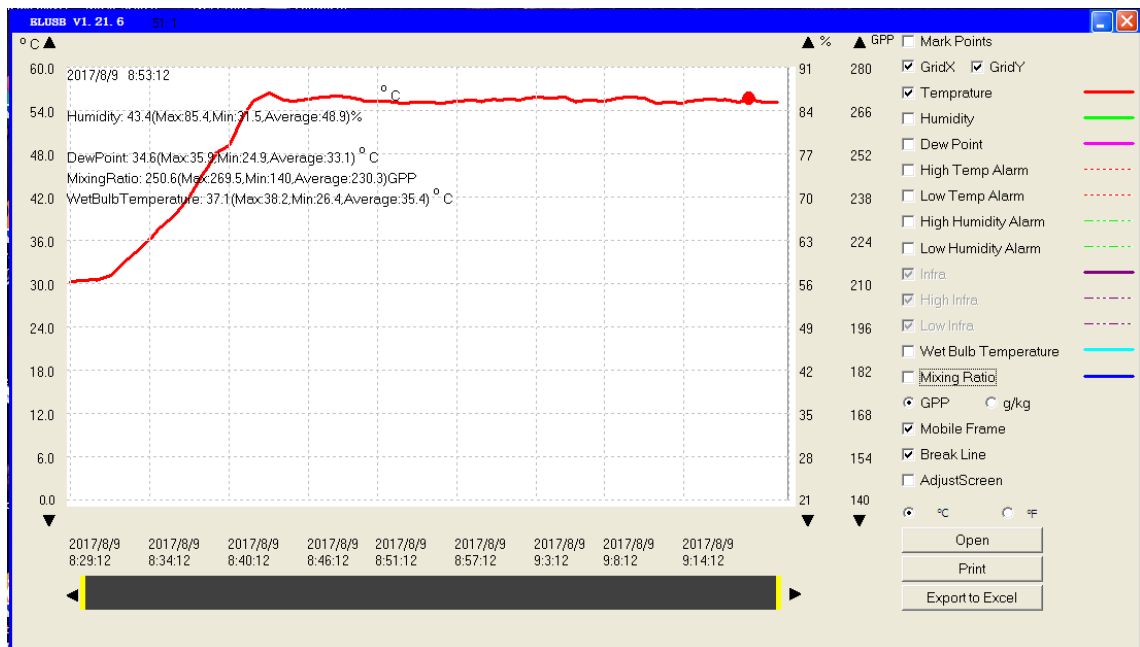
1   Bloc de notas											
Archivo Edición Formato Ver Ayuda											
No.	Year	Month	Day	H	M	S	Temperature	Humidity	Infrared	DewPoint	MixingRatioWetBulbTempe
Alarm low							5	50			
Alarm Up							25	90			
Max							34.7	91.6		32.4	31.4
Min							28.6	66.4		24.5	19.4
Average							31	86.7		28.5	25.1
1	2017	8	8	8	30	45	30	91.3		28.4	24.6
2	2017	8	8	8	31	45	30.2	76.6		25.6	20.8
3	2017	8	8	8	32	45	30.1	74.3		25	20
4	2017	8	8	8	33	45	29.8	74.2		24.7	19.6
5	2017	8	8	8	34	45	29.5	74.7		24.5	19.4
6	2017	8	8	8	35	45	29.3	75.5		24.5	19.4
7	2017	8	8	8	36	45	29.1	76.5		24.5	19.4
8	2017	8	8	8	37	45	28.9	77.7		24.6	19.5
9	2017	8	8	8	38	45	28.8	79.1		24.8	19.7
10	2017	8	8	8	39	45	28.6	80.5		24.9	19.9
11	2017	8	8	8	40	45	28.6	81.9		25.2	20.2
12	2017	8	8	8	41	45	28.6	83.3		25.4	20.6
13	2017	8	8	8	42	45	28.6	84.6		25.7	20.9
14	2017	8	8	8	43	45	28.6	85.7		25.9	21.2
15	2017	8	8	8	44	45	28.7	86.8		26.2	21.6
16	2017	8	8	8	45	45	28.8	87.8		26.5	22
17	2017	8	8	8	46	45	28.9	88.7		26.8	22.4
18	2017	8	8	8	47	45	29	89.4		27	22.7
19	2017	8	8	8	48	45	29.2	90.1		27.4	23.1
20	2017	8	8	8	49	45	29.3	90.7		27.6	23.4



Fuente: *Elaboración propia*

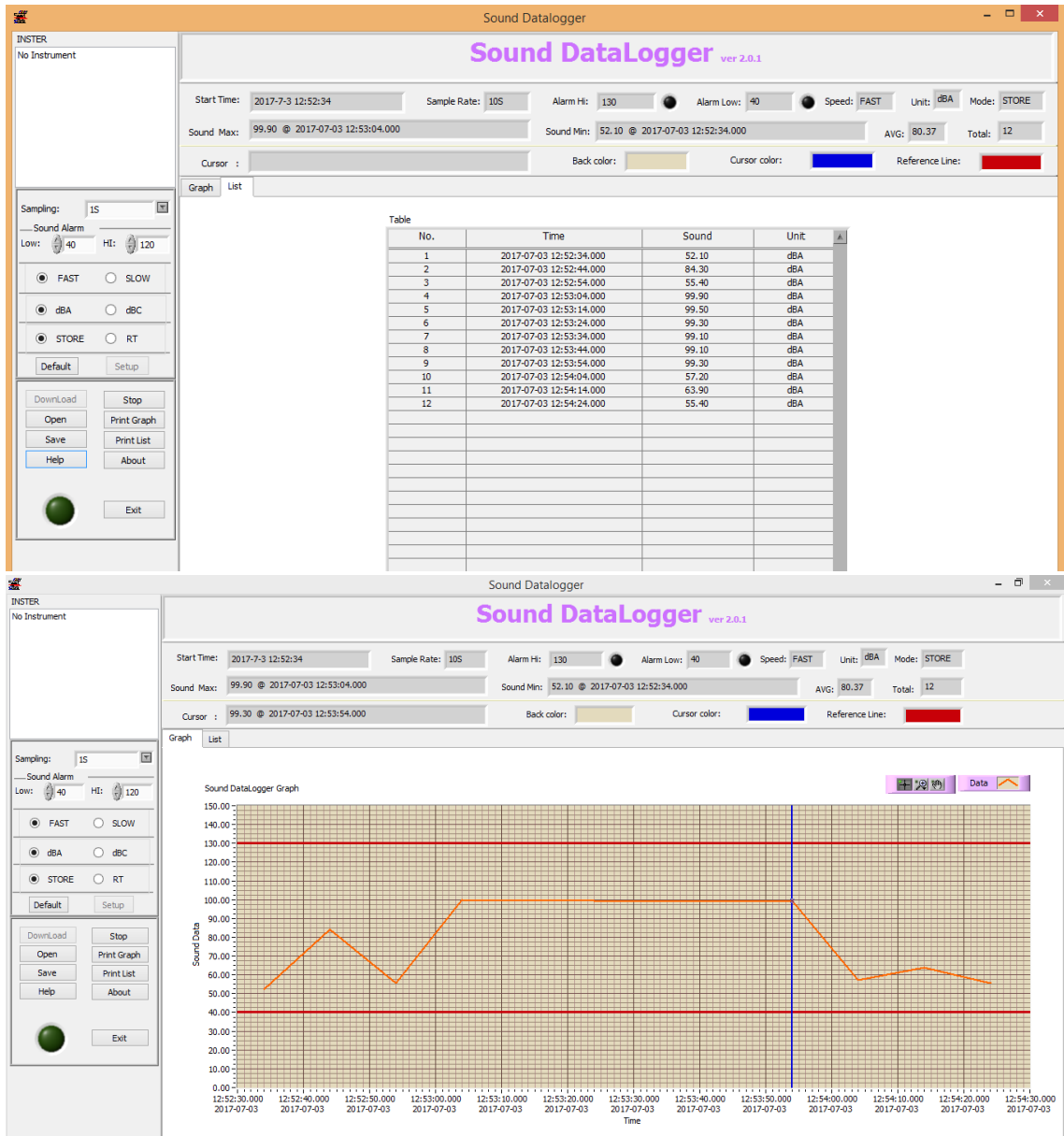
**Figura A48: Datos de temperatura extraídos del equipo**

1 c: Bloc de notas											
Edición	Formato	Ver	Ayuda								
20	2017	8	9	8	48	12	56	42.9	33.9	34.3	36.5
21	2017	8	9	8	49	12	55.8	42	33.3	33.1	36
22	2017	8	9	8	50	12	55.3	42	32.9	32.3	35.6
23	2017	8	9	8	51	12	55.3	44.2	33.8	34.1	36.3
24	2017	8	9	8	52	12	55.3	43	33.3	33.1	35.9
25	2017	8	9	8	53	12	55	42.9	33	32.5	35.7
26	2017	8	9	8	54	12	55.2	45.1	34.1	34.6	36.5
27	2017	8	9	8	55	12	55.2	43.6	33.5	33.4	36
28	2017	8	9	8	56	12	55	43.3	33.2	32.8	35.8
29	2017	8	9	8	57	12	55.3	45.4	34.3	35	36.7
30	2017	8	9	8	58	12	55.4	43.7	33.7	33.8	36.2
31	2017	8	9	8	59	12	55.2	43.2	33.3	33.1	35.9
32	2017	8	9	9	0	12	55.5	45.5	34.5	35.5	36.8
33	2017	8	9	9	1	12	55.6	44.1	34	34.5	36.5
34	2017	8	9	9	2	12	55.5	43.6	33.7	33.9	36.3
35	2017	8	9	9	3	12	55.8	45.8	34.9	36.3	37.2
36	2017	8	9	9	4	12	55.7	44.2	34.4	35.4	36.9
37	2017	8	9	9	5	12	55.9	43.3	34	34.4	36.5
38	2017	8	9	9	6	12	55.2	45.5	35.1	36.8	37.4
39	2017	8	9	9	7	12	55.4	44	34.7	35.9	37.1
40	2017	8	9	9	8	12	55.3	43.5	34.4	35.3	36.9



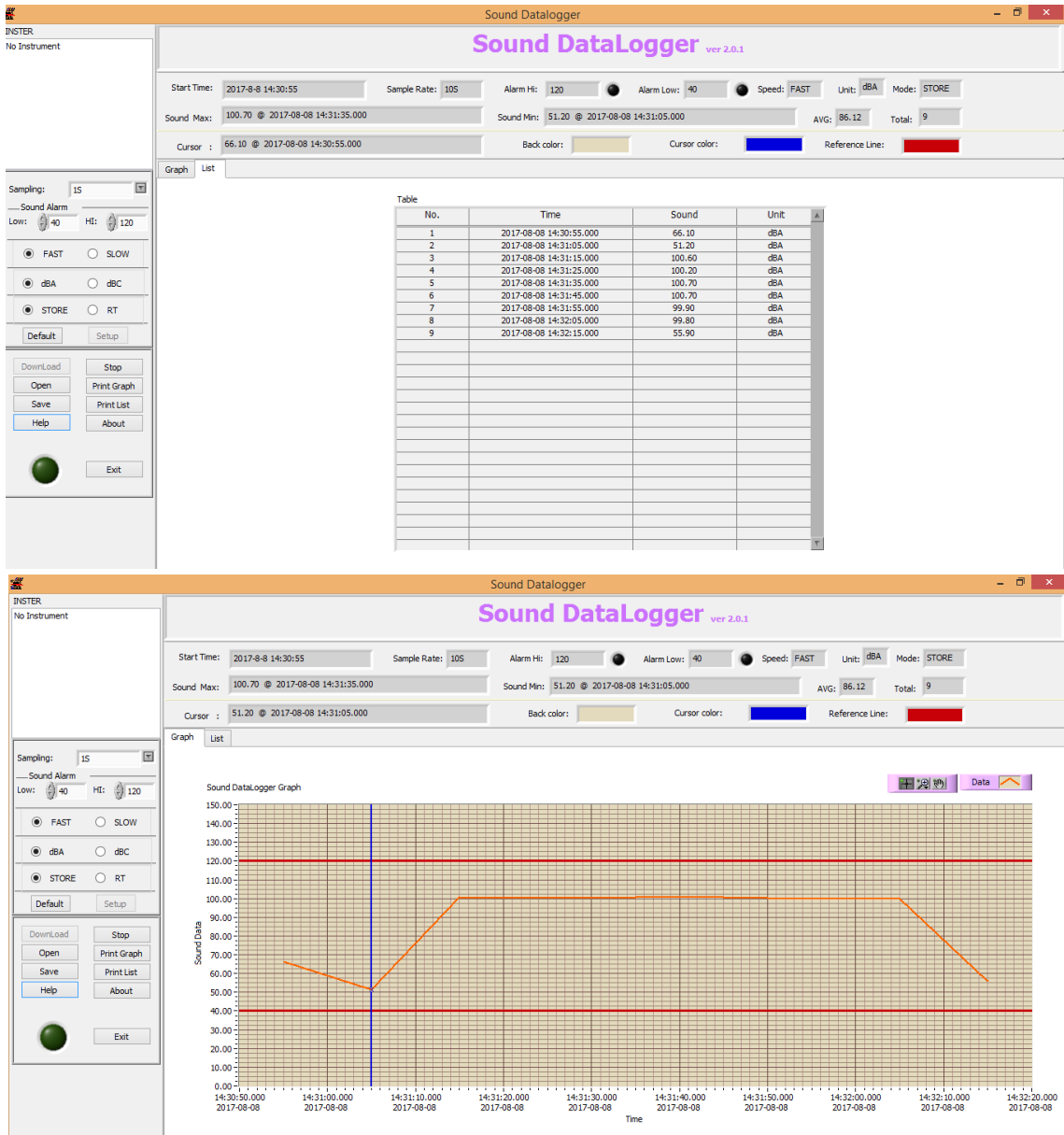
Fuente: *Elaboración propia*

**Figura A49: Datos de niveles de sonido extraídos del equipo**



**Fuente: Elaboración propia**

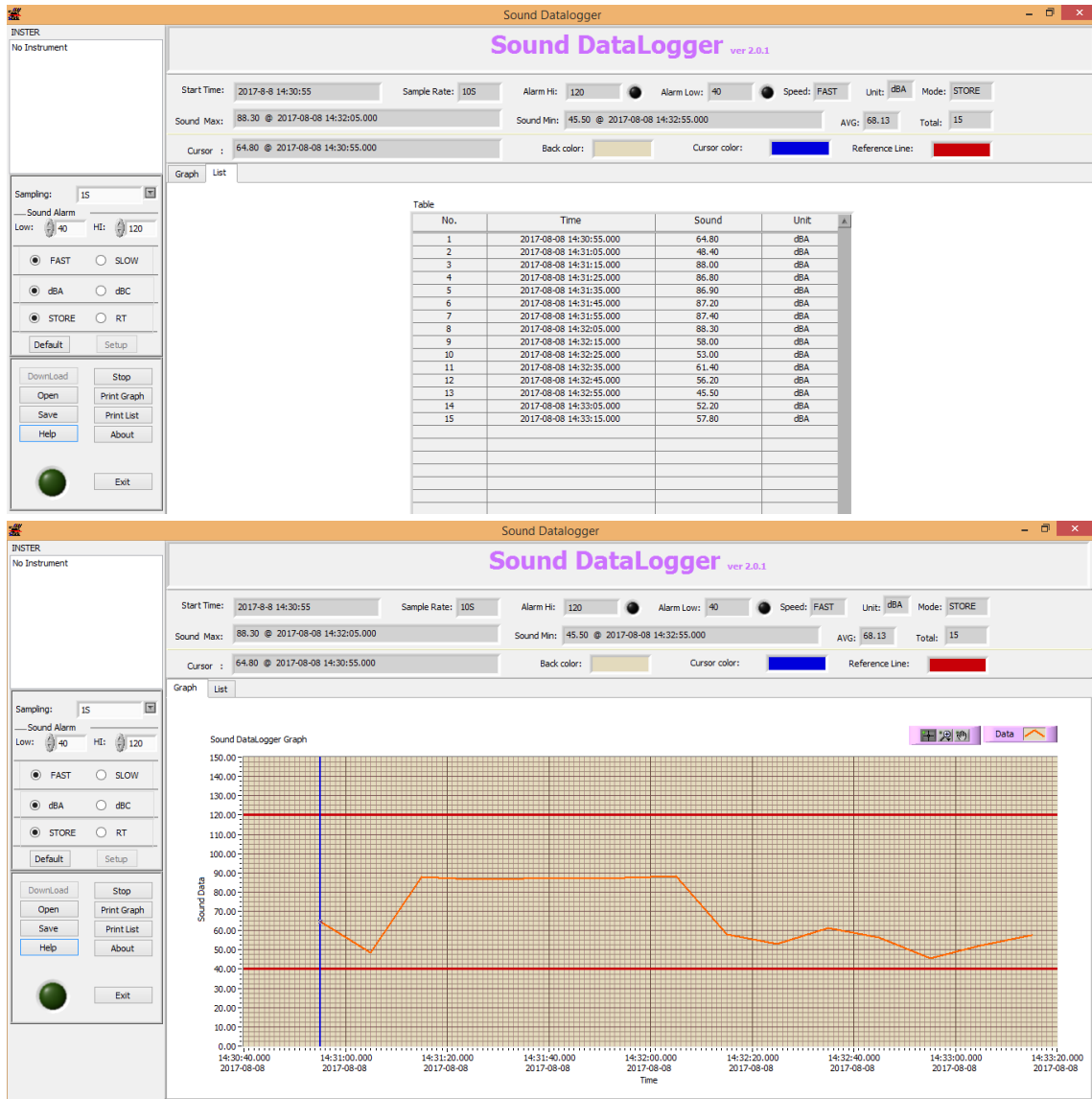
**Figura A50: Datos de niveles de sonido extraídos del equipo**



**Fuente: Elaboración propia**



**Figura A51: Datos de niveles de sonido extraídos del equipo**



**Fuente:** *Elaboración propia*

## **ANEXO 8: CRONOLOGÍA FOTOGRAFICA.**

### **ELABORACION DE LA CAJA PARA ENSAYO TÉRMICO**

El ensayo de resistencia térmica se realizará mediante un método alternativo para el cual fue necesario fabricar una caja térmica usando poliuretano como aislante térmico con recubrimientos de madera en el interior y exterior de la caja, instalando en ella tres focos de 100W que servirán como fuente de calor los cuales serán manipulados desde el exterior de la caja, a continuación, se muestra una secuencia fotográfica de la elaboración del sistema de ensayo:

**Fotografía A1:** *Corte de la madera*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Fotografía A2:** *Ensamblaje de las piezas*



**Fuente:** *Elaboración propia*



**Fotografía A3:** *Corte y colocación del material aislante*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Fotografía A4:** *Corte y colocación de tapaderas.*



**Fuente:** *Elaboración propia*



**Fotografía A5: Caja terminada**



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Fotografía A6: Herramientas usadas en la fabricación de las cajas**



**Fuente:** *Elaboración propia*

## ELABORACION DE LA CAJA PARA ENSAYO ACUSTICO

**Fotografía A7:** *Cajas listas para colocarles el aislante acústico (Poliestireno)*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Fotografía A8:** *Corte del Poliéstireno extruido*



**Fuente:** *Elaboración propia*



**Fotografía A9:** *Armado de la caja con el Poliestireno*



**Fuente:** *Elaboración propia*



## ENSAYOS DE LABORATORIO A MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACION DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO

**Fotografía A10:** *Preparación de muestras para ensayos*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Fotografía A11: *Peso y cuarteo de materiales***



**Fuente: *Elaboración propia***

**Fotografía A12: Ensayos de granulometría**



**Fuente:** *Elaboración propia*



**Fotografía A13:** *Ensayos de gravedad especifica*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Fotografía A14:** *Ensayos de revenimiento a mezcla con ajuste de absorción en el laboratorio*



**Fuente:** *Elaboración propia*



**Fotografía A15:** *Ensayos de revenimiento a mezcla inicial sin ajuste de absorción en el laboratorio*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Fotografía A16:** *Fabricación de unidades de mampostería de concreto en fabrica “El Ingenio”*



**Fuente:** *Elaboración propia*



**Fotografía A17:** *Ensayos de resistencia a la compresión de unidades de mampostería de concreto, en el laboratorio de MZ consultores*



**Fuente:** *Elaboración propia*



**Fotografía A18:** *Ensayos de resistencia a la compresión de unidades de mampostería de concreto, en el laboratorio de MZ consultores*



**Fuente:** *Elaboración propia*



## Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C 90; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

### 1. Scope \*

1.1 This specification covers hollow and solid (see 5.3 and 5.4) concrete masonry units made from portland cement, water, and mineral aggregates with or without the inclusion of other materials. There are three classes of concrete masonry units: (1) normal weight, (2) medium weight, and (3) lightweight. These units are suitable for both loadbearing and nonloadbearing applications.

1.2 Concrete masonry units covered by this specification are made from lightweight or normal weight aggregates, or both.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

1.4 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

**Note 1**—When particular features are desired such as surface textures for appearance or bond, finish, color, or particular properties such as weight classification, higher compressive strength, fire resistance, thermal performance or acoustical performance, these features should be specified separately by the purchaser. Local suppliers should be consulted as to the availability of units having the desired features.

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

- C 33 Specification for Concrete Aggregates<sup>2</sup>
- C 140 Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units<sup>2</sup>
- C 150 Specification for Portland Cement<sup>4</sup>
- C 331 Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units<sup>2</sup>
- C 426 Test Method for Drying Shrinkage of Concrete Masonry Units<sup>2</sup>
- C 595 Specification for Blended Hydraulic Cements<sup>4</sup>
- C 618 Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined

Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete<sup>2</sup>

C 989 Specification for Ground Granulated Blast-Furnace Slag for Use in Concrete and Mortars<sup>2</sup>

C 1157 Performance Specification for Blended Hydraulic Cement<sup>4</sup>

C 1209 Terminology of Concrete Masonry Units and Related Units<sup>2</sup>

C 1232 Terminology of Masonry<sup>2</sup>

C 1314 Test Method for Constructing and Testing Masonry Prisms Used to Determine Compliance with Specified Compressive Strength of Masonry<sup>2</sup>

E 519 Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages<sup>2</sup>

E 72 Methods for Conducting Strength Tests of Panels for Building Construction<sup>2</sup>

### 3. Terminology

3.1 Terminology defined in Terminology C 1209 and Terminology C 1232 shall apply for this specification.

### 4. Materials

4.1 *Cementitious Materials*—Materials shall conform to the following applicable specifications:

4.1.1 *Portland Cement*—Specification C 150.

4.1.2 *Modified Portland Cement*—Portland cement conforming to Specification C 150, modified as follows:

4.1.2.1 *Limestone*—Calcium carbonate, with a minimum 85 % CaCO<sub>3</sub> content, is permitted to be added to the cement, provided these requirements of Specification C 150 as modified are met:

(1) *Limitation on Insoluble Residue*—1.5 %.

(2) *Limitation on Air Content of Mortar*—Volume percent, 22 % max.

(3) *Limitation on Loss on Ignition*—7 %.

4.1.3 *Blended Cements*—Specification C 595 or Performance Specification C 1157.

4.1.4 *Pozzolan*—Specification C 618.

4.1.5 *Blast Furnace Slag Cement*—Specification C 989.

4.2 *Aggregates*—Aggregates shall conform to the following specifications, except that grading requirements shall not necessarily apply:

<sup>1</sup> This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C15 on Manufactured Masonry Units and is the direct responsibility of Subcommittee C15.03 on Concrete Masonry Units and Related Units.

Current edition approved Aug. 10, 2000. Published September 2000. Originally published as C 90-91T. Last previous edition C 90-99a.

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.05.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.01.

<sup>5</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.07.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM, 100 Bar Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19380-2959, United States.

4.2.1 *Normal Weight Aggregates*—Specification C 33.

4.2.2 *Lightweight Aggregates*—Specification C 331.

4.3 *Other Constituents*—Air-entraining agents, coloring pigments, integral water repellents, finely ground silica, and other constituents shall be previously established as suitable for use in concrete masonry units and shall conform to applicable ASTM standards or shall be shown by test or experience not to be detrimental to the durability of the concrete masonry units or any material customarily used in masonry construction.

5. Physical Requirements

5.1 At the time of delivery to the purchaser, units shall conform to the physical requirements prescribed in Table 1 and Table 2.

NOTE 2—Higher compressive strengths than those listed in Table 2 may be specified where required by design. Consult with local suppliers to determine availability of units of higher compressive strength.

5.2 At the time of delivery to the purchaser, the linear shrinkage of units shall not exceed 0.065 %.

NOTE 3—The purchaser is the public body or authority, association, corporation, partnership, or individual entering into a contract or agreement to purchase or install, or both, concrete masonry units. The time of delivery to the purchaser is FOB plant when the purchaser or the purchaser's agent transports the concrete masonry units, or at the time unloaded at the worksite if the manufacturer or the manufacturer's agent transports the concrete masonry units.

5.3 *Hollow Units*:

5.3.1 Face shell thickness ( $t_w$ ) and web thickness ( $t_w$ ) shall conform to the requirements prescribed in Table 1.

NOTE 4—Web thickness ( $t_w$ ) not conforming to the requirements prescribed in Table 1 may be approved, provided equivalent structural

capability has been established when tested in accordance with the applicable provisions of Test Methods E 72, C 1314, E 519, or other applicable tests and the appropriate design criteria developed in accordance with applicable building codes.

5.4 *Solid Units*:

5.4.1 The net cross-sectional area of solid units in every plane parallel to the bearing surface shall be not less than 75 % of the gross cross-sectional area measured in the same plane.

5.5 *End Flanges*:

5.5.1 For units having end flanges, the thickness of each flange shall not be less than the minimum face shell thickness.

NOTE 5—Flanges beveled at the ends for mortarless head joint applications that will be filled with grout are exempt from this requirement. Flanges which are specially shaped for mortarless head joint applications which have been shown by testing or field experience to provide equivalent performance are exempt from this requirement.

6. Permissible Variations in Dimensions

6.1 *Standard Units*—For standard units, no overall dimension (width, height, and length) shall differ by more than  $\pm 1/8$  in. (3.2 mm) from the specified dimensions.

6.2 *Particular Feature Units*—For particular feature units, dimensions shall be in accordance with the following:

6.2.1 For molded face units, no overall dimension (width, height, and length) shall differ by more than  $\pm 1/8$  in. (3.2 mm) from the specified standard dimension. Dimensions of molded features shall be within  $\pm 1/16$  in. (1.6 mm) of the specified standard dimensions and shall be within  $\pm 1/16$  in. (1.6 mm) of the specified placement of the molded feature.

NOTE 6—Molded features include, but are not limited to: ribs, scores, bar-shapes, and patterns.

6.2.2 For split-faced units, all non-split overall dimensions shall differ by not more than  $\pm 1/8$  in. (3.2 mm) from the specified standard dimensions. On faces that are split, overall dimension will vary. Consult with local suppliers to determine achievable dimensional tolerances.

6.2.3 For slump units, no overall height dimension shall differ by more than  $\pm 1/8$  in. (3.2 mm) from the specified standard dimension. On faces that are slumped, overall dimensions will vary. Consult with local suppliers to determine achievable dimensional tolerances.

7. Finish and Appearance

7.1 All units shall be sound and free of cracks or other defects that interfere with the proper placement of the unit or significantly impair the strength or permanence of the construction. Minor cracks incidental to the usual method of manufacture or minor chipping resulting from customary methods of handling in shipment and delivery are not grounds for rejection.

7.2 Where units are to be used in exposed wall construction, the face or faces that are to be exposed shall not show chips or cracks, not otherwise permitted, or other imperfections when viewed from a distance of not less than 20 ft (6.1 m) under diffused lighting.

7.2.1 Five percent of a shipment containing chips not larger than 1 in. (25.4 mm) in any dimension, or cracks not wider than 0.02 in. (0.5 mm) and not longer than 25 % of the nominal height of the unit is permitted.

TABLE 1 Minimum Thickness of Face Shells and Webs

Nominal Width (W) of Units, in. (mm)	Face Shell Thickness ( $t_w$ ), min. in. (mm) <sup>a</sup>	Web Thickness ( $t_w$ )	
		Webs <sup>b</sup> min. in. (mm)	Equivalent Web Thickness, min. in./linear ft <sup>c</sup> (mm/linear m)
3 (76.2) and 4 (102)	3/8 (15)	3/8 (15)	144 (136)
6 (152)	1 (25) <sup>d</sup>	1 (25)	214 (188)
8 (203)	1 1/8 (32) <sup>d</sup>	1 (25)	214 (188)
10 (254)	1 1/8 (32) <sup>d</sup>	1 1/4 (29)	214 (209)
12 (305) and greater	1 1/2 (38)	1 1/4 (29)	214 (209)
	1 1/4 (32) <sup>d,e</sup>		

<sup>a</sup> Average of measurements on 3 units taken at the thinnest point when measured as described in Test Methods C 140. When this standard is used for split face units, a maximum of 10 % of a split face shell area is permitted to have thickness less than those shown, but not less than 3/8 in. (19.1 mm). When the units are solid grouted the 10 % limit does not apply.

<sup>b</sup> Average of measurements on 3 units taken at the thinnest point when measured as described in Test Methods C 140. The minimum web thickness for units with webs closer than 1 in. (25.4 mm) apart shall be 3/8 in. (19.1 mm).

<sup>c</sup> Sum of the measured thicknesses of all webs in the unit, multiplied by 12 and divided by the length of the unit. Equivalent web thickness does not apply to the portion of the unit to be filled with grout. The length of that portion shall be deducted from the overall length of the unit for the calculation of the equivalent web thickness.

<sup>d</sup> For solid grouted masonry construction, minimum face shell thickness shall be not less than 3/8 in. (15 mm).

<sup>e</sup> This face shell thickness ( $t_w$ ) is applicable where allowable design load is reduced in proportion to the reduction in thickness from basic face shell thicknesses shown, except that allowable design loads on solid grouted units shall not be reduced.

**TABLE 2 Strength and Absorption Requirements**

Compressive Strength, <sup>a</sup> min, psi (MPa)		Water Absorption, max, lb/ft <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> ) (Average of 3 Units)		
Average Net Area		Weight Classification—Oven-Dry Weight of Concrete, lb/ft <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> )		
Average of 3 Units	Individual Unit	Lightweight, less than 105 (1680)	Medium Weight, 105 to less than 125 (1680–2000)	Normal Weight, 125 (2000) or more
1900 (13.1)	1700 (11.7)	18 (288)	15 (240)	13 (208)

<sup>a</sup>Higher compressive strengths may be specified where required by design. Consult with local suppliers to determine availability of units of higher compressive strength.

7.3 The color and texture of units shall be specified by the purchaser. The finished surfaces that will be exposed in place shall conform to an approved sample consisting of not less than four units, representing the range of texture and color permitted.

**8. Sampling and Testing**

8.1 The purchaser or authorized representative shall be accorded proper facilities to inspect and sample the units at the place of manufacture from the lots ready for delivery.

8.2 Sample and test units in accordance with Test Methods C 140.

8.3 Total linear drying shrinkage shall be based on tests of concrete masonry units made with the same materials, concrete mix design, manufacturing process, and curing method, conducted in accordance with Test Method C 426 and not more than 24 months prior to delivery.

**9. Compliance**

9.1 If a sample fails to conform to the specified requirements, the manufacturer shall be permitted to remove units

from the shipment. A new sample shall be selected by the purchaser from remaining units from the shipment with a similar configuration and dimension and tested at the expense of the manufacturer. If the second sample meets the specified requirements, the remaining portion of the shipment represented by the sample meets the specified requirements. If the second sample fails to meet the specified requirements, the remaining portion of the shipment represented by the sample fails to meet the specified requirements.

Note 7—Unless otherwise specified in the purchase order, the cost of tests is typically borne as follows: (1) if the results of the tests show that the units do not conform to the requirements of this specification, the cost is typically borne by the seller; (2) if the results of the tests show that the units conform to the specification requirements, the cost is typically borne by the purchaser.

**10. Keywords**

10.1 absorption; climatic map; concrete masonry units; equivalent web thickness; face shell; flange; lightweight; linear shrinkage; loadbearing; medium weight; normal weight; webs

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

XI. WATER PENETRATION RESISTANCE

XI.1 Exterior walls are often subjected to moisture penetration from one or more sources. For example, basement walls may be exposed to water from saturated soil. Above-grade exterior walls are usually exposed to wind-driven rain. To prevent water penetration, proper detailing, construction,

flashing, and drainage should be provided. Proper water penetration resistant treatments should be applied to the walls. While it is not within the scope of Specification C 90 to include information on resistance to water penetration, such information and guidelines are available from other organizations.

SUMMARY OF CHANGES

Committee C15 has identified the location of selected changes to this standard since the C 90-99a edition that may impact the use of this standard.

(1) Type classifications have been removed, resulting in changes throughout the standard that include the deletion of a table for moisture content requirements for Type 1 units.

*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2969, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail); or through the ASTM website ([www.astm.org](http://www.astm.org)).*

## GLOSARIO

### A

**ACI:** Instituto Americano del Concreto.

**AGREGADO FINO:** Es el material que pasa a partir del tamiz # 4 hasta el tamiz # 100, y puede ser clasificada como arena natural, de canto rodado, manufacturada o una combinación. Haciéndose referencia a la arena del Rio Lempa Usulután

**AGREGADO GLOBAL:** es el peso total de los agregados combinados en 75% agregado fino y 25% de agregado grueso sin sustitución de PET.

**AGREGADO GRUESO:** También conocido como roca, pedrín, material granular o agregado mineral. Es el material cuyas partículas quedan retenidas en el tamiz #4.Haciendose referencia a la grava con un tamaño máximo de 3/8”.

**AGREGADOS PETREOS:** Son materiales granulares sólidos inertes con o sin adición de elementos activos y con granulometrías adecuadas; se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica

**ARIDOS:** son materiales granulares inertes formados por fragmentos de roca o arenas utilizados en la construcción (edificación e infraestructuras) y en numerosas aplicaciones industriales.

**ASTM:** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.

### B

**BSI:** Institución de Normas Británicas



## C

**CAMPO DIRECTO:** es aquella zona en la que el sonido llega a un punto determinado, en línea directa desde la fuente, sin ninguna reflexión. El nivel de presión sonora en el campo directo, disminuye con la distancia a la fuente, a razón de -6 dB cada vez que se duplica la distancia.

**CAMPO REVERBERANTE:** es aquella zona en la que el sonido sufre multitud de reflexiones que se superponen entre sí, dando lugar a una distribución prácticamente uniforme del sonido, de manera que el nivel de presión sonora se mantiene constante. La onda directa siempre será la primera onda en llegar al receptor, ya que se propaga por el camino más corto. A partir de ese momento empiezan a llegar las distintas reflexiones.

**CAMPO SONORO:** El sonido producido por una fuente continua dentro de un recinto cerrado, incide sobre las superficies límites del mismo, reflejándose una parte y absorbiéndose otra, tendiendo estas reflexiones a aumentar el nivel de presión sonora en el recinto. El campo sonoro tiene dos componentes:

**CEMENTO GU ASTM C1157:** conocido como Holcim Fuerte es un cemento de uso general, por lo que es recomendado para cualquier tipo de uso en las construcciones en general, como: zapatas, soleras, columnas, vigas, losas, nervios, morteros, suelo cemento, etc. Alcanza resistencias mayores a los 4,200 psi a los 28 días. Norma ASTM C1157 Tipo GU (GU=uso general).

**CLASE DE TRANSMISION DE SONIDO (STC):** La clase de transmisión sonora (en inglés, sound transmission class), STC, es una especie de valor promedio de la pérdida de transmisión a varias frecuencias. Es un valor único que permite evaluar rápidamente

la calidad de la aislación sonora que ofrece un tabique, especialmente en lo referido a la privacidad de la palabra. Así, un valor de STC inferior a 25 implica que la voz normal se entiende perfectamente, y un valor superior a 45 implica que la voz alta casi no se percibe.

**CONDICIÓN SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA:** Es el estado en el que los agregados no pueden absorber, pero si ceder agua.

**CONDUCCIÓN DE CALOR EN ESTADO ESTACIONARIO:** El término estacionario significa ningún cambio con el tiempo en una ubicación específica. Lo opuesto a estacionario es no estacionario transitorio. Asimismo, el término uniforme implica ningún cambio con la posición en toda una superficie o región en un tiempo específico. El espesor pequeño de una pared hace que el gradiente de temperatura en esa dirección sea grande. Además, si las temperaturas del aire dentro y fuera de la pared permanecen constantes, entonces la transferencia de calor a través de la pared de una casa se puede considerar como estacionaria y unidimensional. En este caso, la temperatura de la pared presentará dependencia sólo en una dirección (es decir la dirección  $x$ ) y se puede expresar como  $T(x)$ .

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA:** la conductividad térmica de un material se puede definir como la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura. La conductividad térmica de un material es una medida de la capacidad del material para conducir calor. Un valor elevado para la conductividad térmica indica que el material es un buen conductor del calor y un valor bajo indica que es un mal conductor o que es un aislante.



**CONVECCIÓN:** La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos.

**CURADO:** es el proceso con el cual se mantienen una temperatura y un contenido de humedad adecuados, durante los primeros días después de elaboradas las unidades de mampostería, para que puedan desarrollar en ellas las propiedades de resistencia y durabilidad.

## D

**DICTUD:** Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

**DIN:** Instituto Alemán de Normalización.

## E

**EMISIÓN DE RUIDO ROSA DURANTE UN MINUTO:** se estudia la capacidad que tiene un material de aislar una zona de otra, cuando se emite un ruido.

## F

**FRECUENCIA: ES EL NÚMERO DE OSCILACIONES (CICLOS) POR SEGUNDO.** Los adultos tenemos un rango auditivo que va desde los 20 hasta los 20.000 Hz, siendo los valores por debajo de este margen infrasonidos y por encima ultrasonidos [58 y 59]. La frecuencia determina el tono de un sonido, siendo las frecuencias más bajas las que se corresponden con los sonidos graves, y las frecuencias más altas a los sonidos agudos [58].

**FRONTERAS ISOTERMICAS:** Es aquella que permite la transferencia de energía térmica (calor) pero, en general, sin que haya transferencia de masa. El opuesto sería una frontera adiabática que es la que impide la transferencia de energía en forma de calor.

## I

**IDIEM:** Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales.

**INTEMPERISMO:** Daño que se produce en aquello que está expuesto directa y permanentemente a la intemperie

**IRA:** Tasa Inicial de Absorción.

**IRAN:** Instituto Argentino de Normalización y Certificación de Materiales.

## K

**KN:** Kilo newton

## M

**MATERIAS PRIMAS:** son aquellos elementos obtenidos directamente de la naturaleza y que se utilizarán como material para elaborar un producto. Las principales materias primas usadas para producir las unidades de mampostería de concreto son el cemento, el fino y el agregado grueso.

**MODULO DE FINURA:** que es definido por la norma ASTM C 125 como la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices que van del N°4 al N°100, dividido entre 100

**MPa:** El pascal (símbolo Pa) es la unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades. Se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado normal a la misma. El megapascal (MPa), esto es  $10^6$  Pa,

equivale al  $N/mm^2$ . Se utiliza generalmente para cálculo de cimentaciones y secciones resistentes en estructuras, donde las resistencias suelen darse en  $N/mm^2$  y las tensiones o esfuerzos sobre el terreno en MPa.

## **P**

**PET:** POLIETILENO TEREFTALATO es un polímero muy utilizado en envases de bebidas y textiles siendo un tipo de materia prima derivada del petróleo, su denominación técnica es polietileno tereftalato o zolitereftalato de etileno y forma parte del grupo de los termoplásticos, razón por la cual es posible reciclarlo. “Este se encuentra constituido de petróleo crudo, gas y aire.

## **PROPIEDADES MECANICAS DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE**

**CONCRETO:** las propiedades mecánicas de los materiales son las características inherentes, que permiten diferenciar un material de otro. También hay que tener en cuenta el comportamiento que puede tener un material en los diferentes procesos de mecanización que pueda tener. Estas son compresión, absorción y peso volumétrico.

**PVVC:** Peso Volumétrico Varillado Combinado.

## **R**

**RELACION AGUA-CEMENTO:** también conocida como razón agua/cemento,  $a/c$ , es uno de los parámetros más importantes de la tecnología del hormigón, pues influye grandemente en la resistencia final del mismo. Expresa la íntima relación que existe entre el peso del agua utilizada en la mezcla y el peso del cemento.

**RESISTENCIA ACUSTICA:** se define como la capacidad que tiene una pared para impedir que el sonido se transmita a través de ella. Se expresa en dB.

**RESISTENCIA CARACTERÍSTICA:** se refiere a la resistencia que el contratista exige para el concreto a los 28 días,

**RESISTENCIA MEDIA:** Se define como el valor estadístico de la **resistencia**, que corresponde a la probabilidad que el noventa y cinco por ciento (95%) de todos los resultados de ensayos de la población supere el valor de la resistencia característica. Esta se calcula usando la resistencia característica más un valor de seguridad que puede variar según el método de diseño usado.

**RESISTENCIA TERMICA:** representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor. En el caso de materiales homogéneos es la razón entre el espesor y la conductividad térmica del material; en materiales no homogéneos la resistencia es el inverso de la conductancia térmica.

**RTS:** Reglamento Técnico Salvadoreño

**RUIDO:** Es una mezcla compleja de sonidos a diferentes frecuencias. Hay ruido aéreo y de impacto. La unidad que se utiliza para la frecuencia es el hercio (Hz = ciclos por segundo).

## S

**SONIDO: ES LA SENSACIÓN AUDITIVA PRODUCIDA POR UNA ONDA ACÚSTICA.** Su velocidad cuando se propaga por el aire es de 344 m/s, aun así viaja más rápido por el material que por el aire, por ejemplo, por un ladrillo se propaga aproximadamente 11 veces más rápido.

**SUSTITUCIÓN DE PET EN AGREGADO GLOBAL:** se refiere a la sustitución de 2.5%, 5%, 7.5% y 10% en la combinación de 25% de agregado grueso y 75% de agregado fino.

## T

**TABIQUES:** Pared delgada que separa de manera completa o incompleta dos cavidades.

**TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:** es el menor tamaño de malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del tamaño del agregado.

**TRANSFERENCIA DE CALOR:** Es la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura. El requisito básico para la transferencia de calor es la presencia de una diferencia de temperatura. No puede haber transferencia neta de calor entre dos medios que están a la misma temperatura.

## U

**UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO BASE:** son las unidades fabricadas con las dosificaciones obtenidas mediante el diseño de mezcla sin sustitución de PET.

**UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO:** es un mampuesto prefabricado, elaborado con concreto fino o morteros de cemento, utilizado en la construcción de muros y paredes. Las unidades de mampostería tienen forma prismática, con dimensiones normalizadas, y suelen ser esencialmente huecos.