

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**“USO DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO
(PET), EN REEMPLAZO DEL AGREGADO FINO,
PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE
ALBAÑILERIA, JAÉN 2020”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autores:

Bach. NELSON KOQUITO CRUZ ORREGO

Bach. ROBERT LICHT LEIVA GOICOCHEA

Asesor: M.Sc.Ing. CHRISTIAAN ZAYED APAZA PANCA.

JAÉN – PERÚ, OCTUBRE, 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“USO DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO
(PET), EN REEMPLAZO DEL AGREGADO FINO,
PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE
ALBAÑILERIA, JAÉN 2020”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autores:

Bach. NELSON KOQUITO CRUZ ORREGO

Bach. ROBERT LICHT LEIVA GOICOCHEA

Asesor: M.Sc.Ing. CHRISTIAAN ZAYED APAZA PANCA.

JAÉN – PERÚ, OCTUBRE, 2021



FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 03 de diciembre del año 2021, siendo las 16:30 horas, se reunieron de manera virtual los integrantes del Jurado:

Presidente : Mg. Billy Aléxis Cayatopa Calderón
Secretario : M.Sc. Marcos Antonio Gonzáles Santisteban
Vocal : M.Sc. Jannier Alberto Montenegro Juárez

Para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- () Trabajo de Investigación
(**X**) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **"USO DEL TEREF TALATO DE POLIETILENO (PET), EN REEMPLAZO DEL AGREGADO FINO, PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA, JAÉN 2020"**, presentado por los bachilleres **Nelson Koquito Cruz Orrego y Robert Licht Leiva Goicochea**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(**X**) Aprobar () Desaprobar (**X**) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (14) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 17:35 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón
Presidente

M.Sc. Marcos Antonio Gonzáles Santisteban
Secretario

M.Sc. Jannier Alberto Montenegro Juárez
Vocal

ÍNDICE

ÍNDICE	I
ÍNDICE DE TABLAS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
INDICE DE ANEXOS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. PROBLEMA O PROPÓSITO	8
1.3. JUSTIFICACIÓN	9
1.4. PROBLEMA	10
1.5. HIPÓTESIS	10
1.6. MARCO TEÓRICO	10
II. OBJETIVOS	20
2.1. OBJETIVO GENERAL	20
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. OBJETO DE ESTUDIO	21
3.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	21
3.3. MÉTODOS	21
3.4. MUESTREO	24
3.5. POBLACIÓN	24
3.6. MUESTRA	25
3.7. FUENTES DE INFORMACIÓN	25
3.8. TÉCNICAS	26
3.9. PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN	27
IV. RESULTADOS	40
V. DISCUSIÓN	56

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
AGRADECIMIENTO	64
DEDICATORIA.....	65
ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: DATOS TÉCNICOS DEL POLIETILENO TEREF TALATO	11
TABLA 2: CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES.....	18
TABLA 3: LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA.....	19
TABLA 4: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	22
TABLA 5 PROPORCIÓN DE PET EN LA MEZCLA DE CONCRETO.....	25
TABLA 6: ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.....	26
TABLA 7: ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE LOS BLOQUES.....	27
TABLA 8: PROPORCIÓN DE PLÁSTICO PET EN LA MEZCLA.....	34
TABLA 9: CLASIFICACIÓN FINAL DE BLOQUES.....	40
TABLA 10: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO FINO, CANTERA “JOSECITO”.....	41
TABLA 11: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO, CANTERA “JOSECITO”.....	41
TABLA 12: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PET	42
TABLA 13: RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES PATRÓN.....	43
TABLA 14: CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA (BLOQUES) PARA FINES ESTRUCTURALES.....	44
TABLA 15: VARIACIÓN DIMENSIONAL POR CADA TIPO DE BLOQUE CON PET.....	45
TABLA 16: ALABEO POR CADA TIPO DE BLOQUE CON PET.....	45
TABLA 17: ABSORCIÓN POR CADA TIPO DE BLOQUE CON PET.....	46
TABLA 18: RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES CON PET	46
TABLA 19: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO	66
TABLA 20: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO	67
TABLA 21: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	68
TABLA 22: PESO UNITARIO SUELTO SECO DEL AGREGADO FINO	69
TABLA 23: PESO UNITARIO SUELTO SECO DEL AGREGADO FINO	69
TABLA 24: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO.....	70
TABLA 25: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO	71
TABLA 26: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	72
TABLA 27: PESO UNITARIO SUELTO SECO DEL AGREGADO GRUESO.....	73
TABLA 28: PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO.....	73
TABLA 29: GRANULOMETRÍA DEL PLÁSTICO PET	74
TABLA 30: PESO UNITARIO SUELTO SECO DEL PLÁSTICO PET	74
TABLA 31: PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL PLÁSTICO PET	75
TABLA 32: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL PLÁSTICO PET.....	75
TABLA 33: DISEÑO DE MEZCLA POR RESISTENCIA DEL BLOQUE PATRÓN.....	76
TABLA 34: DISEÑO DE MEZCLA POR DURABILIDAD DEL BLOQUE PATRÓN.....	77
TABLA 35: DISEÑO DE MEZCLA DEL BLOQUE PATRÓN (1: 4: 2).....	78
TABLA 36: DISEÑO DE MEZCLA DEL BLOQUE PATRÓN (1: 4: 3).....	78
TABLA 37: DISEÑO DE MEZCLA DEL BLOQUE PATRÓN (1: 5: 2).....	79
TABLA 38: DISEÑO DE MEZCLA DEL BLOQUE PATRÓN (1: 5: 3).....	79

TABLA 39: DISEÑO DE MEZCLA DEL BLOQUE PATRÓN (1: 5.5: 2.5).....	80
TABLA 40: DISEÑO DE MEZCLA DEL BLOQUE CON 0% DE PLÁSTICO PET	81
TABLA 41: DISEÑO DE MEZCLA DEL BLOQUE CON 3% DE PLÁSTICO PET	82
TABLA 42: DISEÑO DE MEZCLA DEL BLOQUE CON 6% DE PLÁSTICO PET	83
TABLA 43: DISEÑO DE MEZCLA DEL BLOQUE CON 9% DE PLÁSTICO PET	84
TABLA 44: RESULTADO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL BLOQUE CON 0% DE PLÁSTICO PET	85
TABLA 45: RESULTADO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL BLOQUE CON 3% DE PLÁSTICO PET	86
TABLA 46: RESULTADO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL BLOQUE CON 6% DE PLÁSTICO PET	87
TABLA 47: RESULTADO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL BLOQUE CON 9% DE PLÁSTICO PET	88
TABLA 48: RESULTADO DE ALABEO DE LOS BLOQUES CON 0% DE PLÁSTICO PET	89
TABLA 49: RESULTADO DE ALABEO DE LOS BLOQUES CON 3% DE PLÁSTICO PET	89
TABLA 50: RESULTADO DE ALABEO DE LOS BLOQUES CON 6% DE PLÁSTICO PET	90
TABLA 51: RESULTADO DE ALABEO DE LOS BLOQUES CON 9% DE PLÁSTICO PET	90
TABLA 52: RESULTADO DE ABSORCIÓN DE LOS BLOQUES CON 0% DE PLÁSTICO PET	91
TABLA 53: RESULTADO DE ABSORCIÓN DE LOS BLOQUES CON 3% DE PLÁSTICO PET	91
TABLA 54: RESULTADO DE ABSORCIÓN DE LOS BLOQUES CON 6% DE PLÁSTICO PET	92
TABLA 55: RESULTADO DE ABSORCIÓN DE LOS BLOQUES CON 9% DE PLÁSTICO PET	92
TABLA 56: RESULTADO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES CON 0% DE PLÁSTICO PET	92
TABLA 57: RESULTADO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES CON 3% DE PLÁSTICO PET	93
TABLA 58: RESULTADO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES CON 6% DE PLÁSTICO PET	93
TABLA 59: RESULTADO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES CON 9% DE PLÁSTICO PET	93

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ENSAYO GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO, CANTERA “JOSECITO”	94
FIGURA 2: ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO.	94
FIGURA 3: ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.	94
FIGURA 4: ENSAYO PESO UNITARIO SUELTO	94
FIGURA 5: ENSAYO PESO COMPACTADO AGREGADO FINO.	95
FIGURA 6: ENSAYO GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO, CANTERA “JOSECITO”	95
FIGURA 7: ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO.	95
FIGURA 8: ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.	95
FIGURA 9: ENSAYO PESO UNITARIO SUELTO	96
FIGURA 10: ENSAYO PESO COMPACTADO AGREGADO GRUESO.	96
FIGURA 11: ELABORACIÓN DE BLOQUES	96
FIGURA 12: ENSAYO DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL	97
FIGURA 13: ENSAYO DE ALABEO DE LOS BLOQUES.....	97
FIGURA 14: ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LOS BLOQUES	97
FIGURA 15: ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES	97

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ENSAYOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO	66
ANEXO 2. ENSAYOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO.....	70
ANEXO 3. ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL PET	74
ANEXO 4. DISEÑOS DE MEZCLAS DEL BLOQUE PATRÓN	76
ANEXO 5. DISEÑOS DE MEZCLAS DEL BLOQUE CON PLÁSTICO PET	81
ANEXO 6. CÁLCULOS DEL ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	85
ANEXO 7. CÁLCULOS DEL ENSAYO DE ALABEO.....	89
ANEXO 8. CÁLCULOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN	91
ANEXO 9. CÁLCULOS DEL ENSAYO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	92

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó el uso del tereftalato de polietileno (PET), en reemplazo del agregado fino, para la elaboración de unidades de albañilería. Se partió del Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E 0.70 de Albañilería, donde considera una resistencia a la compresión mínima de 50 kgf/cm² para “Bloque P” en albañilería con fines estructurales; para el cual, haciendo uso del diseño experimental, se calcularon las relaciones ideales de los agregados en la mezcla de concreto para elaborar una unidad de albañilería clase “bloque P”. A continuación, se agregó a la mezcla del “bloque” porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de hojuelas de plástico PET reciclado, lográndose obtener cuatro tratamientos o tipos de “bloques”, a éstos se le realizó a la edad de 28 días diferentes ensayos. Los resultados obtenidos, permiten observar que a mayor adición de hojuelas de plástico PET reciclado, las unidades de albañilería “Bloques P” tienden a no mejorar sus propiedades, sin embargo, se precisa que dicha afección en la resistencia a la compresión se da a partir de la adición del 3% del plástico PET reciclado, no obstante, cumplen con lo establecido por la norma E.070:2006.

Palabras clave: Concreto, Hojuelas de plástico PET, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

In the present research work, the use of polyethylene terephthalate (PET) was evaluated, as a replacement for fine aggregate, for the elaboration of masonry units. It was based on the National Building Regulations - Standard E 0.70 for Masonry, where a minimum compressive strength of fifty kg / cm² is considered for "Block P" in masonry for structural purposes; For which, making use of the experimental design, the ideal ratios of the aggregates in the concrete mix were calculated to elaborate a masonry unit class "block P". Next, percentages of 0%, 3%, 6% and 9% of recycled PET plastic flakes were added to the mixture of the "block", obtaining four treatments or types of "blocks". days old different trials. The results obtained allow us to observe that a greater addition of recycled PET 28 plastic flakes, the masonry units "P Blocks" do not improve their properties, however, it is specified that said affection in the resistance to compression occurs from the addition of 3% of recycled PET plastic, however, they comply with the provisions of the E.070: 2006 standard.

Key Words: Concrete, PET plastic flakes, compressive strength.

I. INTRODUCCIÓN

El agregado fino es uno de los áridos más utilizados a nivel mundial, se considera la materia prima más importante después del agua, si bien es cierto se tiene bastante arena a nivel mundial pero también hay bastante demanda de este material, pues se usa para todo y lo podemos encontrar desde las paredes de nuestros hogares hasta los vasos de vidrio de la cocina, en los teléfonos móviles que tenemos en nuestras manos, hasta en las llantas de nuestros autos y hasta en productos de limpieza, etc. (La vanguardia, 2017).

Pero el mayor consumidor es la industria de la construcción, pues en esta línea se usa el agregado fino (arena) para producir ladrillos, asfalto, hormigón, casas y todo tipo de proyectos presentes en la ingeniería, siendo estos megaconstrucciones (Elmostrador, 2017).

El uso de los agregados en la elaboración de unidades de albañilería en el Perú tiene una muy alta demanda en el mercado por el uso que este tiene, debido al campo de la construcción en la zona urbana ya que las edificaciones en su mayoría son de unidades de albañilería ya sean estos bloques o ladrillos de arcilla.

Asimismo el porcentaje de la presencia de botellas de plástico es bastante en el Perú, y pues solo se recicla el 0.3% de las 950 mil toneladas de botellas de plástico de las bebidas que consume la población por año (MINAM), por ello es que se notó la importancia de este proyecto **“Uso del tereftalato de polietileno (PET), en reemplazo del agregado fino, para la elaboración de unidades de albañilería, Jaén 2020”** pues se consideró una investigación muy importante que ayudaría a promover el reciclaje y usarse este plástico reemplazando el agregado fino disminuyendo así la contaminación del medio ambiente y de esta manera también contribuir con el cuidado de la ecología.

1.1. Antecedentes

1.1.1. Internacionales

Segun Iza (2019); en su tesis titulada, **“Evaluación de la fabricación de Bioladrillos utilizando materiales alternativos plástico PET y cascarilla de arroz para disminuir el impacto ambiental en la microempresa Pilicita en el Cantón Saquisilí”**, donde tiene por objetivo evaluar la utilización de materiales alternativos plástico PET y cascarilla de arroz en la fabricación de bioladrillos. La metodología que se aplicó fue de tipo experimental. Los resultados en la investigación muestran que los bioladrillos de plástico PET y cascarilla de arroz tiene una resistencia a la compresión (19,92 Mpa) al ser que no se utiliza el proceso de cocción siendo capaz de resistir una carga similar a los ladrillos tradicionales de barro quemado. Concluyendo mediante los resultados obtenidos en los ensayos de compresión de los ladrillos tipo A, presentan una resistencia de 19,92 Mpa, 4% menos que el valor de 20 Mpa indicada en la normativa INEN 294 con respecto al ladrillo tipo A con ángulos rectos y aristas rectas asemejando con las características mencionadas para la construcción de viviendas.

De acuerdo con Piñeros & Herrera (2018); en su tesis titulada, **“Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda”**, donde tiene por objetivo realizar un análisis técnico de bloques con polímeros de plástico reciclado para mampostería no portante aplicados en la construcción de vivienda para centros urbanos de Colombia. La metodología que se aplicó fue de tipo experimental. Los resultados de laboratorio, evidencian que los agregados de PET, con porcentaje al 10%, 20% y 25%, cumplen con la resistencia específica requerida. Los porcentajes de PET al 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80% se encuentran por debajo de la resistencia, por lo cual se descartan estas muestras, concluyendo así que la mezcla con agregado de PET al 25%, cuenta con el estándar requerido en cuanto a resistencia específica a los 7 y 14 días de fallado.

Afirma Carreño (2020); en su tesis titulada, **“Análisis técnico-económico del uso de PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones”**, donde tiene como objetivo analizar técnica y económicamente el uso de PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones para su uso en Chile, la metodología que se aplicó fue de tipo experimental. Los resultados indican que es posible cuantificar la variación de la resistencia a la compresión para diferentes muestras, es decir que cuando existe una sustitución entre

0,5% y el 20%, existen factores como la cantidad de cemento utilizado, calidad, propiedades, adiciones y forma del PET que pueden producir resultados positivos o negativos, posterior a este porcentaje, se observa una tendencia clara a la disminución de la resistencia en comparación del hormigón patrón, concluyendo así que es posible sustituir desde el 0,5% al 20% de PET en la mezcla y conseguir los resultados esperados, dado que la gran limitante corresponde principalmente a la cantidad de cemento (que se incorpore entre 350 a 410 kg por metro cubico de hormigón), que este sea de alta resistencia o portland normal con adiciones, la relación A/C debe moverse entre 0,45 y 0,50 y finalmente se debe verificar el tipo de plástico reciclado con el que se cuenta, si este está triturado, en fibras, pulverizado o tratado térmicamente, ya que, el uso del primero puede generar problemas de trabajabilidad y se recomendaría el uso de plastificantes.

Según Angumba, (2016); en su tesis titulada, **“Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante”**. Su investigación tiene como objetivo la fabricación de ladrillo con plástico reciclado, para la elaboración de muros no portantes en edificaciones, la metodología que se aplicó es de tipo experimental. En los resultados de los ensayos de ladrillos se pudieron observar que a medida que se incrementa la adición del polímero, se reduce considerablemente la resistencia de ladrillos patrón, es decir, la adición del PET tiene considerable éxito, pero hasta ciertos niveles de incremento de la adición, lo que se evidencia principalmente en la dosificación del 25%, que alcanza un valor promedio de 284,60 kg/cm².

De acuerdo con Infante & Ulloa (2019); en su artículo titulado, **“Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET)”**, donde tiene por objetivo evaluar el efecto de agregar Polietileno Tereftalato (PET), proveniente del reciclaje de las botellas plásticas en el hormigón como aditivo en reemplazo a la arena y analizar sus consecuencias, la metodología que se aplicó es de tipo experimental. Sobre este ensayo se puede observar que en todas las probetas con agregado PET (porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%) se obtiene una baja en la resistencia a la compresión en relación a la probeta patrón, con una disminución en promedio de un 13%, esto es debido a la flexibilidad del material, pues permite mayores deformaciones, debido al bajo módulo de elasticidad que posee y es de esperar que decrezca la fuerza necesaria para deformar el material a medida que aumenta la adición de PET. Concluyendo que las probetas de hormigón con un 10% de reemplazo PET tienen propiedades mecánicas acorde con

la normatividad chilena para bloques no estructurales, lo que permitiría la construcción de muros no estructurales.

1.1.2. Nacionales

Afirma Valdivia (2019); en su tesis titulada, **“Evaluación de las características físico mecánicas de ladrillos tipo IV compuesto de arena gruesa y de polímeros PET en base a la norma técnica E-070”**, donde tiene como objetivo evaluar las características físico mecánicas de ladrillos de arena gruesa y plástico PET como cementante en porcentajes de PET: 100% (PET 1: Arena Gruesa 0), 80% (PET 1: Arena Gruesa 0.25) y 67% (PET 1: Arena Gruesa 0.5), de acuerdo con a la norma técnica, la metodología que se aplicó es de carácter experimental. Los resultados obtenidos de los ladrillos de PET y arena gruesa mostro que de los especímenes ensayados el ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% arrojaron los resultados más favorables para desarrollar un ladrillo tipo III, ya que se esperaba una mayor resistencia a compresión que la obtenida.

De acuerdo con Léctor & Villarreal (2017); en su tesis titulada, **“Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote”**, donde tiene como objetivo elaborar un concreto convencional adicionando materiales plásticos reciclados triturado (PET), la metodología que se aplicó es de carácter experimental. Los resultados obtenidos de los testigos de concreto, cumpliendo el diseño de mezcla establecido al inicio y adicionando PET en un 5%, 10% y 15%; se obtuvo que a partir del 15% no cumplía con el Slump en ninguno de los diseños de mezclas realizados, verificándose que: al adicionar mayor cantidad de PET triturado, la mezcla iba perdiendo la plasticidad y disminuyendo el asentamiento y por consiguiente la trabajabilidad del concreto, además, a mayor proporción de PET adicionado el concreto no se conglomeraba de manera correcta por lo que la resistencia a la compresión disminuía.

Según Perez (2019); en su tesis titulada, **“Diseño de ladrillo King Kong tipo 14 con polietileno tereftalato para albañilería confinada, Tarapoto – 2018”**, donde tiene como objetivo determinar la influencia del polietileno tereftalato en las propiedades físico-mecánicas del ladrillo King Kong tipo IV como unidad de albañilería confinada, la metodología que se aplicó es de carácter experimental. Los resultados de las propiedades físicas demuestran que el porcentaje de absorción disminuye en las muestras con mayor adición de plástico, debido a que el polietileno tereftalato es un material que no tiene la

capacidad de absorción de líquidos; con respecto a las propiedades mecánicas, para la sustitución de 0 % y 5% PET se obtuvo ladrillos de clase Tipo IV para fines estructurales, sin embargo, para la sustitución del ladrillo con 10% y 15% de PET se obtuvo especímenes de clase Tipo III. Concluyendo así que, el polietileno tereftalato influye de manera desfavorable en la resistencia a la compresión de las unidades, ya que, a mayor porcentaje de adición de plástico, menor tolerancia a la compresión, esto se debe a que el plástico tiene una contextura lisa, y no se adhiere a la rugosidad de los agregados finos y del cemento, dejando así espacios y vacíos que permiten la debilitación de la unidad estructural.

De acuerdo con Quevedo (2017); en su tesis titulada, **“Influencia de las unidades de albañilería tipo PET sobre las características técnicas y económicas de viviendas ecológicas para la zona de expansión del distrito de Nuevo Chimbote”**, donde tiene como objetivo determinar la influencia de las unidades de albañilería tipo PET sobre las características técnicas-económicas en viviendas ecológicas, para la zona de expansión del distrito de Nuevo Chimbote, Ancash. La metodología que se aplicó es de carácter experimental. Resultando que las muestras evaluadas en esta investigación, cumplen con las normas ITINTEC, cuya obtención de los siguientes resultados determinan las propiedades de las muestras: se obtuvo un $f^b = 15.74 \text{ kg/cm}^2$, un $f^m = 42 \text{ kg/cm}^2$ y un $f^m = 5.00 \text{ kg/cm}^2$. Se evaluó las viviendas con ladrillo tipo PET el cual posee un adecuado comportamiento estructural frente a un sismo, cumpliendo así con la RNE 030 y la RNE 070.

Según Romaña & Salas (2021); en su tesis titulada, **“Reutilización de plástico polietileno-tereftalato (PET) como materia prima en la elaboración de ecoladrillos para albañilería como alternativa sostenible para la construcción”**, tiene como objetivo elaborar un ecoladrillo a base de plástico PET reciclado para albañilería que pueda ser utilizado en la construcción de una vivienda, diseñado para cumplir satisfactoriamente los requisitos exigidos en la normativa peruana, y que pueda ser producido por los mismos pobladores. La metodología que se aplicó es de carácter experimental. En los resultados de los ensayos realizados se determinó que la dosificación con la que se obtuvo los mejores resultados es: 50% Cemento - 45% PET – 5% Arena Gruesa, comprobándose que el uso de la arena en la mezcla mejora notoriamente la cohesión y trabajabilidad de la misma, ayudando a obtener mejores resultados para la clasificación de las unidades, consiguiendo que los ecoladrillos PET posean una resistencia a la compresión muy por encima a las unidades de ladrillo de arcilla cocida del mercado, presentando un f^b de 208.66 kg/cm^2 y

f'm de 99.44 kg/cm² comparados al f'b de 180 kg/cm² y f'm de 65 kg/cm² que en promedio presentan el ladrillo de arcilla industrial (p.213).

1.1.3. Locales

Según García & Vigo (2019); en su trabajo de investigación titulado: **“Revisión sistemática sobre la utilización de plástico reciclado (PET) en la elaboración de ladrillo de concreto armado.”**, donde tienen como objetivo la reutilización del material Plástico PET reciclado, para crear innovación en las tecnologías de los elementos de la construcción. La metodología que aplico es la revisión sistemática. Así mismo se concluye que con la revisión sistemática realizada se ha podido incrementar los conocimientos acerca de la utilización de plástico PET reciclado en la elaboración de elementos de construcción civil, este estudio en específico ladrillos de concreto armado con incorporación de hojuelas de Plástico reciclado, lo cual según resultados de los documentos estudiados cumplen con la norma E.070 de la normativa nacional vigente.

De acuerdo con Echeverría (2017); en su tesis titulada **“Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado”**, donde tiene como objetivo determinar la resistencia a compresión de los ladrillos de concreto con plástico PET reciclado. La metodología que se aplicó es de carácter experimental. Los resultados de la resistencia a compresión cumplen con todos los criterios de la norma E.070; pero se observa una mayor resistencia en la unidad de albañilería que no contiene hojuelas de PET cuya clasificación es IV, mayor que las unidades que contienen PET, cuya clasificación es III y su resistencia tiene un comportamiento decreciente proporcional con la cantidad de PET incorporado en la mezcla.

Afirma Astopilco (2015); en sus tesis titulada **“Comparación de las propiedades físico – mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de pvc, cajamarca, 2015”**, donde tiene como objetivo comparar las propiedades físico - mecánicas de las unidades de ladrillos de concreto y los elaborados con residuos plásticos de PVC. La metodología que se aplicó es de carácter experimental. Los resultados muestran que las propiedades físico mecánicas de unidades de ladrillo de concreto elaborados con residuos plásticos de PVC se incrementan, excepto la resistencia a compresión ya que los ladrillos con porcentajes de PVC, presentan baja resistencia a compresión frente a ladrillos sin porcentajes de PVC con un valor promedio de 223.99 kg/cm², el cual cumple con el diseño de mezclas para un concreto de f'c = 210 kg/cm².

Según Gonzales, (2016); en su tesis titulada **“Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto con la incorporación de PET en diferentes porcentajes”**, donde uno de sus objetivos es realizar los ensayos de resistencia a la compresión y del módulo de rotura de los ladrillos de concreto con incorporación de PET al 0%, 5%, 10% y 15%. La metodología que se aplicó es de carácter experimental. Los resultados de resistencia a compresión de los ladrillos de concreto con 0% de PET alcanzaron una de 181.48 kg/ lo cual los clasifican como ladrillos tipo V según la norma E.070; seguidamente los ladrillos con 5% de PET alcanzaron una resistencia de 173.73 kg/ ; luego los ladrillos con 10% de PET alcanzaron una resistencia de 164.62 kg/ y finalmente los ladrillos con 15% de PET alcanzaron una resistencia de 145.11 kg/ lo que los clasifica como ladrillos tipo IV. Mientras que comparando con la norma NTP 399.601 todos los ladrillos pertenecen a un tipo 17. Lo que demuestra que la incorporación de PET al ladrillo de concreto hace disminuir su resistencia a compresión, pero no proporcionalmente a lo incorporado.

De acuerdo con Cholán (2016); en su tesis titulada: **“Efecto de tres niveles de PET reciclado Como reemplazo de agregado fino en la Resistencia a compresión axial del concreto Convencional f'_c 210 kg/cm²”**, donde tiene como objetivo determinar el efecto del PET reciclado como agregado fino en el concreto convencional f'_c = 210 kg/cm², La metodología que se aplicó es de carácter experimental. Los resultados de los especímenes de concreto con 0% de PET reciclado alcanzaron una resistencia a compresión axial de 211.21 kg/cm² lo cual cumple con el diseño de f'_c =210 kg/cm²; seguidamente los especímenes con 5% de PET reciclado alcanzaron una resistencia de 204.72 kg/cm²; luego los especímenes con 10% de PET reciclado alcanzaron una resistencia de 195.31 kg/cm². Comparando con la muestra patrón demuestra que al reemplazar PET reciclado en 5%, 10% y 15% en el concreto hace disminuir su resistencia a compresión axial en 3.07%, 7.53% y 11.37% respectivamente.

1.2. Problema o Propósito

A nivel internacional se estima que en 2015 se produjeron más de 6300 millones de toneladas métricas de desechos plásticos; solamente el 9 % fue reciclado, el 12 % fue incinerado y el 79 % restante está acumulado en el ambiente lo que representa un gran impacto sobre la biota terrestre y acuática (Arévalo, 2020, pág. 2), asimismo la Organización de las Naciones Unidas (2018) indica que alrededor de 13 millones de toneladas de plástico son vertidas en los océanos cada año, afectando la biodiversidad, la economía y potencialmente nuestra salud, las cualidades de este material, barato, ligero y fácil de producir han llevado a que su producción alcance cantidades a las cuales somos incapaces de hacer frente. Solamente una pequeña fracción de los plásticos que son descartados se recicla. Lo más preocupante, es que un nuevo informe de ONU Medio Ambiente revela que, de seguir las cosas como están, la producción de plástico no solo crecerá, sino que se duplicará en las próximas décadas.

A nivel Nacional según el MINAM (2017) indica que en Lima Metropolitana y el Callao se generan 886 toneladas de residuos plásticos al día, que corresponden al 46 % del total de residuos a nivel nacional. En promedio se usan alrededor de 30 kilogramos de plástico por ciudadano y se emplean unos 3000 millones de bolsas plásticas, a casi 6000 bolsas por cada minuto.

A nivel regional según Gobierno Regional de Cajamarca (2017) indica que la región Cajamarca produce 390 toneladas de basura por día, pues lo que indica nuestra nefasta contribución diaria a la contaminación del medioambiente. Al día, en la región Cajamarca se genera 390 toneladas de basura, alrededor del 50% de esta producción, se registra en la provincia capital. En promedio, cada habitante, contribuye con 1 mil 500 gramos de residuos que son bolsas plásticas, cartones, envases y materia orgánica.

A nivel local se tiene que la ciudad de Jaén es una ciudad en constante crecimiento urbano como poblacional, con ello viene acompañado el aumento de los residuos sólidos, según indica Municipalidad provincial de Jaén (2007) De la composición Física de los residuos sólidos domiciliarios obtenida en la ciudad de Jaén, el 16,7% del 100% de los residuos sólidos, son residuos que pueden recuperarse por medio del reciclaje (papel, plástico rígido y liviano, latas, cartón, metales, alambres, vidrio), de los cuales lo que más se bota son papeles, residuos orgánicos, latas, plásticos; respecto a plásticos se tiene un 5.2%

(plástico liviano) y 3.1% (plástico rígido), pues en la mayoría de los casos el 51% de los envases son tapados y 49% no lo son lo que genera un problema para la salud de la ciudadanía de Jaén.

A causa de ello la ciudad de Jaén tiene este problema de tratamiento y almacenamiento de sus residuos sólidos, debido a que el mayor porcentaje de estos termina en botaderos informales, quemados, o arrojados a los ríos y lagos. Trayendo consigo un efecto negativo ya que el plástico no se degrada fácilmente y sus fragmentos pueden permanecer durante décadas afectando al medio ambiente, pues estos atraen y acumulan sustancias tóxicas, las cuales afectan a la salud humana. Estos fragmentos contaminan todos los ríos, porque están presentes en prácticamente todos los ecosistemas y los fragmentos de plástico son ingeridos por animales.

1.3. Justificación

Este proyecto de investigación es importante para el medio ambiente, porque se le considero como una alternativa para promover el reciclaje y contrarrestar su impacto de los residuos sólidos (plástico PET), así mismo basándonos en el poco conocimiento técnico que se tiene respecto a su utilización, características y beneficios de este material en el campo de la construcción, trae consigo el desperdicio del mismo, pues la industria del reciclaje en nuestro país se limita a lavar y triturar el material reciclado, para luego exportarlo en forma de hojuelas de PET, sin mayor valor agregado.

En relación al medio ambiente, esta investigación ayudara para que su conservación sea lo más ecológico, incentivando el reciclaje de estos recursos (plástico PET) que se encuentran desechados a la intemperie sin proporcionar un beneficio, sino todo lo contrario lo que hace comportarse como un mal mayor, afectando el bien social y económico de la ciudad y su medio ambiente.

Respecto al medio social, en particular, las comunidades vulnerables soportan de manera desproporcionada las consecuencias de la degradación ambiental causada por la contaminación de los plásticos, desde la producción hasta los desechos, pues son muchos los problemas de salud desencadenados por la crisis del plástico como las diferentes afecciones que van desde las cancerígenas, cardiovasculares o enfermedades relacionadas con el sistema nervioso y reproductivo.

Respecto al medio económico, el plástico representa una gran contribución a la economía circular, lo que indica que puede ser un modelo más sostenible y alternativo a la economía lineal tradicional, lo que significa también una forma de mejorar la competitividad y la eficiencia de recursos.

Con este estudio se intenta dar una solución como alternativa para minimizar el uso de la materia prima más usada en la industria de la construcción (arena), basándonos en la implementación de un concepto de reciclaje y de esta manera reemplazar cierto porcentaje de arena por plástico PET y producir unidades de albañilería que sea ecológico, resistente, ligero y manejable para el trabajador.

1.4. Problema

¿Cuál será la afectación del uso del tereftalato de polietileno (PET), en reemplazo del agregado fino, para la elaboración de unidades de albañilería?

1.5. Hipótesis

La afectación del uso de tereftalato de polietileno (PET), será de manera positiva en la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería cumpliendo así la norma E 0-70, de Albañilería.

1.6. Marco Teórico

1.6.1. Materia Prima

Los agregados son el conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones se encuentran comprendidas entre los límites fijados en las normas del MTC y el NTP y se pueden clasificar como.

- **Agregado grueso:** es el material que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas.
- **Agregado fino:** Es la porción de material que pasa la malla núm. 4 (4.75 mm) y es retenido en la malla núm. 200 (0.075 mm).
- **El hormigón:** es el material conformado por una mezcla de arena y grava, el cual se podría encontrar en forma natural en corteza terrestre si mezclamos en proporciones arbitrarias y se emplearía tal cual se extrae en la cantera.

1.6.2. El Plástico PET

El PET está compuesto por 13% de aire, 23% de líquidos derivados del gas natural y 64% de petróleo. Y se diferencia por su gran celeridad y resistencia mecánica a la compresión, conserva el aroma y sabor de los alimentos, son totalmente reciclables y reutilizables, lo cual ha traído como resultado desplazar a otros materiales (Alesmar *et al.*, 2017, p.1).

Con el plástico PET se elaboran los envases ya sea de aguas minerales o bebidas gaseosas, etc. Estos envases son desechables, por lo que podría ser la bolsa de basura su destino y, por último, los rellenos sanitarios (Alesmar *et al.*, 2017, p.1).

Propiedades del Plástico PET. Por lo general los plásticos se caracterizan por la alta resistencia en relación a su densidad, resistencia a los ácidos, álcalis, disolventes, aislamiento eléctrico y aislamiento térmico, etc. Asimismo, el plástico PET contiene diferentes características como son:

- Para los esfuerzos permanentes presenta buen comportamiento
- Para el desgaste presenta alta resistencia
- Para el deslizamiento presenta un buen coeficiente
- Presenta una buena resistencia química
- Presenta buenas propiedades térmicas

Con estas características se puede decir que las propiedades del PET son adecuadas para ser utilizado en la mezcla del concreto como material alterno (Angumba, 2016).

Tabla 1:

Datos técnicos del Polietileno Tereftalato

Propiedades mecánicas		
Alargamiento a la rotura	15	%
Resistencia a la flexión	140	Kg/cm ²
Resistencia a la tracción	825	Kg/cm ²
Peso específico	134	G/cm ³
Módulo de elasticidad(tracción)	28550	Kg/cm ²
Resistencia al desgaste por roce	MUY BUENA	

Absorción por humedad	0.25	%
Propiedades térmicas		
Temperatura de deformabilidad por calor	170	°C
Temperatura de ablandamiento de Vicat	175	°C
Conducción térmica		Baja
Temperatura de fusión	255	°C
Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100°C	0.00008	Mm por °C
Propiedades químicas		
Resistencia a ácidos débiles a temperatura Ambiente		Buena
Resistencia a álcalis débiles a temperatura Ambiente		Buena
Propagación de llama		Mantiene la llama
Comportamiento a la combustión		Arde con mediana dificultad
Comportamiento al quemado		Gotea

Fuente: Adaptado de Plásticos Mecanizables, 2017

Reciclaje de Plástico PET. La industria del reciclaje de POSTC-PET comenzó como resultado de la presión ambiental para mejorar la gestión de residuos. El otro aspecto que actúa como fuerza impulsora para la industria del reciclaje de PET es que los productos de PET tienen una tasa lenta de descomposición natural. El PET es un plástico no degradable en condiciones normales, ya que no se conoce ningún organismo que pueda consumir sus moléculas relativamente grandes. Se han aplicado dos procesos principales para reciclar las hojuelas de POSTC-PET. Estos procesos son el reciclaje químico y el reciclaje mecánico.

Reciclaje Químico (quimiólisis) de POSTC-PET. Se logra mediante la despolimerización total en monómeros o la despolimerización parcial en oligómeros. Los productos químicos utilizados para la despolimerización del PET incluyen agua (hidrólisis), metanol (metanólisis) y EG (glucólisis). La principal desventaja de la quimiólisis por PET es su alto costo.

El Reciclaje Mecánico de POSTC-PET. Normalmente consiste en la eliminación de la contaminación mediante clasificación y lavado, este último se realiza con agua caliente, detergentes y/o desinfectantes, entre los más utilizados se tiene el hipoclorito sódico(lejía) para tener un mejor resultado, luego se procede con el secado y procesamiento por fusión.

En esta sección se describe el reciclaje mecánico de hojuelas de PET procedentes de botellas POSTC.

La Eliminación de Contaminantes de POSTC-PET. Es un paso vital en el proceso de reciclaje mecánico de PET. La eliminación de contaminantes consta de varios procesos en los que las botellas POSTC-PET se clasifican, muelen y lavan. El proceso de clasificación consiste básicamente en separar las botellas de PET de los envases de PVC, polietileno y otros plásticos. La clasificación de botellas de PET es un paso importante y crítico. Como se discutió anteriormente, los altos niveles de contaminación por otros materiales provocan un gran deterioro de POSTC-PET durante el procesamiento.

El Secado. Se considera un paso esencial en el reciclaje POSTC-PET. Minimiza el contenido de humedad de las hojuelas de POSTC-PET, reduce el efecto de degradación hidrolítica y conduce a una mayor resistencia a la fusión del R-PET. La mayoría de los fabricantes de POSTC-PET utilizan condiciones de secado que van de 140 a 170 °C y de 3 a 7 h. En condiciones de funcionamiento típicas, no se permite que haya más de 50 ppm de agua en las escamas de PET y esto normalmente se logra mediante el uso de secadores desecados que operan a 170 °C durante 6 h antes de alimentar a la extrusora.

Procesamiento de Fusión. Las hojuelas de POSTC-PET se pueden procesar en un sistema de extrusión normal en gránulos útiles. Sin embargo, debido a los contaminantes mencionados anteriormente que están presentes en las hojuelas de POSTC-PET, los gránulos producidos tienen un PM bajo. La extrusión de hojuelas de PET a 280 °C con la presencia de los contaminantes mencionados anteriormente reduce el PM debido a reacciones de degradación. La principal ventaja del reciclaje mecánico de POSTC-PET es el hecho de que el proceso es relativamente sencillo, respetuoso con el medio ambiente y requiere una baja inversión. La principal desventaja del reciclaje mecánico es la reducción de MW durante el procesamiento, también conocida como reducción de $[\eta]$. En las últimas dos décadas se generó un gran sentido de conciencia de este problema por parte de investigadores y fabricantes para encontrar formas de mantener $[\eta]$ durante el procesamiento POSTC-PET. (Firas y Dumitru, 2005).

Antecedentes de la Utilización del Tereftalato de Polietileno (PET) Como Material de Construcción. El Centro Experimental de Vivienda Económica (CEVE) de Argentina, ha realizado ladrillos con distintos materiales de desechos, entre los que se

encuentran: papel, PET y cáscaras de maní. Los ladrillos de papel son mucho más livianos que los convencionales; su aspecto es rugoso y gris; son resistentes, aunque en menor medida que los tradicionales; un ladrillo común pesa 2,5 kilos; el de papel 1,1 kilo; el de PET un kilo; y el de cáscara de maní, medio kilo.

En la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Universidad de Buenos Aires existen bolsas de Polietileno, botellas de agua mineral y parachoques de autos, separados de los residuos, los cuales se convertirán por medio de un emprendimiento social en placas de revestimiento, viguetas y otros materiales, para la construcción de casas económicas y de calidad (Alesmar *et al.*, 2017, p.1).

1.6.3. Unidades de Albañilería con Plástico PET.

Según Chávez (2014), Los ladrillos PET son definidos como unidades de albañilería creadas con envases de PET y otros desechos plásticos. Estos ladrillos pueden contener cemento, agregados pétreos - arena o simplemente ser de plástico. Por lo general están hechos de material reciclado. Los ladrillos PET se caracterizan por tener un peso específico bajo con relación a ladrillos tradicionales.

Para el estudio de esta investigación se utilizaron unidades de albañilería (bloques) con reemplazo porcentual de agregados fino por hojuelas de plástico PET reciclados y fueron sometidos a los ensayos principales de acuerdo a la norma E 070, ya que actualmente no existe un reglamento específico para la elaboración de unidades de albañilería con contenido PET.

Ladrillos de Concreto. La primera planta de ladrillos de concreto en el Perú, inició su producción en 1928 y sus productos se utilizaron para la construcción del primer barrio obrero del Callao. Seguidamente en la ciudad de Lima se ubicaron dos fábricas más, situadas en la antigua chancadora del Puente del Ejército y en el Jr. Tingo María, Breña (Arrieta y Peñaherrera, 2001).

En la actualidad para la fabricación de ladrillos de concreto se viene empleando grandiosas máquinas vibradoras, no obstante, en muchas zonas rurales para poder disponer de este tipo de equipos es casi imposible, lo cual obliga a emplear la vibración manual; por tal sentido, una alternativa constructiva que hace viable la albañilería con ladrillos de concreto es la utilización de pequeñas mesas vibradoras (Arrieta y Peñaherrera, 2001).

Para avalar la calidad de los bloques dependerá de su etapa de elaboración, generalmente al momento de seleccionar los agregados, la determinación de una adecuada dosificación, una correcta elaboración referente al moldeo, mezclado, compactación, y de un apropiado curado (Arrieta y Peñaherrera, 2001).

Utilización de los Ladrillos de Concreto. Para la confección del ladrillo de concreto sólo se requiere materiales usuales, como son: piedra partida, arena, cemento y agua; un equipo de vibrado y moldes metálicos correspondientes; siendo posible su elaboración en obra, evitando así el problema de transporte de unidades fabricadas, lo cual representa aspectos favorables para la autoconstrucción.

Tecnología de los Ladrillos de Concreto. Según Arrieta y Peñaherrera (2001), indican que los materiales utilizados para la fabricación de los ladrillos de concreto estarán constituidos por cemento Portland tipo I, por agregados que cumplan con los requisitos para concretos convencionales; se deberá considerar relación a/c mínima a fin de proporcionarles características de durabilidad e impermeabilidad; el equipo necesario para fabricar los ladrillos lo conforman una pequeña mesa vibradora con su respectivo molde metálico.

Los ladrillos de concreto, que son elementos modulares y pre moldeados, están dentro de la categoría de mampuestos que en obra se manipulan a mano, y son especialmente diseñados para la albañilería confinada y armada. Los ladrillos de concreto se emplean en la construcción de muros para viviendas (exteriores e interiores), parapetos, muros de contención, sobrecimientos, etc. (Arrieta y Peñaherrera, 2001).

La albañilería confinada con ladrillos de concreto, de manera similar que cuando se utiliza ladrillo cerámico, requiere de vigas y columnas de confinamiento. En el caso de la albañilería armada con ladrillos de concreto, se requiere de acero de refuerzo vertical regularmente distribuido, a lo largo del muro, en los alvéolos de las unidades; por su parte, el acero de refuerzo horizontal, cuando es necesario, se aloja en las juntas pudiendo, los ladrillos, presentar o no detalles para su colocación. (Arrieta y Peñaherrera, 2001)

Diseño de Mezclas de Ladrillo de Concreto. Actualmente para los ladrillos de concreto no existe un método específico de dosificación, por lo general para el diseño de concretos convencionales los métodos que se utilizan no son adecuados. Sin embargo, SENCICO (2007), ha considerado que la dosificación depende básicamente de la resistencia

final requerida y las características particulares de los agregados y su comportamiento en la mezcla. Además, ha llegado a una dosificación indicada para los agregados de Lima 1:5:2 (cimento: arena: confitillo), por cada unidad de volumen de cemento añadir 4/8 de volumen de agua; esto debido a las incesantes demostraciones mediante ensayos de laboratorio. El tamaño máximo del agregado grueso será de dimensiones menores al tercio del espesor de los lados del ladrillo. Se debe tomar en cuenta que la dosificación señalada es de carácter práctico y debe ser corroborado por personal especializado.

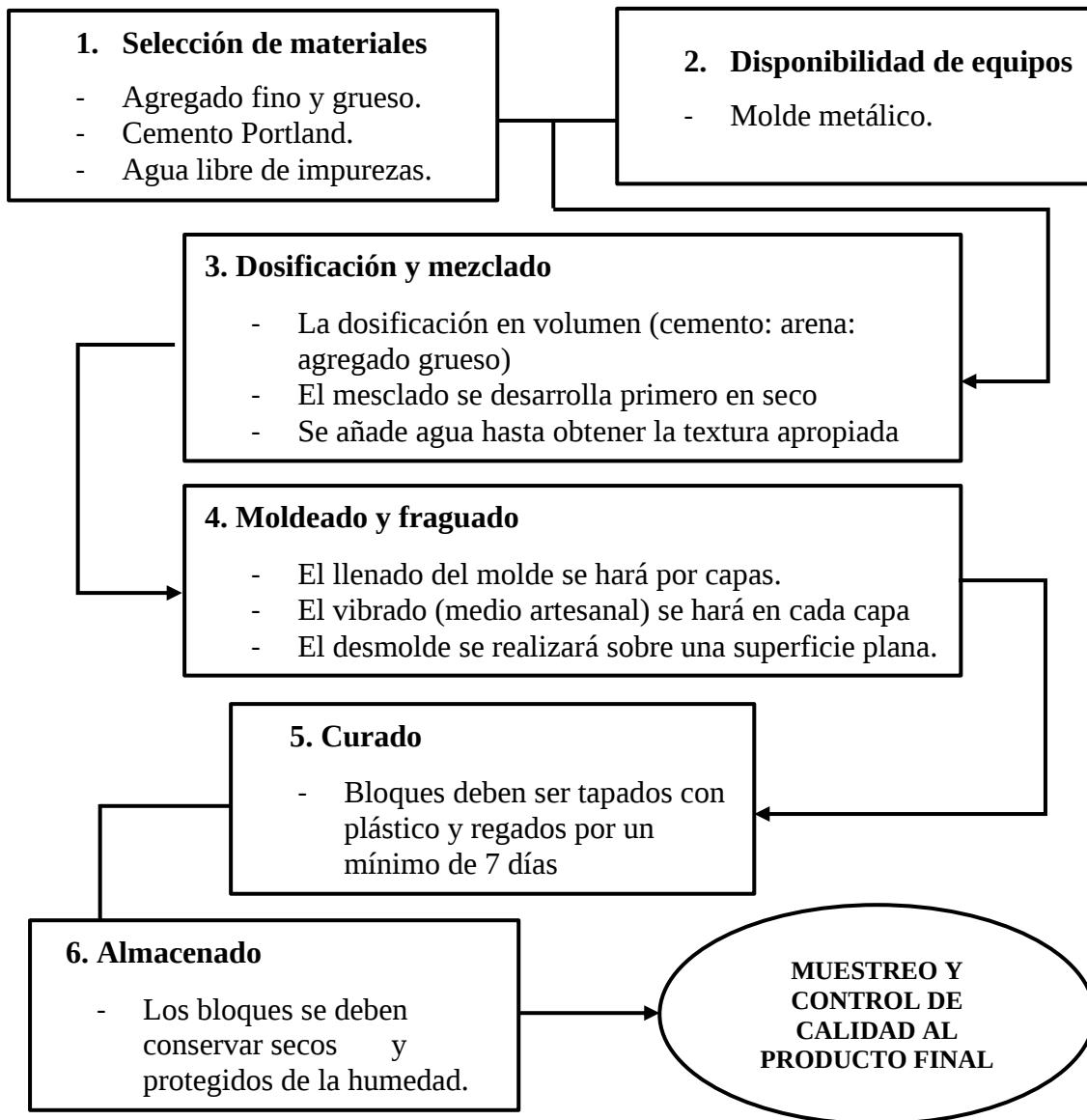
Arrieta y Peñaherrera (2001) afirma que: Se plantearon a partir de prácticas pasadas y bibliografías, el estudio de tres dosificaciones de volumen:

- 1 de cemento: 4 de arena gruesa: 2 de confitillo
- 1 de cemento: 5 de arena gruesa: 2 de confitillo
- 1 de cemento: 5 de arena gruesa: 3 de confitillo

Para el caso del agua se inició con una dosificación en volumen 1:1, para luego ir adicionando más agua hasta conseguir una mezcla adecuada y así facilitar el proceso de desmolde; tener en cuenta que no siempre se obtiene la misma textura con la misma cantidad de agua.

Los resultados logrados, empleando cemento Portland tipo I y agregados de tres canteras diferentes ubicadas en Lima, muestran que el diseño óptimo es 1:7 (p.43).

Flujograma de Producción de Unidades de Albañilería (Bloques)



Clasificación para Fines Estructurales. Para fines estructurales, las unidades de albañilería (bloques) tendrán las características indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 2:

Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales

Clases de unidad de albañilería para fines estructurales					
Clases	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión (f'_b minino en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta.
	Hasta 100m m	Hasta 150m m	Más de 150m m		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.9(50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.9(70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.3(95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.7(130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.6(180)
Bloque P (1)	±4	±3	±2	4	4.9(50)
Bloque NP (2)	±7	±6	±4	8	2.0(20)

Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.

Las cinco clases de unidades de albañilería de la tabla anterior son definidas por San Bartolomé (1994), de la siguiente manera:

- **Tipo I.** Estos ladrillos tienen una muy baja resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo situaciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto continuo con el suelo o la lluvia.
- **Tipo II.** Estos ladrillos tienen una muy baja resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo situaciones de uso moderados (no deben estar en contacto continuo con el agua, lluvia o suelo).
- **Tipo III.** Estos ladrillos tienen resistencia y durabilidad mediana, aptos para ser utilizados en edificaciones expuestas bajo situaciones de intemperismo.
- **Tipo IV.** Estos ladrillos tienen resistencia y durabilidad alta; aptos para ser empleados bajo situaciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a situaciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.
- **Tipo V.** Estos ladrillos tienen una elevada resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados en situaciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a situaciones de intemperismo similares al Tipo IV.

Limitaciones en su Aplicación. La utilización de las unidades de albañilería estará limitada a lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 3:

Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería.

Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales			
Tipo	Zona sísmica 2 y 3		Zona sísmica 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muros portantes en todo edificio
Sólidos artesanales*	No	Si, hasta dos pisos	Si
Sólidos industriales	Si	Si	Si
Alveolar	Si	Si	Si
	Celdas totalmente rellenas con Grout	Celdas totalmente rellenas con Grout	Celdas totalmente rellenas con Grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta dos pisos

Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.

Pruebas. Los ladrillos serán sometidos a diferentes pruebas, conforme lo indica la norma de albañilería E.070: 2006:

- **Muestreo.** Se llevará a cabo la selección al azar de 10 unidades, por cada lote (50 millares) y se realizarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Además, de estas unidades cinco se ensayarán a absorción y las otras cinco a compresión.
- **Resistencia a la Compresión.** Este ensayo de laboratorio se efectuará, de acuerdo a lo indicado en la Norma NTP 399.613 y 399 604.
- **Variación Dimensional.** Para este ensayo, se seguirá el procedimiento que indica la Norma NTP 399.613 y 399 604.
- **Alabeo.** Para la realización de este ensayo, se seguirá el procedimiento que indica la Norma NTP 399.613. Un mayor alabeo del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta, baja adherencia con el mortero y puede ocasionar fallas de tracción por flexión en la unidad.
- **Absorción.** Los ensayos de absorción se realizan de acuerdo a lo que indica la Norma NTP 399.604 y 399.613.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Evaluar el uso del Tereftalato de Polietileno (PET), en reemplazo del agregado fino, para la elaboración de unidades de albañilería (bloques) considerando la norma E 0-70 - de Albañilería.

2.2. Objetivo Específico

- Elaboración de unidades de albañilería con porcentajes (0, 3, 6, 9%) de plástico PET.
- Realizar las pruebas (Variación Dimensional, Alabeo, Absorción, Resistencia a la compresión) de las unidades de albañilería.
- Comparar los bloques elaborados de acuerdo a los porcentajes de plástico PET con respecto a la Resistencia de compresión.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Objeto de Estudio

El objeto de estudio de la presente investigación fue evaluar las unidades de albañilería. Para realizar esta evaluación, se conformó muestras de bloques, con plástico PET a diferentes porcentajes.

3.2. Descripción del Área de Estudio

3.2.1. Ubicación Política y Geográfica del Lugar de Ejecución

La siguiente investigación se realizó en la urbanización (sector pueblo libre), perteneciente a la ciudad de Jaén, comprensión del distrito y provincia de Jaén, del departamento de Cajamarca. La cual, presenta una altitud de 767 m.s.n.m. y cuyas coordenadas UTM según Datum WGS - 84 son las siguientes:

- Este: 741532.30
- Norte: 9293511.70

3.2.2. Ubicación de las Canteras de Estudio

Los lugares de extracción de los materiales para la elaboración de los bloques de concreto, corresponden a la cantera “Josecito” en la ciudad de Jaén, del distrito de Jaén y se ve representada en las siguientes coordenadas:

- Este: 744486
- Norte: 9365280

3.3. Métodos

3.3.1. Método de Investigación

El tipo de método que se usó en la investigación es el método Inductivo – Analítico; puesto que, a partir de las muestras (de lo particular) se hicieron las respectivas conclusiones (a lo general) tanto para las características físicas de los agregados, así como también de la resistencia a la compresión del concreto; por tanto, durante este procedimiento se usó el

método Inductivo. Pero, para llegar hacer las conclusiones, se tuvo que analizar los datos obtenidos de las muestras; por tanto, también se hizo uso del método Analítico.

3.3.2. Variables

Variable independiente: Plástico PET reciclado.

Variable dependiente: Unidades de albañilería (Bloques).

3.3.3. Operacionalización de Variables

Tabla 4:

Operacionalización de variables

Variable independiente	Dimensión	Indicador	Unidad
Plástico PET reciclado	Propiedades físicas	Granulometría	kg
		Peso específico y absorción	kg/m ³ ; %
		Peso unitario	kg/m ³
Variable dependiente	Dimensión	Indicador	Unidad
Unidades de albañilería (Bloques)	Variación Dimensional		mm
	Alabeo	Porcentajes de 0%, 3%, 6%, 9% PET reciclado	mm
	Absorción		%
	Resistencia a la Compresión		Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Tipo de Investigación

a) Por la finalidad.

La Investigación es de finalidad aplicada.

b) Por el Manejo de Variables o Diseño Experimental.

Se utilizó el método científico como método general y como específico tipo explicativo (método experimental), ya que en este trabajo de investigación se manipulo la variable independiente (porcentaje del 0, 3, 6 y 9% de plástico PET reciclado, en las unidades de albañilería (bloques)) para poder apreciar los efectos en las variables dependientes

(unidades de albañilería (bloques): Variación Dimensional, Alabeo, Absorción, Resistencia a la Compresión.).

c) Por el Enfoque o Metodología.

Además de ello se utilizó el método cuantitativo que se basa en la utilización de los números para analizar, investigar y comprobar tanto información como datos numéricos que posteriormente fueron analizados para determinar el uso del tereftalato de polietileno (PET), en reemplazo del agregado fino; para la elaboración de unidades de albañilería (bloques).

3.3.5. Diseño Experimental

Para la presente investigación, se empleó cuatro tipos o tratamientos (plástico PET reciclado) y únicamente tuvo como objetivo evaluar un efecto de respuesta (Unidades de albañilería (Bloques)).

El diseño experimental que corresponde es un Diseño completamente al azar (DCA), con 4 tipos o tratamientos (plástico PET reciclado: 0%,3%, 6% y 9%), realizando repeticiones de 16 para variación dimensional, 16 para alabeo, 8 para absorción y 8 para resistencia a la compresión, a una edad de 28 días, haciendo un total de 192 unidades experimentales para las unidades de albañilería (variable dependiente).

3.3.6. Procedimiento Estadístico

El análisis estadístico, se realizó mediante el software Minitab 18 versión de prueba, teniendo en cuenta, un nivel de confianza del 95%.

- Se realizó el análisis exploratorio de los datos, para determinar el comportamiento o tendencias de los datos. Luego, se verificó si se puede usar el Diseño Completamente al Azar (DCA), esta verificación se hizo al comprobar que se cumplan con los supuestos de normalidad y el supuesto de igualdad de varianzas. De no cumplirse uno de los supuestos se acude a las pruebas no paramétricas para determinar lo antes mencionado.
- Se verificó con el supuesto de normalidad; mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, esto debido a que el número de repeticiones por tratamiento es grande, en el que se evaluó si los errores experimentales del diseño siguen una distribución normal con media cero y varianza σ^2 .

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

- Así mismo, se verificó que se cumpla con el supuesto de igualdad de varianzas, para el cual se usó el método de Levene, que sirvió para analizar si las varianzas de los tratamientos tienden a ser iguales.

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$$

- De cumplir con
- el supuesto antes mencionado, se procederá a realizar el análisis de varianza para determinar si las medias de los tratamientos son iguales o por lo menos una es diferente en comparación con las demás.
- De concluirse que al menos un promedio de los tratamientos es diferente se pasó a realizar la prueba de Tukey de comparaciones múltiples para determinar cuáles tratamientos alcanzan los requisitos establecidos.

3.4. Muestreo

El muestreo para la presente investigación fue del tipo no probabilístico representativo o también conocido como muestreo por conveniencia ya que nosotros determinaremos los elementos que integrarán la muestra.

Teniendo esta consideración, en la presente investigación se usó un muestreo no probabilístico; puesto que, para seleccionar el lugar de donde se extraerán los materiales para la elaboración de muestras de concreto (agregado fino y agregado grueso), tipo de cemento, número de tratamientos para la experimentación, no se tuvo en cuenta ningún tipo de probabilidad.

3.5. Población

Las unidades de albañilería (bloques) con PET fueron elaborados de manera manual según los porcentajes de 0%, 3%, 6%, 9%. La cantidad de unidades de albañilería (Bloques) será de 192 unidades, de los cuales serán 16 por variación dimensional, 16 por alabeo, 8 por absorción y 8 por resistencia a la compresión, por cada porcentaje, estas serán evaluadas a los 28 días.

3.6. Muestra

Para determinar las unidades de albañilería (bloques) se ha considerado, en cumplimiento al numeral 5.2 (clasificación para fines estructurales) del Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E.070 (albañilería) en su artículo 5 (unidad de albañilería) del capítulo 3 (componentes de albañilería), para efectos del diseño estructural.

Tabla 5

Proporción de PET en la mezcla de concreto.

Ensayos	N° Bloques con plástico PET reciclado "0%"	N° Bloques con plástico PET reciclado "3%"	N° Bloques con plástico PET reciclado "6%"	N° Bloques con plástico PET reciclado "9%"
Variación dimensional	16	16	16	16
Alabeo	16	16	16	16
Absorción	8	8	8	8
Resistencia a la compresión	8	8	8	8
Sub total	48	48	48	48
Total	192			

Fuente: Elaboración propia

El tamaño de muestra comprende un total de 192 unidades de albañilería (bloques) con plástico PET reciclado.

3.7. Fuentes de Información

En cuanto a las fuentes de información, durante la fase de recolección de la información, planteamiento del problema, ejecución de la investigación, se usaron: libros, investigaciones realizadas en el tema de estudio, normas que describen los procedimientos para la realización de ensayos en agregados y en ensayos o pruebas de los bloques de concreto.

3.8. Técnicas

3.8.1. Observación

Consistió en la observación y medición directa de todos los eventos o fenómenos que se produjeron durante el desarrollo del trabajo de investigación.

3.8.2. Ensayo en Agregados

Para la determinación de las propiedades físicas de los agregados seguimos las siguientes técnicas usadas, como se muestra a continuación; así mismo se agregan, las referencias de los procedimientos que se emplearon para la ejecución de cada ensayo.

Tabla 6:

Ensayos para determinar las propiedades físicas de los agregados.

Tipo de agregado	Ensayos en agregados	Referencias en la ejecución de ensayo	
Agregado fino	Granulometría	NTP 400.012:2013	MTC E 204
	Contenido de humedad	NTP 339.185:2013	MTC E 215
	Peso unitario suelto y compactado	NTP 400.017:2011	MTC E 203
	Peso específico y absorción	NTP 400.022:2013	MTC E 205
Agregado grueso	Granulometría	NTP 400.012:2013	MTC E 204
	Contenido de humedad	NTP 339.185:2013	MTC E 215
	Peso unitario suelto y compactado	NTP 400.017:2011	MTC E 203
	Peso específico y absorción	NTP 400.021:2013	MTC E 206

Fuente: Elaboración propia.

3.8.3. Ensayos en los Bloques

Los ensayos realizados en los bloques, se describen en la siguiente tabla:

Tabla 7:

Ensayos para determinar las propiedades de los bloques.

Ensayos de los bloques	Referencia en la ejecución de ensayo	
Resistencia a la compresión	NTP 399.604 NTP 399.613	MTC E 704
Variación dimensional	NTP 399.604 NTP 399.613	-----
Alabeo	NTP 399.613	-----
Absorción	NTP 399.604 NTP 399.613	-----

Fuente: Elaboración propia.

3.9. Procedimientos utilizados en el laboratorio de la Universidad Nacional De Jaén

3.9.1. Materiales y Equipos

3.9.1.1. Materiales.

- Cemento Pacasmayo Portland (Tipo I)
- Agregados de la cantera “Josecito” – Jaén.
- Hojuelas o flakes de tereftalato de polietileno.
- Agua Potable.

3.9.1.2. Equipos.

- Molde metálico para bloque.
- Prensa universal de compresión axial Amsler.
- Nivel de ingeniero.
- Horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Balanza con aproximación de 0.1 g.
- Tamices ASTM (3/4”, 1/2”, 3/8”, N°4, 8, 16, 30, 50, 100)
- Vernier.

3.9.2. Características Físicas de los Agregados

3.9.2.1. Reducción de Agregados (Cuarteo).

a) Procedimiento de ejecución.

- Se usó el método de Cuarteo manual, por lo que, se obtuvieron las muestras para ser usadas e ensayadas en laboratorio y así determinar las propiedades físicas de los agregados.
- Una vez obtenido los agregados de la cantera, se mezclaron de manera uniforme sobre una superficie plana y libre de materiales extraños. Luego se aglomero en forma de cono.
- A continuación, se aplanó y se extendió el material hasta obtener una forma circular y con espesor uniforme. Con un cucharón se dividió el material en cuatro partes iguales, tomándose las dos diagonales opuestas para su uso en los ensayos.
- Este proceso se realizó hasta obtener la cantidad mínima requerida para la ejecución de cada ensayo.

3.9.2.2. Granulometría.

a) Procedimiento De Ejecución.

- Se obtuvo una muestra representativa de cada uno de los agregados. Se procedió en colocar las muestras al horno y se mantuvo durante 24 horas a una temperatura uniforme de 110 °C.
- Luego se obtuvo el peso de la muestra seca y se colocó en el juego de tamices (empezando por la malla superior), y se tamizó en tamizadora mecánica o de forma manual.
- Luego se procedió a pesar el material retenido en los tamices, para determinar la distribución granulométrica del material.

b) Cálculos Efectuados.

$$MF = \frac{3/8" + No. 4 + No. 8 + No. 16 + No. 30 + No. 50 + No. 100}{100}$$

3.9.2.3. Humedad.

a) Procedimiento de Ejecución.

- Se obtuvo una muestra representativa mediante el método del cuarteo, luego se procedió a pesar la muestra del agregado.
- Se colocó la muestra de agregado húmedo en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, por un tiempo de 24 horas y posteriormente, se sacó la muestra del horno y se dejó enfriar a temperatura ambiente, se siguió este procedimiento hasta tener un peso constante.
- Finalmente se pesó el recipiente con la mezcla y se registró su peso.

b) Cálculos Efectuados.

$$W\% = \left(\frac{P_{\text{Peso Húmedo}} - P_{\text{Peso Seco}}}{P_{\text{Peso Húmedo}}} \right) * 100\%$$

3.9.2.4. Peso Específico y Absorción.

3.9.2.4.1. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.

a) Procedimiento de Ejecución.

- La muestra obtenida por el método de cuarteo, se procedió a pesar, luego se secó en el horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. En seguida se sumergió en agua durante 24 horas.
- Luego, con mucho cuidado se separó el agua evitando que se pierda el material y se la dejó secar a temperatura ambiente.
- Se colocó el material en tres capas en un cono metálico y se procedió a apisonar con 25 golpes cada capa, con el pisón metálico. Este procedimiento se repitió hasta tener un derrumbamiento de la parte superior del cono de arena, con lo cual, se determinó que el material está en estado saturado superficialmente seco.
- En un picnómetro se introdujo 500 gr de la muestra en estado saturado superficialmente seca y se le añadió agua hasta un nivel de 500.00 ml. Después se agita de 15 a 20 minutos para que todas las burbujas de aire se eliminen.

- Posteriormente se determinó el peso total del frasco, cantidad de agua y el material presente.
- Luego se procedió a retirar del frasco el agregado, y se secó a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para determinar su masa.

b) Cálculos Efectuados.

- Peso específico de masa (Pem):

$$P_{em} = \frac{A}{B + S - C}$$

- Peso específico de masa saturada con superficie seca (P_{emss}):

$$P_{emss} = \frac{S}{B + S - C}$$

- Peso específico aparente (P_{ea}):

$$P_{ea} = \frac{A}{A + B - C}$$

- Porcentaje de absorción (%Ab):

$$\%Ab = \left(\frac{S - A}{A} \right) * 100\%$$

Donde:

A= Peso en el aire de la muestra secada en el horno.

B= Peso del picnómetro lleno con agua.

C= Peso de la muestra con el picnómetro y el agua hasta la marca de calibración.

S= Peso de la muestra saturada y superficialmente seca.

3.9.2.4.2. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.

a) Procedimiento de Ejecución.

- Se tomó una muestra representativa del agregado grueso, para eliminar impurezas y polvo se procedió a lavar el agregado, enseguida se puso al horno a una temperatura de

110°C ± 5°C durante 24 horas para su secado, seguidamente se saturó con agua y durante 24 horas se dejó reposar.

- Con una franela se quitó la película visible de agua de la muestra hasta alcanzar el estado saturado superficialmente seco.
- Seguidamente se inspeccionó y anotó el peso respectivo del agregado, y se procedió a colocarse en la canastilla sumergido en el agua para determinar su peso.

b) Cálculos Efectuados.

- Peso específico aparente (P_{ea}):

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)}$$

- Peso específico de masa (P_{em}):

$$P_{em} = \frac{A}{B - C}$$

- Peso específico de masa saturada con superficie seca (P_{esss})

$$P_{esss} = \frac{B}{(B - C)}$$

- Porcentaje de absorción agregado grueso (%Ab)

$$\% Ab = \frac{B - A}{A} * 100\%$$

Donde:

A= Peso de la muestra seca a temperatura ambiente.

B= Peso de la muestra saturada superficialmente seca a temperatura ambiente.

C= Peso en el agua de la muestra saturada.

3.9.2.5. Peso Unitario.

a) Procedimiento de Ejecución.

- Se determinó el volumen y anotó el peso del molde.

- Para **Peso Unitario Suelto**, de manera uniforme se dejó caer el agregado desde una altura aproximada de 5 cm de la parte superior, mediante el cual se llenó el recipiente hasta su colmatación.
- Luego se determinó el peso del agregado más el molde.
- Para **Peso Unitario Compactado**, hasta 1/3 de su capacidad se llenó el recipiente con la muestra y se procedió a dar 25 golpes con la varilla. Luego sin penetrar en la capa previa ya compactada se llenó hasta los 2/3 de su capacidad y se procedió a dar 25 golpes con la varilla. Finalmente, se llenó el recipiente y se procedió a dar 25 golpes con la varilla.
- Luego la capa superficial del agregado se enrasó utilizando una varilla.
- Finalmente se determinó el peso del molde más el peso del agregado.

b) Cálculos Efectuados.

- Peso unitario suelto (PU_{suelto})

$$PU_{\text{suelto}} = \frac{[P_{\text{recipiente}} + P_{\text{Ag. suelto}}] - P_{\text{recipiente}}}{V_{\text{recipiente}}}$$

- Peso unitario compactado ($PU_{\text{compactado}}$)

$$PU_{\text{compactado}} = \frac{[P_{\text{recipiente}} + P_{\text{Ag. compactado}}] - P_{\text{recipiente}}}{V_{\text{recipiente}}}$$

3.9.3. Características Físicas del plástico PET Reciclado

Se aplicaron las normas NTP debido a que no se cuenta con una normativa para determinar las propiedades de las hojuelas de PET como agregado, y estas normas son las siguientes:

3.9.3.1. Granulometría.

Se siguieron las fórmulas y los pasos detallados en la Norma NTP 400.012:2013.

3.9.3.2. Peso Específico y Absorción.

Se siguieron las fórmulas y los pasos detallados en la Norma NTP 400.022:2013.

3.9.3.3. Peso Unitario.

Se siguieron las fórmulas y los pasos detallados en la Norma NTP 400.017:2011.

3.9.4. Procedimiento en el Diseño de Mezclas de la Unidad de Albañilería (bloques)

3.9.4.1. Dimensiones del Bloque.

Las dimensiones escogidas para el diseño de las unidades de albañilería (bloques) fueron: 26cm*15.5cm*10.5cm, largo, ancho y altura. La resistencia mínima para un bloque P es $f'_b = 50\text{Kg/cm}^2$.

3.9.4.2. Dosificación del Bloque Patrón.

Al utilizar el método del módulo de fineza de combinación de agregados se estableció la adecuada dosificación que garantice la combinación adecuada de agregados para lograr buena trabajabilidad, y una resistencia mínima de $f'_b = 50\text{Kg/cm}^2$ correspondiente a un Bloque P elaborado en 5 dosificaciones en volumen:

- 1 de cemento: 4 de arena gruesa: 2 de agregado grueso.
- 1 de cemento: 4 de arena gruesa: 3 de agregado grueso.
- 1 de cemento: 5 de arena gruesa: 3 de agregado grueso.
- 1 de cemento: 5 de arena gruesa: 2 de agregado grueso.
- 1 de cemento: 5.5 de arena gruesa: 2.5 de agregado grueso.

En el caso del agua se inició con una relación a/c de 0.4, y para conseguir una mezcla adecuada se fue adicionando más agua con la intención de facilitar el proceso de desmolde; no siempre se obtiene la misma textura con la misma cantidad de agua.

Se optó la dosificación que se más aproximó a los requerimientos de trabajabilidad, consistencia y resistencia especificados líneas arriba, según las mezclas elaboradas con las 5 dosificaciones que fueron evaluadas.

3.9.4.3. Dosificación del Bloque con Plástico PET Reciclado.

Con la dosificación 1: 5.5: 2.5, se obtuvieron resultados favorables en función de resistencia y trabajabilidad para elaborar el bloque P, y se procedió al reemplazo porcentual del agregado fino por plástico PET reciclado(hojuelas) en la mezcla.

Tabla 8:

Proporción de plástico PET en la mezcla.

Bloques	Proporción de PET en volumen	Código
Tipo 1	0%	BP PET 0%
Tipo 2	3%	BP PET 3%
Tipo 3	6%	BP PET 6%
Tipo 4	9%	BP PET 9%

Fuente: Elaboración propia.

3.9.4.4. Procedimiento de Elaboración de los Bloques.

a) Mezclado y Moldeado.

- Se procedió a pesar las dosificaciones de agregado grueso, agregado fino, cemento, PET y a medir el volumen de agua.
- Se procedió a combinar con una palana el cemento y los agregados (con el respectivo reemplazo porcentual del agregado fino por las hojuelas de plástico PET), hasta obtener una mezcla homogénea; luego se agregó el agua al centro de la misma, para así proceder a envolver con mezcla seca de los lados y rápidamente mezclar todo uniformemente, hasta que la mezcla tenga buena trabajabilidad.
- Preparada la mezcla se colocó dentro del molde metálico, y mientras se colocaba, esta se vibraba de manera artesanal. En seguida se procedió a enrasar la mezcla, para luego retirar el molde y se hizo el respectivo curado.

b) Curado.

- Después de haber elaborado los bloques, se colocó su código y se procedió a regar. Este proceso de regado se realizó tres veces al día durante siete días.

c) Acopio.

- Los bloques se almacenaron bajo techo, mediante pilas que no superaran los 1.5m de altura cómo es recomendado.

3.9.5. Características de los Bloques con Plástico PET Reciclado.

A la edad de 28 días se realizaron los ensayos de las unidades de albañilería y se siguieron los procedimientos estipulados. La evaluación de estas características permitió clasificar a los tipos de bloques.

3.9.5.1. Ensayos de Variación Dimensional.

a) Procedimiento de Ejecución.

Se midió con una regla graduada al milímetro, el largo (L), ancho (A) y altura (H); cada unidad de albañilería (bloques), obteniendo la dimensión promedio D_p (largo, ancho y alto).

b) Cálculos Efectuados.

$$V(\%) = \frac{(D_e - D_p)}{D_e} \times 100$$

Donde:

V: Variación dimensional (%)

D_e : Dimensión establecida para su elaboración (mm)

D_p : Dimensión promedio (mm)

3.9.5.2. Ensayos de Alabeo.

a) Procedimiento de ejecución.

Sobre una superficie plana se ubicó cada bloque y se colocó diagonalmente una regla metálica sobre una de las caras de la unidad de albañilería (bloques), y con una cuña graduada al milímetro se midió en la zona más alabeada, para así poder determinar si es cóncavo o convexo.

3.9.5.3. Ensayos de Absorción.

a) Procedimiento de Ejecución.

Las unidades elegidas se secaron por 24 horas en el horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ para conseguir un peso seco (P_1); en seguida, cada unidad de albañilería (bloques) se meterá completamente en agua durante 24 horas, luego se sacó del agua y se pesó en su forma saturada (P_2).

b) Cálculos Efectuados.

$$A(\%) = \frac{(P_2 - P_1)}{P_1} \times 100$$

Dónde:

A: Absorción (%)

P_1 : Peso seco (g)

P_2 : Peso saturado (g)

3.9.5.4. Ensayos de Resistencia a Compresión

a) Procedimiento de Ejecución.

El ensayo de resistencia a compresión f'_b se realizó a los 28 días, con unidades de albañilería (bloques) secas, la cual se determinó con la siguiente ecuación.

b) Cálculos Efectuados.

$$f'_b = \frac{R}{A}$$

Dónde:

f'_b : Resistencia a compresión (kg/cm^2)

R: Carga de rotura (kg)

A: Área de contacto (cm^2)

3.9.6. Procedimiento Estadístico de los Datos

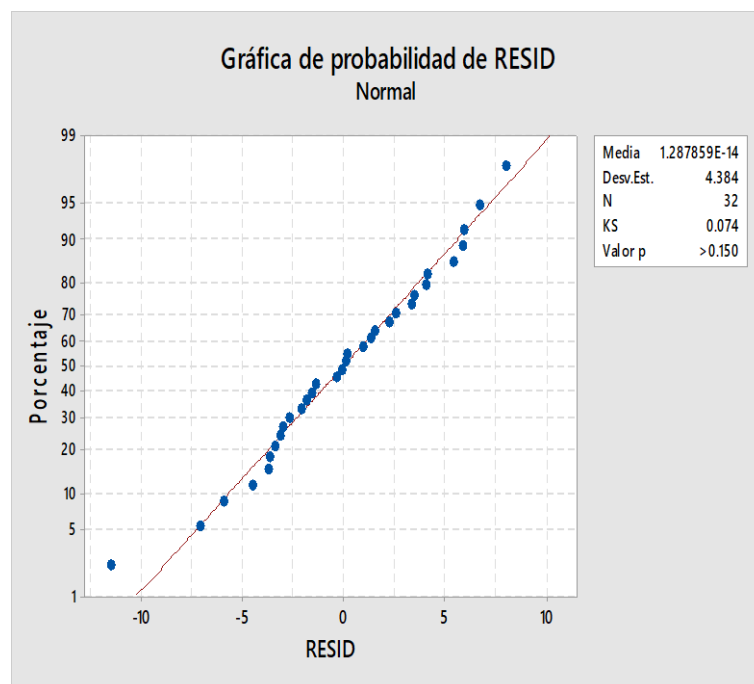
El procedimiento estadístico se realizó haciendo uso del programa MINITAB 18 en su versión gratuita y cuyo procedimiento es el que se describe a continuación:

a) Diseño Completamente al Azar (DCA), para hacer uso de este diseño se tendrá que probar primeramente que los datos de las resistencias a la compresión cumplen con los dos

supuestos siguientes, el primero viene hacer el supuesto de igualdad de varianzas y el segundo el supuesto de normalidad.

Supuesto de normalidad, con este supuesto se evalúa si los errores siguen una distribución normal, para evaluar esto se usó el método de Kolmogorov-Smirnov; dado que, se tiene 8 repeticiones por cada tratamiento; entonces, se plantea las siguientes hipótesis:

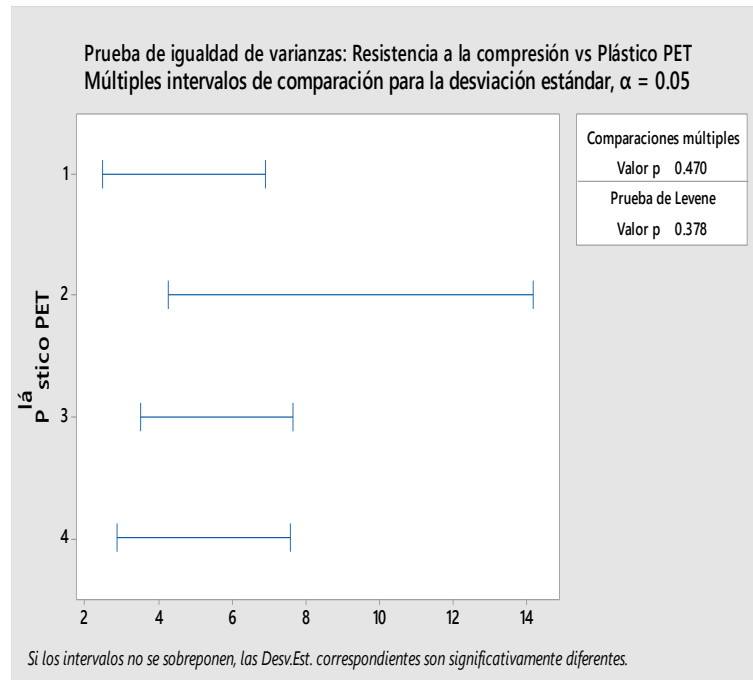
- Ho: Los errores tienen una distribución normal con $\mu=0$ y σ .
- Hi: Los errores no tienen una distribución normal con $\mu=0$ y σ .



Como se observa en la imagen anterior, el Valor p (>0.150) es mayor que el nivel de significancia (0.05), por lo que, la prueba es no significativa; se acepta la hipótesis nula (H_0), lo que quiere decir que los errores siguen una distribución normal, con esto se dice que se cumple con el supuesto de normalidad.

Supuesto de igualdad de varianzas, con este supuesto se evalúa si las varianzas en los tratamientos tienden hacer iguales; para ello, se usó la prueba de Levene, entonces se plantean las siguientes hipótesis:

- Ho: Las varianzas de las resistencias a la compresión son iguales por tratamiento.
- Hi: Las varianzas de las resistencias a la compresión son diferentes por tratamiento.



Como se observa en la imagen anterior, el Valor p (0.378) es mayor al nivel de significancia (0.05), por lo que se acepta la primera hipótesis (H_0); lo que quiere decir, que las varianzas de las resistencias a la compresión son iguales por tratamiento. Cumpliendo con el supuesto de igualdad de varianzas.

Comprobado que las resistencias a la compresión cumplen con los supuestos de igualdad de varianzas y el de normalidad, se procedes a realizar el análisis de varianzas.

b) Análisis de Varianza: este análisis permite conocer si existe una variación significativa entre las medias por tratamiento. Entonces, se hace uso de la tabla ANVAR, y también se plantea las siguientes hipótesis:

- H_0 : Las medias de las resistencias a la compresión de los tratamientos son iguales.
- H_i : Las medias de las resistencias a la compresión de los tratamientos son diferentes o al menos una de ella es diferente de las demás.

Análisis de Varianza de Resistencia

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Plástico PET	3	4850.5	1616.82	75.97	0.00
Error	28	595.9	21.28		
Total	31	5446.3			

Como el valor p (0.000) es menor al nivel de significancia (0.05), se rechaza la primera hipótesis y se acepta la segunda hipótesis; lo que quiere decir, que las medias de las resistencias a la compresión de los tratamientos son diferentes o al menos una ella es diferente de las demás.

c) Prueba POST-ANVAR: como se observó que hay diferencias entre las medias de los tratamientos, se hace uso de la prueba Tukey que permitirá identificar cuál o cuáles de los tratamientos tienen la media estadísticamente diferente a las demás, esto se hace mediante el método de comparaciones múltiples.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Plástico PET	N	Media	Agrupación	
0%	8	76.729	A	
3%	8	55.745		B
6%	8	47.7173		C
9%	8	45.5728		C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Como se observa en la imagen anterior, la prueba Tukey separa a los tratamientos en tres grupos, el primer grupo (A) lo conforman los tratamientos con plástico PET al 0%, este grupo alcanzó la mayor resistencia a la compresión, el segundo grupo (B) que lo conforman los tratamientos con plástico PET al 3%, este grupo alcanzó menos resistencia a la compresión ; muy diferente el tercer grupo(C) que lo conforman los tratamientos con plástico PET al 6% y 9%, los cuales alcanzaron la más baja resistencia a la compresión.

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación de las Unidades de Albañilería(bloques) Elaborados con Adiciones de Tereftalato de Polietileno (PET), en Reemplazo del Agregado Fino, Considerando la Norma E 0-70 - de Albañilería.

En la evaluación de las unidades de albañilería se determinaron las propiedades físicas de los agregados según la normativa del MTC aplicados a los mismos, para luego proceder con su elaboración de 192 bloques, haciendo una adicción de PET en reemplazo del agregado fino; siguiendo las indicaciones de la E.070 para cumplir con las características de las unidades de albañilería y obtener su clasificación como bloque P o NP.

Tabla 9:

Clasificación final de bloques

Clasificación final				
Tipo	Variación dimensional	Alabeo	Resistencia a compresión	Clasificación final
BP PET 0%	Bloque P	Bloque P	Bloque P	Bloque P
BP PET 3%	Bloque P	Bloque P	Bloque P	Bloque P
BP PET 6%	Bloque P	Bloque P	Bloque NP	Bloque NP
BP PET 9%	Bloque P	Bloque P	Bloque NP	Bloque NP

* Fuente: elaboración propia

4.2. Elaboración de Unidades de Albañilería con Porcentajes (0, 3, 6, 9%) de Plástico PET.

Los resultados de las características físicas de los agregados, se muestran a continuación.

4.2.1. Características Físicas de los Agregados

4.2.1.1. Características Físicas del Agregado Fino

El material extraído de la cantera “Josecito “de la ciudad de Jaén, si cumplió con los requisitos para la elaboración del concreto. De la cual, se determinó las características mostradas a continuación: los cálculos más detallados lo podemos encontrar en el Anexo N°1.

Tabla 10:

Características físicas del agregado fino, cantera “Josecito”.

Descripción	Valores
Tamaño máximo	3/8 pulg.
Módulo de fineza	2.61
Contenido de humedad	2.05 %
Peso específico masa	2.53 gr/cm ³
Porcentaje de absorción	2.54 %
Peso unitario suelto	1597.29 kg/m ³
Peso unitario compactado	1868.62 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2. Características Físicas del Agregado Grueso

De la cantera “Josecito” de la ciudad de Jaén, se extrajo dicho material, el cual si cumplió con los requerimientos normativos para la elaboración de concreto: los cálculos más detallados lo podemos encontrar en el Anexo N°2.

Tabla 11:

Características físicas del agregado grueso, cantera “Josecito”.

Descripción	Valores
Tamaño máximo	3/4 pulg.
Tamaño máximo nominal	1/2 pulg.
Módulo de fineza	6.454
Contenido de humedad	0.31 %
Peso específico de masa	2.65 gr/cm ³
Porcentaje de absorción	1.13 %
Peso unitario suelto	1448.33 kg/m ³
Peso unitario compactado	1659.19 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.3. Características Físicas del PET

Se muestra el resumen de las características físicas del plástico PET reciclado, determinadas en laboratorio: los cálculos más detallados lo podemos encontrar en el Anexo N°3.

Tabla 12:

Características físicas del PET

Descripción	Valores
Módulo de fineza	5.63
Peso específico de masa	1.15 gr/cm ³
Peso unitario suelto	298.13 kg/m ³
Peso unitario suelto compactado	374.86 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Resistencia a Compresión de la Mezcla Patrón a Diferentes Dosificaciones

Para cumplir con la resistencia mínima requerida de 50 kg/cm² para unidades de albañilería (bloque P). Hemos hecho ensayos a compresión a las edades de 28 días con 5 dosificaciones de prueba. Donde obtuvimos que la dosificación que más se adecuó fue de 1: 5.5: 2.5, pues se acercó a la resistencia solicitada. Las 5 dosificaciones con sus respectivos diseños de mezcla se encuentran en el Anexo N° 4

Tabla 13:

Resultados del ensayo de compresión de los bloques patrón.

Resistencia a compresión de los bloques de prueba										
Proporción	Área bruta* (cm ²)	7 días			14 días			28 días		
		Carga de rotura (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio a los 7 días (fb)	Carga de rotura (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio a los 14 días (fb)	Carga de rotura (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio a los 28 días (fb)
A 1 : 4 : 2	403.00	18000.00	44.67		31200.00	77.42		41000.00	101.74	
	403.00	18350.00	45.53	44.97	33100.00	82.13	77.19	40100.00	99.50	100.83
	403.00	18020.00	44.71		29020.00	72.01		40800.00	101.24	
B 1 : 4 : 3	403.00	16500.00	40.94		26700.00	66.25		34000.00	84.37	
	403.00	16250.00	40.32	40.32	27500.00	68.24	66.34	33800.00	83.87	83.37
	403.00	16000.00	39.70		26010.00	64.54		33000.00	81.89	
C 1 : 5 : 2	403.00	14000.00	34.74		22800.00	56.58		32100.00	79.65	
	403.00	14250.00	35.36	34.53	23400.00	58.06	56.58	32900.00	81.64	78.41
	403.00	13500.00	33.50		22200.00	55.09		29800.00	73.95	
D 1 : 5 : 3	403.00	12200.00	30.27		18000.00	44.67		23900.00	59.31	
	403.00	12300.00	30.52	30.73	17500.00	43.42	43.76	24000.00	59.55	59.22
	403.00	12650.00	31.39		17400.00	43.18		23700.00	58.81	
E 1: 5.5 :2.5	403.00	11250.00	27.92		17300.00	42.93		23660.00	58.71	
	403.00	11560.00	28.68	28.75	16160.00	40.10	41.24	23300.00	57.82	57.74
	403.00	11950.00	29.65		16400.00	40.69		22850.00	56.70	

* Fuente: elaboración propia

4.2.3. Características de los Bloques con PET

Con la dosificación escogida (1: 5.5: 2.5) se derivó a la inclusión del plástico PET (0%,3%, 6%, 9%) en el diseño de mezcla de los bloques con PET, estos diseños se pueden encontrar en el Anexo N° 5. La evaluación de las características de los bloques con plástico PET se realizó según la Norma E.070:2006, como indica en la tabla 14.

Tabla 14:

Clase de Unidad de Albañilería (Bloques) para Fines Estructurales.

Clases de unidad de albañilería para fines estructurales					
Clases	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión (f'_b minino en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta.
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Más de 150mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.9(50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.9(70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.3(95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.7(130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.6(180)
Bloque P (1)	±4	±3	±2	4	4.9(50)
Bloque NP (2)	±7	±6	±4	8	2.0(25)

Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.

4.3. Realización de las Pruebas (Variación Dimensional, Alabeo, Absorción, Resistencia a la compresión) de las Unidades de Albañilería.

4.3.1. Ensayo de Variación Dimensional

Se determinó la variación dimensional de largo, ancho y altura de 64 bloques (16 unidades por cada tipo de bloque), como se muestra detalladamente en el Anexo N°6. Los porcentajes promedios obtenidos por cada tipo de la variación dimensional, son los siguientes:

Tabla 15:

variación dimensional por cada tipo de bloque con PET.

Tipo	Variación dimensional						clase
	La P(mm)	L%	An P(mm)	A%	Ha P(mm)	H%	
BP PET 0%	259.79	0.08%	155.23	0.15%	101.86	2.99%	Bloque P
BP PET 3%	260.30	0.12%	156.38	0.99%	102.41	2.47%	Bloque P
BP PET 6%	260.17	0.07%	157.95	1.90%	101.33	3.49%	Bloque P
BP PET 9%	260.52	0.20%	157.36	1.52%	103.80	1.15%	Bloque P

* Fuente: elaboración propia

4.3.2. Ensayo de Alabeo

Se determinó el alabeo 64 bloques (de 16 unidades por cada tipo de bloque), y se analizó su concavidad y convexidad, como lo podemos encontrar detalladamente en el Anexo N°7. El promedio obtenido del alabeo por cada tipo, son los siguientes:

Tabla 16:

Alabeo por cada tipo de bloque con PET.

Tipo	Alabeo	
	(mm)	clase
BP PET 0%	1.57	Bloque P
BP PET 3%	1.63	Bloque P
BP PET 6%	2.10	Bloque P
BP PET 9%	1.70	Bloque P

* Fuente: elaboración propia

4.3.3. Ensayo de Absorción

Se determinó la absorción de 32 bloques (8 unidades por cada tipo de bloque), para ello se consideró los pesos antes y después del ensayo, como lo podemos encontrar detalladamente en el Anexo N°8. Los resultados de la absorción promedio por cada tipo, son los siguientes:

Tabla 17:

Absorción por cada tipo de bloque con PET.

Absorción	
Tipo	%
BP PET 0%	4.26
BP PET 3%	5.32
BP PET 6%	5.35
BP PET 9%	5.83

* Fuente: elaboración propia

En la tabla 17, se muestra que todos los tipos de bloques con PET cumplen los requisitos de la norma E.070, la cual menciona que los bloques P deben tener una absorción máxima de 12%.

4.3.4. Ensayo de Resistencia a la Compresión.

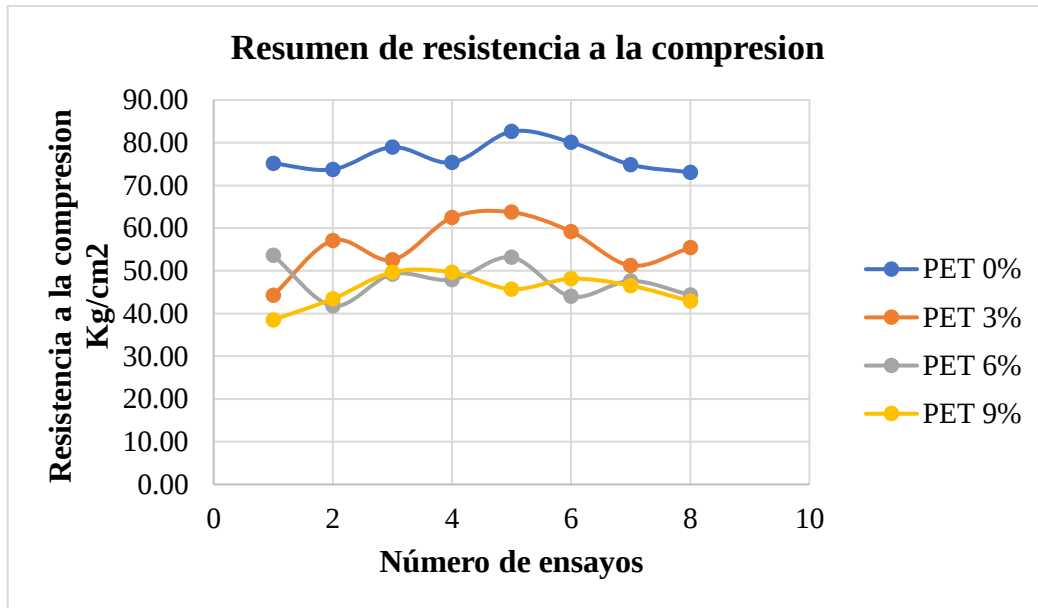
Se determinó la resistencia a la compresión de 32 bloques (8 unidades por cada tipo de bloque), para lo cual se consideró la carga rotura y el área de contacto, tal como se detalla en el Anexo N°9. Los resultados de la resistencia a compresión por cada tipo, son las siguientes:

Tabla 18:

Resistencia a compresión de los bloques con PET

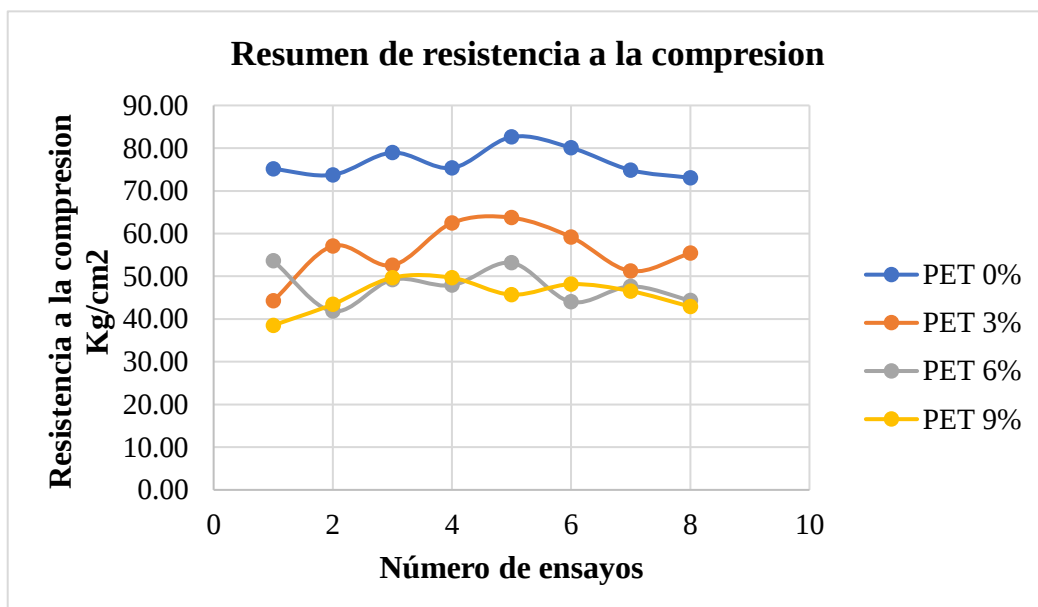
Tipo	F'b (kg/cm2)
BP PET 0%	76.73
BP PET 3%	55.75
BP PET 6%	47.72
BP PET 9%	45.57

* Fuente: elaboración propia



Las resistencias a compresión de todos los tratamientos cumplen con lo requerido por la norma E.070; pero observamos una mayor resistencia de la unidad de albañilería que contiene porcentajes de plástico PET 0% y 3% cuya clasificación es bloque P, mayor que las unidades que contienen 6% y 9%PET, cuya clasificación es bloque NP y su resistencia tiende a decrecer proporcionalmente con la cantidad de PET incorporado en la mezcla.

4.4. Comparar los Bloques Elaborados de Acuerdo a los Porcentajes de Plástico PET con Respecto a la Resistencia de Compresión.



- En el tratamiento 01, el que fue conformado por una proporción de plástico PET de 0%, obtuvo la mayor resistencia a la compresión con respecto a los demás tratamientos. También, se observa que, este tratamiento obtuvo una resistencia a la compresión de 76.73 kg/cm²; lo que quiere decir, que alcanzó la resistencia a la compresión requerida, de la norma de albañilería E.070 que fue de 50 kg/cm².
- En el tratamiento 02 con proporción de plástico PET de 3%, la resistencia a la compresión alcanzó los 55.75 kg/cm², cumpliendo así con la resistencia a la compresión indicada en la norma de albañilería E070; pero, se observa que tiende hacer un poco mayor comparadas con las resistencias alcanzadas por los tratamientos con PET 6% y 9%.
- En el tratamiento 03 y el tratamiento 04 con proporciones de plástico PET de 6% y 9%, nótese que las resistencias alcanzadas son similares, y estas alcanzaron la menor resistencia a la compresión que fueron de 47.72 kg/cm² y 45.57 kg/cm² respectivamente y son estos tratamientos los que no alcanzaron la resistencia a la compresión requerida, de la norma de albañilería E.070 que fue de 50 kg/cm².

4.5. Resultado del Análisis Estadístico

Los resultados de los procesos estadísticos, se muestran a continuación por cada uno de los ensayos realizados; vale decir, en la variación dimensional, alabeo, absorción y la resistencia a compresión.

4.5.1. Análisis Estadístico de la Variación Dimensional

4.5.1.1. Análisis Estadístico para el Largo del bloque

Análisis de varianza: este análisis permite conocer si existe una variación significativa entre las medias por tratamiento. Entonces, se hace uso de la tabla ANVAR, y también se plantea las siguientes hipótesis:

- Ho: las medias con respecto al largo de los tratamientos son iguales.
- Hi: las medias con respecto al largo de los tratamientos son diferentes o al menos una de ella es diferente de las demás.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Plástico PET	3	4.497	1.4991	6.99	0.000
Error	60	12.874	0.2146		
Total	63	17.371			

Como el valor p (0.00) es menor al nivel de significancia (0.05), se rechaza la primera hipótesis y se acepta la segunda hipótesis; lo que quiere decir, que las medias de las dimensiones del bloque son diferentes o al menos una ella es diferente de las demás.

Prueba Tukey: como se observó que hay diferencias entre las medias de los tratamientos, con esta prueba POST-ANVAR nos permitirá identificar cuál o cuáles de los tratamientos tienen la media estadísticamente diferente a las demás, esto se hace mediante las comparaciones múltiples.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de

Plástico PET	N	Media	Agrupación	
9%	16	260.519	A	
3%	16	260.303	A	
6%	16	260.174	A	B
0%	16	259.79		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Como se observa en la imagen anterior, la prueba Tukey separa a los tratamientos en dos grupos, el primer grupo (A) lo conforman los tratamientos con plástico PET al 3% y 9%, este grupo alcanzó la mayor longitud, muy diferente al segundo grupo (B) que lo conforman los tratamientos con plástico PET al 0% y 6%, los cuales alcanzaron la menor longitud.

4.5.1.2. Análisis Estadístico para el Ancho del Bloque

Análisis de varianza: este análisis permite conocer si existe una variación significativa entre las medias por tratamiento. Entonces, se hace uso de la tabla ANVAR, y también se plantea las siguientes hipótesis:

- Ho: las medias con respecto al ancho de los tratamientos son iguales.
- Hi: las medias con respecto al ancho de los tratamientos son diferentes o al menos una de ellas es diferente de las demás.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Plástico PET	3	66.81	22.2711	47.86	0.000
Error	60	27.92	0.4653		
Total	63	94.73			

Como el valor p (0.00) es menor al nivel de significancia (0.05), se rechaza la primera hipótesis y se acepta la segunda hipótesis; lo que quiere decir, que las medias de las dimensiones del bloque son diferentes o al menos una ella es diferente de las demás.

Prueba Tukey: como se observó que hay diferencias entre las medias de los tratamientos, con esta prueba POST-ANVAR nos permitirá identificar cuál o cuáles de los tratamientos tienen la media estadísticamente diferente a las demás, esto se hace mediante las comparaciones múltiples.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Plástico PET	N	Media	Agrupación
6%	16	157.948	A
9%	16	157.362	A
3%	16	156.528	B
0%	16	155.228	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Como se observa en la imagen anterior, la prueba Tukey separa a los tratamientos en tres grupos, el primer grupo (A) lo conforman los tratamientos con plástico PET al 6% y 9%, este grupo alcanzó la mayor anchura, el segundo grupo (B) que lo conforman los tratamientos con plástico PET al 3%, los cuales alcanzaron un poco menor la anchura. Muy diferente al tercer grupo (C) que lo conforman los tratamientos con plástico PET al 0%, los cuales alcanzaron la menor anchura.

4.5.1.3. Análisis Estadístico para la Altura del Bloque

Análisis de varianza: este análisis permite conocer si existe una variación significativa entre las medias por tratamiento. Entonces, se hace uso de la tabla ANVAR, y también se plantea las siguientes hipótesis:

- Ho: las medias con respecto a la altura de los tratamientos son iguales.

- H_1 : las medias con respecto a la altura de los tratamientos son diferentes o al menos una de ellas es diferente de las demás.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Plástico PET	3	54.02	18.0067	21.73	0.000
Error	60	49.73	0.8288		
Total	63	103.75			

Como el valor p (0.00) es menor al nivel de significancia (0.05), se rechaza la primera hipótesis y se acepta la segunda hipótesis; lo que quiere decir, que las medias de las dimensiones del bloque son diferentes o al menos una de ellas es diferente de las demás.

Prueba Tukey: como se observó que hay diferencias entre las medias de los tratamientos, con esta prueba POST-ANVAR nos permitirá identificar cuál o cuáles de los tratamientos tienen la media estadísticamente diferente a las demás, esto se hace mediante las comparaciones múltiples.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Plástico PET	N	Media	Agrupación	
9%	16	103.797	A	
3%	16	102.406	B	
0%	16	101.859	B	C
6%	16	101.331		C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

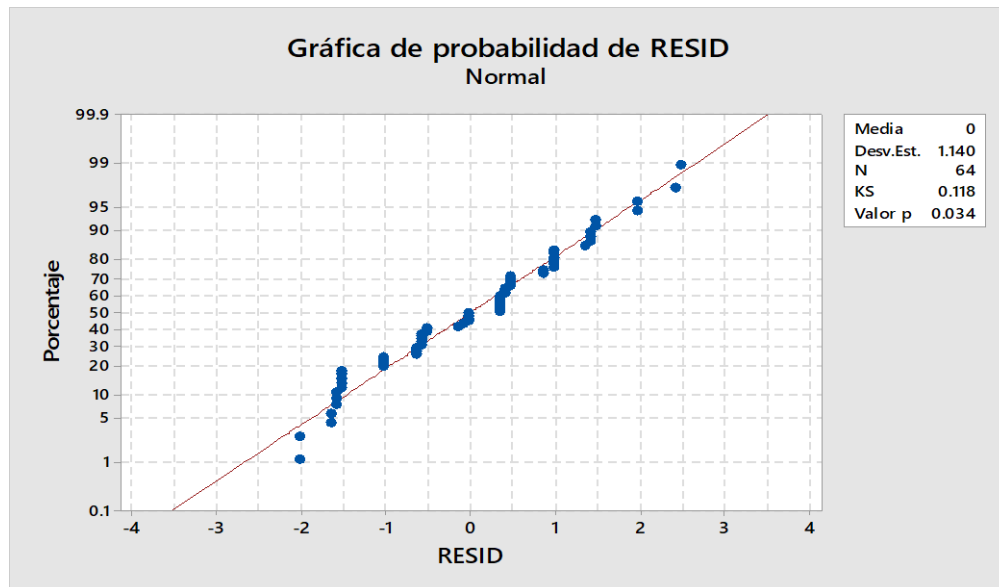
Como se observa en la imagen anterior, la prueba Tukey separa a los tratamientos en tres grupos, el primer grupo (A) lo conforman los tratamientos con plástico PET al 9%, este grupo alcanzó la mayor anchura, el segundo grupo (B) que lo conforman los tratamientos con plástico PET al 3%, los cuales alcanzaron un poco menor la anchura. Muy diferente al tercer grupo (C) que lo conforman los tratamientos con plástico PET al 0% y 6%, los cuales alcanzaron la menor anchura.

4.5.2. Análisis Estadístico del Alabeo

Diseño Completamente al Azar (DCA), para hacer uso de este diseño se tendrá que probar primeramente que los datos de alabeo cumplan con los dos supuestos siguientes, el primero viene hacer el supuesto de normalidad el segundo de igualdad de varianzas.

Supuesto de Normalidad, con este supuesto se evalúa si los errores siguen una distribución normal, para evaluar esto se usó el método de Kolmogorov-Smirnov; dado que, se tiene 16 repeticiones por cada tratamiento; entonces, se plantea las siguientes hipótesis:

- H_0 : Los errores tienen una distribución normal con $\mu=0$ y σ .
- H_1 : Los errores no tienen una distribución normal con $\mu=0$ y σ .



Como se observa en la imagen anterior, el Valor p (>0.034) es menor que el nivel de significancia (0.05), por lo que, la prueba es significativa; se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que quiere decir que los errores siguen no una distribución normal, con esto se dice que no cumple con el supuesto de normalidad.

Prueba de no Paramétrica de KRUSKAL-WALLIS, con este supuesto se evalúa si el efecto en los tratamientos tienden hacer iguales, entonces se plantean las siguientes hipótesis:

- H_0 : El efecto del porcentaje de plástico PET me da igual alabeo.
- H_1 : El efecto del porcentaje de pastico PET no me da igual alabeo.

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	3	1.59	0.662
Ajustado para empates	3	1.65	0.648

Como se observa en la imagen anterior, el Valor p (0.648) es mayor al nivel de significancia (0.05), por lo que se rechaza la primera hipótesis (H_0); lo que quiere decir, que el efecto del porcentaje de plástico PET me da igual alabeo.

Plástico PET	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
0%	16	1.75	30.1	-0.6
3%	16	1.25	30.4	-0.52
6%	16	2	37.4	1.22
9%	16	2	32.1	-0.1
General	64		32.5	

4.5.3. Análisis Estadístico de la Absorción

Análisis de varianza: este análisis permite conocer si existe una variación significativa entre las medias por tratamiento. Entonces, se hace uso de la tabla ANVAR, y también se plantea las siguientes hipótesis:

- H_0 : las medias de la absorción de los tratamientos son iguales.
- H_i : las medias de la absorción de los tratamientos son diferentes o al menos una de ellas es diferente de las demás.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Plástico PET	3	10.578	3.526	21.31	0.00
Error	28	4.633	0.1655		
Total	31	15.211			

Como el valor p (0.000) es menor al nivel de significancia (0.05), se rechaza la primera hipótesis y se acepta la segunda hipótesis; lo que quiere decir, que las medias de la absorción de los tratamientos son diferentes o al menos una de ellas es diferente de las demás.

Prueba Tukey: como se observó que hay diferencias entre las medias de los tratamientos, con esta prueba POST-ANVAR nos permitirá identificar cuál o cuáles de los tratamientos tienen la media estadísticamente diferente a las demás, esto se hace mediante las comparaciones múltiples.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Plástico PET	N	Media	Agrupación
9%	8	5.8275	A
6%	8	5.34625	A
3%	8	5.32125	A
0%	8	4.255	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Como se observa en la imagen anterior, la prueba Tukey separa a los tratamientos en dos grupos, el primer grupo (A) lo conforman los tratamientos con plástico PET al 3%,6% y 9%, este grupo alcanzó la mayor absorción, muy diferente al segundo grupo (B) que lo conforman los tratamientos con plástico PET al 0%, los cuales alcanzaron la menor absorción.

4.5.4. Análisis Estadístico de la Resistencia a la Compresión

Análisis de varianza: este análisis permite conocer si existe una variación significativa entre las medias por tratamiento. Entonces, se hace uso de la tabla ANVAR, y también se plantea las siguientes Hipótesis:

- Ho: las medias de las resistencias a la compresión de los tratamientos son iguales.
- Hi: las medias de las resistencias a la de los tratamientos son diferentes o al menos una de ella es diferente de las demás.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Plástico PET	3	4850.5	1616.82	75.97	0.00
Error	28	595.9	21.28		
Total	31	5446.3			

Como el valor p (0.000) es menor al nivel de significancia (0.05), se rechaza la primera Hipótesis y se acepta la segunda Hipótesis; lo que quiere decir, que las medias de las resistencias a la compresión de los tratamientos son diferentes o al menos una ella es diferente de las demás.

Prueba Tukey: como se observó que hay diferencias entre las medias de los tratamientos, con esta prueba POST-ANVAR nos permitirá identificar cuál o cuáles de los tratamientos tienen la media estadísticamente diferente a las demás, esto se hace mediante las comparaciones múltiples.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Plástico PET	N	Media	Agrupación
0%	8	76.729	A
3%	8	55.745	B
6%	8	47.7173	C
9%	8	45.5728	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Como se observa en la imagen anterior, la prueba Tukey separa a los tratamientos en tres grupos, el primer grupo (A) lo conforman los tratamientos con plástico PET al 0%, este grupo alcanzó la mayor resistencia a la compresión, el segundo grupo (B) que lo conforman los tratamientos con plástico PET al 3%, este grupo alcanzó menos resistencia a la compresión ; muy diferente el tercer grupo(C) que lo conforman los tratamientos con plástico PET al 6% y 9%, los cuales alcanzaron la más baja resistencia a la compresión.

V. DISCUSIÓN

Evaluar el uso del Tereftalato de Polietileno (PET), en reemplazo del agregado fino, para la elaboración de unidades de albañilería (Bloques P) considerando la norma E 0-70 - de Albañilería.

Los resultados obtenidos en este estudio en cuanto a la evaluación de las características de las unidades de albañilería (tabla 9), muestran en general resultados favorables ya que estos tienden a clasificarse como (bloque “P” y “NP”). Estos resultados coinciden con los criterios tomados según indica la norma E.070 (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020), haciendo una excepción en lo que respecta a su resistencia a la compresión (tabla 18), pues esta se ve interrumpida debido a la adición de PET, confirmando así que la resistencia varía al realizar un reemplazo de la arena por PET, tal como lo indica Echeverría (2017). Los ladrillos en su resistencia tienen un comportamiento decreciente proporcional con la cantidad de PET incorporado en la mezcla.

Elaboración de unidades de albañilería (Bloques P) con porcentajes (0, 3, 6, 9%) de plástico PET reciclado

En las propiedades físicas de los agregados (granulometría, contenido de humedad, peso unitario suelto, peso unitario compactado, peso específico y absorción) de la cantera “Josecito”, determinadas en laboratorio obtuvimos buenos resultados (tablas 10, 11). Estos resultados cumplen con los estándares estipulados según lo indicado en el Manual de ensayo de materiales (2016); para los agregados. En cuanto a la elaboración de bloques se trabajó con una inclusión sucesivamente creciente de hojuelas de PET, reemplazando el agregado fino de la dosificación seleccionada en el diseño de mezclas, logrando así mantener los estándares estipulados en la norma E.070 (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020).

Realizar las pruebas (Variación Dimensional, Alabeo, Absorción Resistencia a la compresión) de las unidades de albañilería (Bloques P).

Los resultados de las pruebas de variación dimensional (tabla 15) y alabeo (tabla 16) fueron satisfactorios, pues todos se mantuvieron en el rango especificado por la norma E.070 (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020), con lo que se permite confirmar que las pruebas de variación dimensional y alabeo se mantienen estables al realizar un reemplazo de la arena por PET. En cuanto a los resultados de absorción (tabla 17), se determina que al aumentar el porcentaje de arena reemplazada, la absorción aumenta; pero aun así cumplen

con los requerimientos de la norma E.070, ya que ésta menciona que las unidades de albañilería deben tener una absorción máxima de 12%. Por último, los resultados de resistencia a la compresión (tabla 18), al igual que en otras investigaciones, se determinó que conforme aumenta el porcentaje de arena reemplazada por hojuelas de plástico PET, la resistencia a compresión disminuye.

Comparar los Bloques elaborados de acuerdo a los porcentajes de plástico PET con respecto a la Resistencia de compresión.

Analizando los datos de las resistencias a la compresión de los bloques a los 28 días, la prueba de Kolmogorov-Smirnov demuestra que se cumple con el supuesto de igualdad de varianzas; puesto que, el Valor p (>0.100) demuestra ser mucho mayor al nivel de significancia (0.05), con esto se justifica que los errores experimentales del diseño siguen una distribución normal. También, la prueba de LEVENE demuestra que se cumple con el supuesto de normalidad, ya que el Valor p (0.378) es mayor al nivel de significancia (0.05), con esto se comprueba que no existe diferencias entre las varianzas de la variable resistencias por tratamiento. Cumpliendo con estos dos supuestos, el análisis de varianza con el método ANOVA, se obtiene un Valor p (0.000) con lo que se justifica que es mucho menor al nivel de significancia (0.05), con lo cual se concluye que si existe diferencias entre las medias de los tratamientos. Ahora bien, realizando la prueba POS-ANVAR con la prueba Tukey, comprueba que los tratamientos que alcanzaron la mayor resistencia a la compresión son los que estuvieron conformados con 0% y 3% de plástico PET.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se evaluó el uso del Tereftalato de Polietileno (PET), en reemplazo del agregado fino, para la elaboración de unidades de albañilería (Bloques P) considerando la norma E.070 de Albañilería, el cual con los porcentajes de PET (0 y 3%), nos permitió conocer la influencia de sus características, mejorando la resistencia a la compresión en 10 % de las unidades de albañilería.
- Se determinó las propiedades físicas de los agregados de la cantera “Josecito”, agregado fino (granulometría - módulo de fineza 2.521, contenido de humedad 2.049 %, peso específico y absorción 2.535 gr, peso unitario suelto 1.60 gr/cm³; compactado 1.87 gr/cm³), agregado grueso (granulometría módulo de fineza 6.454, contenido de humedad 0.313 %, peso específico y absorción 1.126 gr, peso unitario suelto 1.45 gr/cm³; compactado 1.66 gr/cm³), agregado PET (granulometría módulo de fineza 5.63, peso específico y absorción 1.15 gr, peso unitario suelto 0.298 gr/cm³; compactado 0.374gr/cm³), estos ensayos fueron favorables para la elaboración del concreto, con el que se elaboró los bloques.
- Se elaboró las unidades de albañilería (Bloques) con porcentajes (0, 3, 6, 9%) de plástico PET reciclado, ya que de esta manera se obtuvo la afectación de manera directa del PET en las características físicas de los bloques.
- Se realizó las pruebas de los bloques – PET con (0,3,6,9 % PET), en lo que se refiere a variación dimensional (largo=259.79mm, 260.30mm, 260.17mm, 260.52mm; para el ancho= 155.23mm, 156.38mm, 157.95mm, 157.36mm; para la altura= 101.86mm, 102.41mm, 101.33mm, 103.88mm), alabeo (Al= 1.75mm, 1.75mm, 2mm, 2mm), no variaron tanto en comparación con el bloque patrón (0% PET), en cambio, las pruebas de absorción (Ab=4.26%, 5.32%, 5.35%, 5.83%) y resistencia a la compresión ($f'_b = 76.73$ kg/cm², $f'_b = 55.75$ kg/cm², $f'_b = 47.72$ kg/cm², $f'_b = 45.57$ kg/cm²), tuvieron una variación significativa con respecto al patrón (0% PET). Clasificándose así a los bloques (0%,3% PET) como unidad de albañilería “bloque P” y a los bloques (6%, 9% PET) como unidad de albañilería “bloque NP” según su clasificación para fines estructurales.

- Se comparó la resistencia a la compresión entre tratamientos, y se observó que usando 0% y 3% de plástico PET se obtuvo una resistencia a la compresión de 76.73; 55.75 kg/cm² la cual sobrepasa la resistencia de la norma de albañilería E.070 (50 kg/cm²); por otra parte, usando 6%,9% de plástico PET esta disminuyo la resistencia a la compresión obteniendo; 47.72; 45.57 kg/cm², logrando así no cumplir con la resistencia establecida en la norma de albañilería E.070 (50 kg/cm²).

6.2. Recomendaciones

- Para obtener resultados mayores al 10 % (resistencia a la compresión), se recomienda disminuir el porcentaje de la adición del plástico PET, de esta manera su influencia en las características del bloque mejorara significativamente.
- Se recomienda trabajar los bloques con otra dosificación en la cual el bloque patrón tenga mayor resistencia a la compresión; tomando como referencia los valores trabajados, de esta manera poder agregar porcentajes de plástico PET mayores a los utilizados en este proyecto de investigación.
- Se recomienda cumplir todos los requisitos de las unidades de albañilería según la NTE E – 070, de esta manera tener resultados confiables, y a la hora de su evaluación realizar la clasificación que indica la normativa - clasificación para fines estructurales, lo que se clasificaría en bloques P y bloques NP según su resistencia, lo cual tendría mucha influencia a la hora de su uso.
- Se recomienda realizar otras pruebas (propiedades) para las unidades de albañilería con adición de PET, como son el ensayo de segregación y de exudación, resistencia a la tensión indirecta y ultrasonido a especímenes de concreto endurecido para evaluar diferentes resultados posibles.
- Se recomienda realizar comparaciones con las demás propiedades físicas y mecánicas ya sean de variación dimensional, alabeo y absorción.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alesmar, L., Nalia, R., & korody, M. (2017). Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet) – cemento. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la U.C.V.*, 23(1), 2. Obtenido de http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fiucv/article/view/5048
- Angumba, J. (2016). *Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante*[Tesis de Postgrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25297>
- Arévalo, F. P. (2020). La problemática del consumo de plásticos durante la pandemia de la covid-19. *SOUTH SUSTAINABILITY*, 2(1). Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-del-peru/gestion-de-proyectos/733-article-text-2406-2-10-20210217/17131454>
- Arrieta, J., & Peñaherrera, E. (2001). *Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora*. . Lima, Perú: Proyecto de investigación Universidad Nacional de Ingeniería en convenio.
- Astopilco, V. A. (2015). *Comparación de las propiedades físico – mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca, 2015*[Titulo pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/6650>
- Carreño, C. F. (2020). *Análisis técnico-económico del uso de PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones*[Tesis pregrado, universidad de chile]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177847>
- Cholán, D. I. (2016). *Efecto de tres niveles de PET reciclado como reemplazo de agregado fino en la resistencia a compresión axial del concreto convencional $f'c$ 210 kg/cm²*[Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12667>
- Echeverría, G. E. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado*[Tesis pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1501>
- Elmostrador. (01 de Diciembre de 2017). *¿Puede desaparecer la arena?* Obtenido de El mostrador: <https://www.elmostrador.cl/cultura/2017/12/01/puede-desaparecer-la-arena/>
- Firas, A., & Dumitru, P. (2005). Recycling of PET. *European Polymer Journal*, 9-11. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Recycling-of-PET-Awaja-Pavel/a5322b92c10087d0fd4d52900185f10b0fc9873c>
- García, R. J., & Vigo, R. R. (2019). *Revisión sistemática sobre la utilización de plástico reciclado (PET) en la elaboración de ladrillo de concreto armado [Trabajo de pregrado, Universidad Privada Del Norte]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/15028>

- Gobierno Regional de Cajamarca. (2017). *Region Cajamarca produce 390 toneladas de basura por dia*. Obtenido de <https://portal.regioncajamarca.gob.pe/noticias/regi-n-cajamarca-produce-390-toneladas-de-basura-por-d>
- Gonzales, A. R. (1 de 28 de 2016). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto con la incorporación de PET en diferentes porcentajes*[Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional. Obtenido de Medio Ambiente: <https://hdl.handle.net/11537/11240>
- Infante, A. J., & Ulloa, V. C. (2019). *Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET)*. *Informacion Tecnologica*. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v30n5/0718-0764-infotec-30-05-00025.pdf>
- Iza, T. Á. (2019). *Evaluación de la fabricación de bioladrillos utilizando materiales alternativos plástico pet y cascarilla de arroz para disminuir el impacto ambiental en la microempresa PILICITA en el cantón Saquisilí*[Tesis pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5609>
- La vanguardia. (30 de Abril de 2017). *La arena una emergencia medio ambiental de la que nadie habla*. Obtenido de La vanguardia: <https://www.lavanguardia.com/natural/20170430/422038159271/arena-mergencia-medioambiental.html>
- Léctor, L. M., & Villarreal, B. E. (2017). *Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote*[Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2799>
- Manual de ensayo de materiales. (2016). *Agregados*. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- MINAM. (2017). *Menos plastico mas vida*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/campana-menosplasticomasvida/>
- Municipalidad provincial de Jaén. (2007). *Plan Integral de la Gestion de los residuo sólidos-pigars* Jaén. Jaén. Obtenido de <https://siar.regioncajamarca.gob.pe/download/file/fid/46730>
- Organización de las Naciones Unidas. (2018). *Cambio climático y medioambiente*. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2018/06/1435111>
- Perez, V. J. (2019). *Diseño de ladrillo King Kong tipo 14 con polietileno tereftalato para albañilería confinada, Tarapoto - 2018*[tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/39517>
- Piñeros, M. M., & Herrera, M. R. (2018). *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la*

construcción de vivienda[Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia].
Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/22382?mode=full>

Quevedo, H. E. (2017). *Influencia de las unidades de albañilería tipo PET sobre las características técnicas y económicas de viviendas ecológicas para la zona de expansión del distrito de Nuevo Chimbote, Áncash*(Tesis postgrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3105>

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2020). *E.070 Albañilería*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5blTu7uyv/view>

Romaña, V. A., & Salas, A. S. (2021). *Reutilización de plástico polietileno-tereftalato (PET) como materia prima en la elaboración de ecoladrillos para albañilería como alternativa sostenible para la construcción* [Tesis de pregrado, Universidad Católica De Santa María]. Repositorio institucional. Obtenido de <file:///C:/Users/MI-PC/Downloads/45.0361.IC.pdf>

Valdivia, R. (2019). *Evaluación de las características físico mecánicas de ladrillos tipo IV compuesto de arena gruesa y de polímeros PET en base a la norma técnica E-070*[Tesis de bachiller, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/2728>

AGRADECIMIENTO

Agradecer a todas las personas que formaron parte de nuestra formación profesional y personal, así como aquellos que hicieron posible la realización del presente trabajo de investigación.

Agradecer a Dios por permitirnos llegar hasta este punto de nuestra carrera profesional con salud y en compañía de nuestros seres queridos.

A nuestros padres, por su infinito amor, su trabajo y sacrificio, gracias por sus consejos y su apoyo incondicional. La culminación de este proyecto de investigación es el fruto de todo lo que nos han brindado.

Al M.Sc. Ing. Christiaan Zayed Apaza Panca por su asesoría y tiempo brindado durante el curso de seminario de investigación científica, por el compartir desinteresado de sus conocimientos y experiencias para enriquecer el presente trabajo de investigación, alentándonos en todo momento y estar pendientes en cada paso que dábamos para cumplir nuestro objetivo.

A nuestra casa superior de estudios, la Universidad Nacional de Jaén por brindarnos una enseñanza de calidad, por habernos formado profesionalmente y por el apoyo brindado para lograr nuestro proyecto de investigación.

A todos nuestros compañeros que nos brindaron su apoyo de manera directa e indirecta en esta labor y nos permitieron realizarla

DEDICATORIA

A nuestros **PADRES:**

Quienes nos brindan su apoyo incondicional, nos guían desde pequeños, son nuestros primeros maestros de quienes aprendemos a superar las adversidades y nos enseñan lecciones valiosas día a día y son el pilar fundamental de nuestras vidas por ello siempre estaremos orgullosos, porque sin ellos nada de esto sería realidad; les estaremos infinitamente agradecidos.

A Dios, quien supo guiarnos en todo momento por el buen camino, por darnos fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se nos presentan, enseñándonos a superar las adversidades sin desfallecer en el intento.

A nuestros **TÍOS Y HERMANOS:**

Por el gran cariño y apoyo hacia nosotros, por sus consejos, sus palabras de aliento, que fueron de gran ayuda para poder realizar este proyecto; se les estima mucho.

ANEXOS

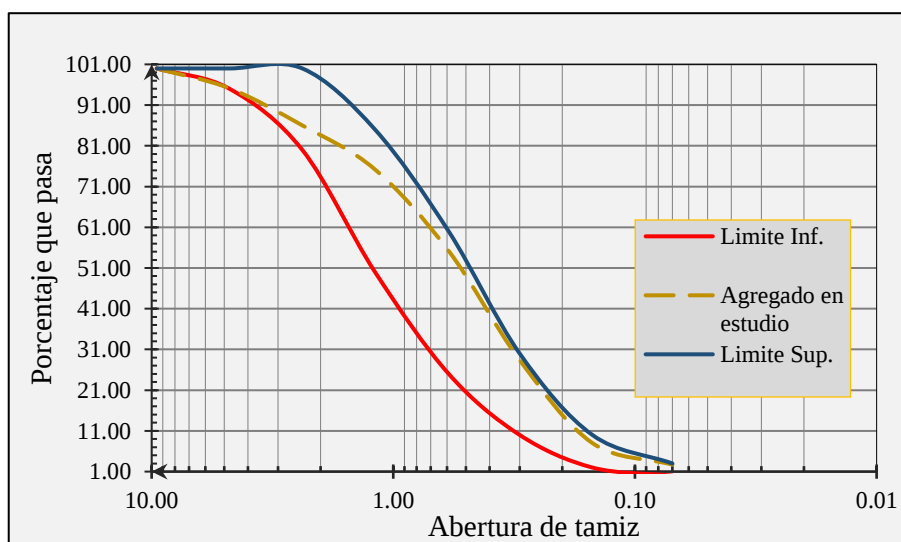
ANEXO 1. Ensayos de las Propiedades Físicas del Agregado Fino

A) Análisis Granulométrico del Agregado Fino:

Tabla 19:

Granulometría del agregado fino

ESTUDIO DE AGREGADO					
Peso agregado fino inicial (gr)				2197.00	
Abertura de Tamiz		Peso Retenido	P. Retenido Parcial	P. Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
Pulg.	mm.				
3/8"	9.53	0.000	0.000	0.000	100.000
N° 04	4.76	107.320	4.885	4.885	95.115
N° 08	2.38	199.910	9.099	13.984	86.016
N° 16	1.19	237.950	10.831	24.815	75.185
N° 30	0.59	439.420	20.001	44.816	55.184
N° 50	0.3	588.720	26.797	71.612	28.388
N° 100	0.15	447.800	20.382	91.995	8.005
N° 200	0.07	116.470	5.301	97.296	2.704
Bandeja		52.560			
Total		2,190.150	Modulo de fineza		2.521



Granulometría cumple con los requisitos de la norma NTP 400.037

B) Contenido de Humedad del Agregado Fino.

Tabla 20:

Contenido de humedad del agregado fino

Número de ensayo	I	II	III
Nombre del contenedor	C1	C2	C3
Datos Registrados			
Peso del contenedor + Ag. Fino húmedo(gr)	2158.000	2388.000	2273.000
Peso del contenedor + Ag. Fino seco (gr)	2117.000	2343.000	2230.000
Peso del contenedor (gr)	118.000	146.000	130.000
Cálculos			
Peso del agua (gr)	41.000	45.000	43.000
Peso de partículas sólidas (gr)	1999.000	2197.000	2100.000
Contenido de Humedad (%)	2.051	2.048	2.048

C) Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.

Tabla 21:

Peso específico y absorción del agregado fino

Peso del agregado seco		
Peso agregado fino seco + bandeja (gr)	a	563.090
Peso bandeja (gr)	b	75.450
Peso agregado fino seco (gr)	a - b	487.640
Cantidad de agua añadida		
Peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	a	1120.480
Peso picnómetro + muestra (gr)	b	813.160
Cantidad de agua añadida (gr)	a - b	307.320
Peso específico de masa		
Peso agregado fino seco (gr)	a	487.640
Peso picnómetro + agua (gr)	b	812.910
Peso agregado superficialmente seco (gr)	c	500.000
Peso del picnómetro + muestra + agua	d	1120.480
Peso específico de masa (gr/cm ³)	$a/(b+c-d)$	2.534
Peso específico de masa superficialmente seca		
Peso muestra saturada y superficialmente seca (gr)	a	500.000
Peso picnómetro + agua (gr)	b	813.160
Peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	c	1120.480
Peso específico de masa superficialmente seca	$a/(a+b-c)$	2.595
Peso específico aparente		
Peso agregado fino seco (gr)	a	487.640
Peso picnómetro + agua (gr)	b	812.910
Peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	c	1120.480
Peso específico aparente	$a/(a+b-c)$	2.708
Porcentaje de absorción		
Peso muestra saturada y superficialmente seca (gr)	a	500.000
Peso agregado fino seco (gr)	b	487.640
Porcentaje de absorción (%)	$100*(a-b)/b$	2.535

D) Peso Unitario del Agregado Fino.

Tabla 22:

Peso unitario suelto seco del agregado fino

Número de ensayo	I	II	III
Nombre del contenedor	C1	C2	C3
Datos Registrados			
Peso contenedor + Ag. Fino suelto (gr)	9531.00	9572.00	9551.50
Peso del contenedor (gr)	6197.00	6197.00	6197.00
Volumen del contenedor (m ³)	0.002	0.002	0.002
Cálculos			
Peso Ag. Fino suelto (kg)	3.33	3.38	3.35
Peso unitario Ag. Fino suelto (kg/m ³)	1587.53	1607.05	1597.29

Tabla 23:

Peso unitario suelto seco del agregado fino

Número de ensayo	I	II	III
Nombre del contenedor	C1	C2	C3
Datos registrados			
Peso contenedor + A Fino compactado (gr)	10119.00	10124.00	10121.00
Peso del contenedor (gr)	6197.00	6197.00	6197.00
Volumen del contenedor (cm ³)	0.002	0.002	0.002
Cálculos			
Peso Ag. Fino compactado (kg)	3.92	3.93	3.92
Peso unitario A. Fino compactado (kg/m ³)	1867.512	1869.892	1868.464

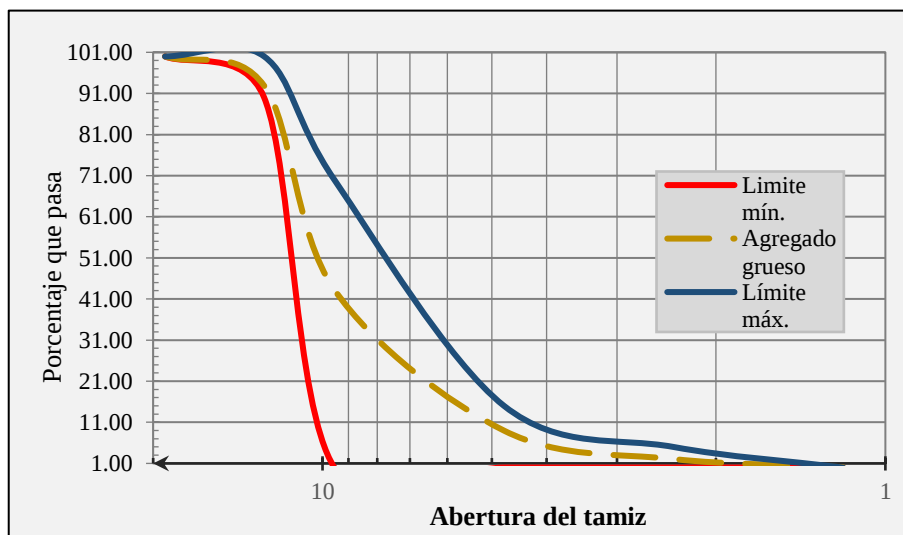
ANEXO 2. Ensayos de las Propiedades Físicas del Agregado Grueso

A) Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.

Tabla 24:

Granulometría del agregado grueso

ESTUDIO DE AGREGADO					
Peso agregado grueso lavado (gr)				2865.000	
Abertura de Tamiz		Peso Retenido	P. Retenido Parcial	P. Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
Pulg.	mm.				
3/4"	19.05	0.00	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.7	204.63	7.142	7.142	92.858
3/8"	9.53	1420.88	49.594	56.737	43.263
Nº 04	4.76	982.37	34.289	91.025	8.975
Nº 08	2.38	198.02	6.912	97.937	2.063
Nº 16	1.19	56.68	1.978	99.916	0.084
Nº 30	0.59	0.00	0.000	99.916	0.084
Nº 50	0.3	0.00	0.000	99.916	0.084
Nº 100	0.15	0.00	0.000	99.916	0.084
Nº 200	0.07	0.00	0.000	99.916	0.084
Bandeja		0.00			
Total		2862.58	Modulo de fineza		6.454



Granulometría cumple con los requisitos de la norma NTP 400.037

B) Contenido de Humedad del Agregado Grueso.

Tabla 25:

Contenido de humedad del agregado grueso

Número de Ensayo	I	II	III
Nombre del Contenedor	AG1	AG2	AG3
Datos registrados			
Peso contenedor + Ag. Grueso húmedo (gr)	3104.00	5111.00	4107.00
Peso contenedor + Ag. Grueso Seco (gr)	3096.00	5094.00	4095.00
Peso del contenedor (gr)	239.00	239.00	239.00
Cálculos			
Peso del agua (gr)	8.00	17.00	12.00
Peso de partículas sólidas (gr)	2857.00	4855.00	3856.00
Contenido de Humedad (%)	0.28	0.35	0.31

C) Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.

Tabla 26:

Peso específico y absorción del agregado grueso

ESTUDIO DE AGREGADO		
Peso agregado grueso seco		
Peso agregado grueso seco + bandeja (gr)	a	3584.13
Peso bandeja (gr)	b	1112.72
Peso agregado grueso seco (gr)	a - b	3472.41
Peso agregado grueso saturado superficialmente seco		
Peso agregado superficialmente seco + P. bandeja (gr)	a	3813.50
Peso bandeja (gr)	b	302.00
Peso agregado grueso superficialmente seco (gr)	a - b	3511.50
Peso agregado grueso saturado		
Peso agregado en agua + canasta metálica en agua (gr)	a	4450.00
Peso canasta metálica en agua (gr)	b	22500.00
Peso agregado grueso saturado en agua (gr)	a - b	2200.00
CÁLCULOS		
Peso específico aparente del agregado grueso		
Peso agregado grueso seco (gr)	a	3472.41
Peso agregado grueso saturado en agua (gr)	b	2200.00
Peso específico aparente del agregado grueso	$a/(a - b)$	2.729
Peso específico de masa		
Peso agregado grueso seco (gr)	a	3472.41
Peso agregado grueso superficialmente seco (gr)	b	3511.50
Peso agregado grueso saturado en agua (gr)	c	2200.00
Peso específico agregado grueso superficialmente seco	$a/(b - c)$	2.648
Peso específico de masa saturada con superficie seca		
Peso agregado grueso superficialmente seco (gr)	a	3511.50
Peso agregado grueso saturado en agua (gr)	b	2200.00
Peso específico de masa saturada con superficie seca	$a/(a - b)$	2.68
Porcentaje de absorción agregado grueso		
Peso específico agregado grueso superficialmente seco	a	3511.50
Peso agregado grueso superficialmente seco (gr)	b	3472.41
Porcentaje absorción agregado grueso (%)	$100*(a - b)/b$	1.126

D) Peso Unitario del Agregado Grueso.

Tabla 27:

Peso unitario suelto seco del agregado grueso

Número de ensayo	I	II	III
Nombre del contenedor	C1	C2	C3
Datos registrados			
Peso contenedor +A Grueso suelto (gr)	9233.00	9235.00	9248.00
Peso contenedor (gr)	6197.00	6197.00	6197.00
Volumen del contenedor (m ³)	0.002	0.002	0.002
Cálculos			
Peso Ag. Grueso suelto (kg)	3.04	3.04	3.05
Peso unitario Ag. Grueso suelto (kg/m ³)	1445.63	1446.58	1452.77

Tabla 28:

Peso unitario seco compactado del agregado grueso

Número de ensayo	I	II	III
Nombre del contenedor	C1	C2	C3
Datos Registrados			
Peso contenedor +AG compactado (gr)	9726.00	9627.00	9681.50
Peso contenedor (gr)	6197.00	6197.00	6197.00
Volumen del contenedor (m ³)	0.002	0.002	0.002
Cálculos			
Peso Ag. Grueso compactado (kg)	3.53	3.43	3.48
Peso unitario AG compactado (kg/m ³)	1680.38	1633.24	1659.19

ANEXO 3. Ensayos de Propiedades Físicas del PET

A) Análisis Granulométrico del Plástico PET.

Tabla 29:

Granulometría del plástico PET

Análisis granulométrico de las hojuelas de PET.					
PESO PET INICIAL		1250	gr		

Ensayo Granulometría del PET					
TAMIZ		Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje Que pasa (%)
Nomenclatura	Abertura				
(N°)	(mm)				
N° 4	4.76	880	70.4	70.4	29.6
N° 8	2.36	316	25.28	95.68	4.32
N° 16	1.19	26	2.08	97.76	2.24
N° 30	0.6	13	1.04	98.8	1.2
N° 50	0.297	15	1.2	100	0
N° 100	0.149	0	0	100	0
Bandeja		0	0	100	0
Total		1250	100	M.f	5.63

B) Peso Unitario del Plástico PET.

Tabla 30:

Peso unitario suelto seco del plástico PET

ESTUDIO DE AGREGADO			
Número de ensayo	I	II	III
Nombre del contenedor	C1	C2	C3
Datos Registrados			
Peso contenedor + Ag. Fino suelto (gr)	6822.84	6815.1	6832.4
Peso del contenedor (gr)	6197	6198	6197
Volumen del contenedor (m ³)	0.002	0.002	0.002
Cálculos			
Peso Ag. Fino suelto (kg)	0.63	0.62	0.64
Peso unitario Ag. Fino suelto (kg/m ³)	298	293.84	302.55

Tabla 31:

Peso unitario seco compactado del plástico PET

ESTUDIO DE AGREGADO			
Número de ensayo	I	II	III
Nombre del contenedor	C1	C2	C3
Datos registrados			
Peso contenedor + A Fino compactado (gr)	6984.93	6988.6	6979.2
Peso del contenedor (gr)	6197	6197	6197
Volumen del contenedor (cm ³)	0.002	0.002	0.002
Cálculos			
Peso Ag. Fino compactado (kg)	0.79	0.79	0.78
Peso unitario A. Fino compactado (kg/m ³)	375.183	376.931	372.455

C) Peso Específico y Absorción del Plástico PET.

Tabla 32:

Peso específico y absorción del plástico PET

ESTUDIO DE AGREGADO		
Descripción	Unidad	ensayo 1
S = peso de la muestra saturada con superficie seca	g	150
Wo = peso en el aire de la muestra secada al horno	g	132
V = volumen del frasco	cm ³	700
Va = peso del agua añadida al frasco	g	585
Peso Específico de Masa	g/cm³	1.15

ANEXO 4. Diseños de Mezclas del Bloque Patrón

Tabla 33:

Diseño de mezcla por resistencia del bloque patrón.

MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS					
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES					
CARACTERÍSTICA		AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso unitario suelto Peso unitario compactado Peso específico de masa Peso específico de masa s.s.s. Peso específico aparente Absorción Contenido de humedad Tamaño máximo nominal Módulo de finura		1.6	g/cm³	1.45	g/cm³
		1.87	g/cm³	1.66	g/cm³
		2.53	g/cm³	2.65	g/cm³
		2.6	g/cm³	2.68	g/cm³
		2.71	g/cm³	2.68	g/cm³
		2.54%		1.13%	
		2.05%		0.31%	
		-		1/2"	
		2.61		6.45	
		CEMENTO		AGUA	
Peso específico de masa		3.15	g/cm³	1	g/cm³
1°	Resistencia promedio requerida				
f'cp =		f'c + 70 =		80	+ 70 150
2°	Selección de los asentamientos				
Consistencia: Slump: "3 a 4"					
3°	Selección del tamaño máximo de los agregados				
T.M : 1/2"					
4°	Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.				
Agua:		216	Aire:	2.50%	
5°	Selección de la relación agua-cemento (a/c) - Durabilidad				
a/c : 0.8					
6°	Cálculo del contenido de cemento				
C = Agua de mezclado/(relación a/c) =		216	/	0.8	
C =		270	kg/m³	=	6.35 bolsas/m³
7°	Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados (mc)				
mc = 4.49					
8°	Estimación del contenido de agregado fino				
rf = $\frac{\text{mg} - \text{mc}}{\text{mg} - \text{mf}}$ = $\frac{6.45 - 4.49}{6.45 - 2.52}$ = 0.4992					
9°	Estimación del contenido de agregado grueso				
rg = 1- rf = 0.5008					
10°	Volumen absoluto de la pasta		11° Volumen absoluto de agregados		
Cemento = 0.0857 Agua = 0.216 Aire = 0.025 0.3267			Agr. Fino = 0.3361 m³ Agr. grueso = 0.3372 m³		
12°	Cantidad de materiales por m3				
Materiales		Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento		270	Kg / m³	270	Kg / m³
Agr. Fino		851.69	Kg / m³	851.86	Kg / m³
Agr. grueso		892.74	Kg / m³	892.77	Kg / m³
Agua		216	Kg / m³	227.42	Kg / m³
13°	PROPORCIÓN EN PESO	1	3.16	3.31	0.84

Tabla 34:

Diseño de mezcla por durabilidad del bloque patrón.

MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS						
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES						
CARACTERÍSTICA		AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		
Peso unitario suelto Peso unitario compactado Peso específico de masa Peso específico de masa s.s.s. Peso específico aparente Absorción Contenido de humedad Tamaño máximo nominal Módulo de finura Peso específico de masa		1.6	g/cm³	1.45	g/cm³	
		1.87	g/cm³	1.66	g/cm³	
		2.53	g/cm³	2.65	g/cm³	
		2.6	g/cm³	2.68	g/cm³	
		2.71	g/cm³	2.68	g/cm³	
		2.54%		1.13%		
		2.05%		0.31%		
		-		1/2"		
		2.52		6.45		
		CEMENTO		AGUA		
3.15		g/cm³	1	g/cm³		
1°	Resistencia promedio requerida					
f'cp =		f'c + 70 =		80	+ 70 150	
2°	Selección de los asentamientos					
Consistencia: Slump: 3" a 4"						
3°	Selección del tamaño máximo de los agregados					
T.M : 1/2"						
4°	Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.					
Agua:		216		Aire: 2.50%		
5°	Selección de la relación agua-cemento (a/c) - Durabilidad					
a/c : 0.4						
6°	Cálculo del contenido de cemento					
C = Agua de mezclado/(relación a/c) = 216 / 0.4						
C =		540 kg/ m³		= 12.71 bolsas/m³		
7°	Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados (mc)					
mc = 4.99						
8°	Estimación del contenido de agregado fino					
rf = $\frac{\text{mg} - \text{mc}}{\text{mg} - \text{mf}}$ = $\frac{6.45 - 4.99}{6.45 - 2.52}$ = 0.37						
9°	Estimación del contenido de agregado grueso					
rg = 1- rf = 0.6275						
10°	Volumen absoluto de la pasta			11° Volumen absoluto de agregados		
Cemento = 0.1714			Agr. Fino = 0.2189 m³ Agr. grueso = 0.3687 m³			
Agua = 0.216						
Aire = 0.025						
0.4124						
12°	Cantidad de materiales por m³					
Materiales		Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad		
Cemento		540 Kg / m³		540 Kg / m³		
Agr. Fino		554.62 Kg / m³		565.98 Kg / m³		
Agr. grueso		976.2 Kg / m³		979.22 Kg / m³		
Agua		216 Kg / m³		226.74 Kg / m³		
13°	PROPORCIÓN EN PESO		1	1.05	1.81	0.42

Tabla 35:

Diseño de mezcla del bloque patrón (1: 4: 2)

PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES DE DISEÑO					
Materiales		Proporción en Volumen		Proporción en Peso	
Cemento		1	pie ³	1	pie ³
Agr. Fino		4	pie ³	4.32	pie ³
Agr. grueso		2	pie ³	1.93	pie ³
Agua		18	Lts /bls	18	Lts /bls
PESO SECO DE LOS MATERIALES POR TANDA					
Materiales		Peso			
Cemento		42.5	Kg / bolsa		
Agr. Fino		183.58	Kg / bolsa		
Agr. grueso		82.24	Kg / bolsa		
Agua		17.97	Lts / bls		
bolsas/m3		7.64	bolsas/m ³		
CANTIDAD DE MATERIALES POR M ³					
Materiales		Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento		324.73	Kg / m ³	324.73	Kg / m ³
Agr. Fino		1402.69	Kg / m ³	1431.43	Kg / m ³
Agr. grueso		628.33	Kg / m ³	630.27	Kg / m ³
Agua		137.3	Kg / m ³	149.4	Kg / m ³

Tabla 36:

Diseño de mezcla del bloque patrón (1: 4: 3)

PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES DE DISEÑO				
Materiales	Proporción en Volumen		Proporción en Peso	
Cemento	1	pie ³	1	pie ³
Agr. Fino	4	pie ³	4.32	pie ³
Agr. grueso	3	pie ³	2.9	pie ³
Agua	18	Lts /bls	17.97	Lts /bls
PESO SECO DE LOS MATERIALES POR TANDA				
Materiales	Peso			
Cemento	42.5	Kg / bolsa		
Agr. Fino	183.58	Kg / bolsa		
Agr. grueso	123.35	Kg / bolsa		
Agua	17.97	Lts / bls		
bolsas/m3	6.85	bolsas/m³		
CANTIDAD DE MATERIALES POR M³				
Materiales	Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento	291.02	Kg / m³	291.02	Kg / m³
Agr. Fino	1257.08	Kg / m³	1282.84	Kg / m³
Agr. grueso	844.65	Kg / m³	847.27	Kg / m³
Agua	123.05	Kg / m³	136.19	Kg / m³

Tabla 37:

Diseño de mezcla del bloque patrón (1: 5: 2)

PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES DE DISEÑO			
Materiales	Proporción en Volumen		Proporción en Peso
Cemento	1	pie ³	1 pie ³
Agr. Fino	5	pie ³	5.4 pie ³
Agr. grueso	2	pie ³	1.93 pie ³
Agua	18	Lts /bls	18 Lts /bls
PESO SECO DE LOS MATERIALES POR TANDA			
Materiales	Peso		
Cemento	42.5	Kg / bolsa	
Agr. Fino	229.48	Kg / bolsa	
Agr. grueso	82.24	Kg / bolsa	
Agua	18	lts/bls	
bolsas/m3	6.74	bolsas/m ³	
CANTIDAD DE MATERIALES POR M ³			
Materiales	Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad
Cemento	286.65	Kg / m ³	286.65 Kg / m ³
Agr. Fino	1547.76	Kg / m ³	1579.47 Kg / m ³
Agr. grueso	554.65	Kg / m ³	556.37 Kg / m ³
Agua	121.4	Kg / m ³	133.62 Kg / m ³

Tabla 38:

Diseño de mezcla del bloque patrón (1: 5: 3)

PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES DE DISEÑO					
Materiales		Proporción en Volumen		Proporción en Peso	
Cemento		1	pie ³	1	pie ³
Agr. Fino		5	pie ³	5.4	pie ³
Agr. grueso		3	pie ³	2.9	pie ³
Agua		18	Lts /bls	18	Lts /bls
PESO SECO DE LOS MATERIALES POR TANDA					
Materiales		Peso			
Cemento		42.5	Kg / bolsa		
Agr. Fino		229.48	Kg / bolsa		
Agr. grueso		123.35	Kg / bolsa		
Agua		18	lts/bls		
bolsas/m3		6.16	bolsas/m ³		
CANTIDAD DE MATERIALES POR M ³					
Materiales		Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento		261.66	Kg / m ³	261.66	Kg / m ³
Agr. Fino		1412.86	Kg / m ³	1441.81	Kg / m ³
Agr. grueso		759.46	Kg / m ³	761.81	Kg / m ³
Agua		110.82	Kg / m ³	124.04	Kg / m ³

Tabla 39:

Diseño de mezcla del bloque patrón (1: 5.5: 2.5)

PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES DE DISEÑO					
Materiales		Proporción en Volumen		Proporción en Peso	
Cemento		1	pie ³	1	pie ³
Agr. Fino		5.5	pie ³	5.94	pie ³
Agr. grueso		2.5	pie ³	2.42	pie ³
Agua		18	Lts /bls	18	Lts /bls
PESO SECO DE LOS MATERIALES POR TANDA					
Materiales		Peso			
Cemento		42.5	Kg / bolsa		
Agr. Fino		252.43	Kg / bolsa		
Agr. grueso		102.79	Kg / bolsa		
Agua		18	lts/bls		
bolsas/m3		6.05	bolsas/m ³		
CANTIDAD DE MATERIALES POR M ³					
Materiales		Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento		256.95	Kg / m ³	256.95	Kg / m ³
Agr. Fino		1526.17	Kg / m ³	1557.44	Kg / m ³
Agr. grueso		621.49	Kg / m ³	623.42	Kg / m ³
Agua		108.83	Kg / m ³	121.48	Kg / m ³

ANEXO 5. Diseños de Mezclas del Bloque con Plástico PET

Tabla 40:

Diseño de mezcla del bloque con 0% de plástico PET

PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES DE DISEÑO			PESO SECO POR TANDA	
Materiales	En Volumen	En Peso	Materiales	Peso
Cemento	1 pie ³	1 pie ³	Cemento	42.5 Kg / bls
Agr. Fino	5.5 pie ³	5.83 pie ³	Agr. Fino	247.89 Kg / bls
Agr. grueso	2.5 pie ³	2.41 pie ³	Agr. grueso	102.41 Kg / bls
Agua	18 Lts /bls	18 Lts /bls	Agua	17.97 Lts / bls
			bolsas/m ³	6.05 bls/m³
CANTIDAD DE MATERIALES DEL BLOQUE POR M ³				
Materiales	Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento	256.95	Kg / m ³	256.95	Kg / m ³
Agr. Fino	1498.73	Kg / m ³	1499.04	Kg / m ³
Agr. grueso	619.17	Kg / m ³	619.19	Kg / m ³
Agua	108.64	Lts / m ³	120.98	Lts / m ³
VOLUMEN ABSOLUTO DE MATERIALES				
Materiales	Materiales de diseño		Con PET	
Cemento	0.103	m ³	0.103	m ³
Plástico PET				m ³
Agr. Fino	0.601	m ³	0.601	m ³
Agr. grueso	0.248	m ³	0.248	m ³
Agua	0.048	m ³	0.048	m ³
CANTIDAD DE MATERIALES DEL BLOQUE - PET POR M ³				
Materiales	Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento	256.95	Kg / m ³	256.95	Kg / m ³
Plástico PET	0	Kg / m ³	0	Kg / m ³
Agr. Fino	1498.73	Kg / m ³	1499.04	Kg / m ³
Agr. grueso	619.17	Kg / m ³	619.3	Kg / m ³
Agua	108.64	Lts / m ³	120.98	Lts / m ³

Tabla 41:

Diseño de mezcla del bloque con 3% de plástico PET

PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES DE DISEÑO			PESO SECO POR TANDA	
Materiales	En Volumen	En Peso	Materiales	Peso
Cemento	1 pie ³	1 pie ³	Cemento	42.5 Kg / bls
Agr. Fino	5.5 pie ³	5.83 pie ³	Agr. Fino	247.89 Kg / bls
Agr. grueso	2.5 pie ³	2.41 pie ³	Agr. grueso	102.41 Kg / bls
Agua	18 Lts /bls	18 Lts /bls	Agua	18 Lts / bls
			bolsas/m3	6.05 bls/m³
CANTIDAD DE MATERIALES DEL BLOQUE POR M ³				
Materiales	Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento	256.95	Kg / m ³	256.95	Kg / m ³
Agr. Fino	1498.73	Kg / m ³	1499.04	Kg / m ³
Agr. grueso	619.17	Kg / m ³	619.19	Kg / m ³
Agua	108.64	lts / m ³	120.978	lts / m ³
VOLUMEN ABSOLUTO DE MATERIALES				
Materiales	Materiales de diseño		Con PET	
Cemento	0.103	m ³	0.103	m ³
Pastico PET			0.03	m ³
Agr. Fino	0.603	m ³	0.585	m ³
Agr. grueso	0.249	m ³	0.249	m ³
Agua	0.044	m ³	0.044	m ³
CANTIDAD DE MATERIALES DEL BLOQUE - PET POR M ³				
Materiales	Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento	256.95	Kg / m ³	256.95	Kg / m ³
Plástico PET	44.96	Kg / m ³	44.96	Kg / m ³
Agr. Fino	1453.77	Kg / m ³	1454.07	Kg / m ³
Agr. grueso	619.17	Kg / m ³	619.3	Kg / m ³
Agua	108.64	Lts / m ³	120.76	Lts / m ³

Tabla 42:

Diseño de mezcla del bloque con 6% de plástico PET

PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES DE DISEÑO			PESO SECO POR TANDA	
Materiales	En Volumen	En Peso	Materiales	Peso
Cemento	1 pie ³	1 pie ³	Cemento	42.5 Kg / bls
Agr. Fino	5.5 pie ³	5.83 pie ³	Agr. Fino	247.89 Kg / bls
Agr. grueso	2.5 pie ³	2.41 pie ³	Agr. grueso	102.41 Kg / bls
Agua	18 Lts /bls	18 Lts /bls	Agua	18 Lts / bls
			bolsas/m3	6.05 bls/m³
CANTIDAD DE MATERIALES DEL BLOQUE POR M ³				
Materiales	Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento	256.95	Kg / m ³	256.95	Kg / m ³
Agr. Fino	1498.73	Kg / m ³	1499.04	Kg / m ³
Agr. grueso	619.17	Kg / m ³	619.19	Kg / m ³
Agua	108.64	lts / m ³	120.978	lts / m ³
VOLUMEN ABSOLUTO DE MATERIALES				
Materiales	Materiales de diseño		Con PET	
Cemento	0.103	m ³	0.103	m ³
Plástico PET			0.06	m ³
Agr. Fino	0.603	m ³	0.567	m ³
Agr. grueso	0.249	m ³	0.249	m ³
Agua	0.044	m ³	0.044	m ³
CANTIDAD DE MATERIALES DEL BLOQUE - PET POR M ³				
Materiales	Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento	256.95	Kg / m ³	256.95	Kg / m ³
Plástico PET	89.92	Kg / m ³	89.92	Kg / m ³
Agr. Fino	1408.81	Kg / m ³	1409.1	Kg / m ³
Agr. grueso	619.17	Kg / m ³	619.3	Kg / m ³
Agua	108.64	Lts / m ³	120.54	Lts / m ³

Tabla 43:

Diseño de mezcla del bloque con 9% de plástico PET

PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES DE DISEÑO			PESO SECO POR TANDA	
Materiales	En Volumen	En Peso	Materiales	Peso
Cemento	1 pie ³	1 pie ³	Cemento	42.5 Kg / bls
Agr. Fino	5.5 pie ³	5.83 pie ³	Agr. Fino	247.89 Kg / bls
Agr. grueso	2.5 pie ³	2.41 pie ³	Agr. grueso	102.41 Kg / bls
Agua	18 lts/bls	18 Lts /bls	Agua	18 Lts / bls
			bolsas/m3	6.05 bls/ m³
CANTIDAD DE MATERIALES DEL BLOQUE POR M ³				
Materiales	Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento	256.95	Kg / m ³	256.95	Kg / m ³
Agr. Fino	1498.73	Kg / m ³	1499.04	Kg / m ³
Agr. grueso	619.17	Kg / m ³	619.19	Kg / m ³
Agua	108.64	lts / m ³	120.978	lts / m ³
VOLUMEN ABSOLUTO DE MATERIALES				
Materiales	Materiales de diseño		Con PET	
Cemento	0.103	m ³	0.103	m ³
Plástico PET			0.09	m ³
Agr. Fino	0.603	m ³	0.549	m ³
Agr. grueso	0.249	m ³	0.249	m ³
Agua	0.044	m ³	0.044	m ³
CANTIDAD DE MATERIALES DEL BLOQUE - PET POR M ³				
Materiales	Materiales de diseño		Mat. corregidos por humedad	
Cemento	256.95	Kg / m ³	256.95	Kg / m ³
Plástico PET	134.89	Kg / m ³	134.89	Kg / m ³
Agr. Fino	1363.85	Kg / m ³	1364.13	Kg / m ³
Agr. grueso	619.17	Kg / m ³	619.3	Kg / m ³
Agua	108.64	Lts / m ³	120.32	Lts / m ³

ANEXO 6. Cálculos del Ensayo de Variación Dimensional

Tabla 44:

Resultado de variación dimensional del bloque con 0% de plástico PET

Tipo	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	La 01	La 02	La 03	La 04	La P	An 01	An 02	An 03	An 04	An P	Ha 01	Ha 02	Ha 3	Ha 04	Ha P
01 BP - 0%	259.00	261.50	259.00	258.90	259.60	154.36	153.18	153.58	155.70	154.21	103.88	101.22	104.10	104.24	103.36
02 BP - 0%	259.00	261.50	259.50	258.80	259.70	154.16	154.20	154.78	155.54	154.67	100.40	104.20	103.90	104.30	103.20
03 BP - 0%	260.00	261.00	261.00	259.00	260.25	155.72	155.48	155.54	155.74	155.62	102.03	101.02	102.08	101.62	101.69
04 BP - 0%	258.00	261.50	259.50	257.50	259.13	154.76	155.60	154.56	157.00	155.48	101.32	103.30	101.72	103.32	102.42
05 BP - 0%	260.00	261.50	260.00	259.00	260.13	155.64	157.10	155.54	156.12	156.10	101.10	99.76	100.72	100.94	100.63
06 BP - 0%	259.50	261.00	260.00	258.50	259.75	155.04	155.10	154.56	157.10	155.45	99.00	101.68	99.42	100.60	100.18
07 BP - 0%	259.00	260.05	260.00	258.50	259.39	154.76	154.06	155.02	156.04	154.97	102.68	103.66	104.24	101.78	103.09
08 BP - 0%	260.00	261.50	260.80	258.80	260.28	156.32	156.22	156.60	157.00	156.54	99.12	100.52	100.72	100.10	100.12
09 BP - 0%	259.80	261.00	259.50	259.00	259.83	154.30	154.36	154.12	155.34	154.53	101.22	104.10	102.08	101.20	102.15
10 BP - 0%	259.95	262.00	260.00	259.00	260.24	155.50	155.74	155.04	156.70	155.75	101.72	100.10	100.02	104.10	101.49
11 BP - 0%	259.00	261.00	259.00	259.00	259.50	154.00	153.92	154.36	155.34	154.41	100.62	103.40	103.06	99.34	101.61
12 BP - 0%	260.05	262.00	260.08	259.00	260.28	156.42	156.74	156.10	156.74	156.50	100.12	99.12	99.96	102.22	100.36
13 BP - 0%	258.90	260.09	259.90	258.00	259.22	154.10	154.00	154.30	155.54	154.49	101.26	104.66	101.34	103.14	102.60
14 BP - 0%	258.02	261.00	260.60	258.00	259.41	154.36	155.04	154.08	155.48	154.74	101.30	103.66	101.88	104.20	102.76
15 BP - 0%	259.92	261.02	260.50	258.75	260.05	154.30	155.70	155.44	156.12	155.39	100.38	102.18	102.22	101.50	101.57
16 BP - 0%	260.02	261.00	260.60	258.00	259.91	155.39	154.30	154.10	155.50	154.82	101.90	102.44	102.00	103.80	102.54
	Largo fabricación			L :	260.00	Ancho fabricación			L :	155.00	Altura fabricación			L :	105.00
	Largo Promedio			Lp :	259.79	Ancho Promedio			Ap :	155.23	Altura Promedio			Hp :	101.86
	Var. Dimensional			V% :	0.08%	Var. Dimensional			V% :	0.15%	Var. Dimensional			V% :	2.99%

Tabla 45:

Resultado de variación dimensional del bloque con 3% de plástico PET

Tipo	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	La 01	La 02	La 03	La 04	La P	An 01	An 02	An 03	An 04	An P	Ha 01	Ha 02	Ha 3	Ha 04	Ha P
01 BP - 3%	259.00	260.00	263.50	260.00	260.63	156.08	158.38	157.28	157.40	157.29	101.84	101.72	101.90	100.10	101.39
02 BP - 3%	259.20	259.50	261.20	260.00	259.98	156.76	158.54	156.45	157.15	157.23	102.10	101.58	104.12	105.00	103.20
03 BP - 3%	260.00	261.10	264.00	261.00	261.53	156.22	156.92	157.32	159.46	157.48	101.10	101.42	102.50	101.32	101.59
04 BP - 3%	259.00	259.40	261.20	260.00	259.90	155.38	154.70	155.00	158.18	155.82	102.78	103.56	103.08	101.30	102.68
05 BP - 3%	259.00	260.00	260.50	259.40	259.73	155.28	155.00	155.00	156.76	155.51	102.78	102.76	102.56	105.00	103.28
06 BP - 3%	259.02	259.07	262.00	259.50	259.90	154.10	154.56	155.08	156.64	155.10	103.60	104.08	102.58	104.06	103.58
07 BP - 3%	258.90	260.00	261.50	259.50	259.98	156.00	156.10	155.64	157.66	156.35	101.52	102.00	102.20	105.00	102.68
08 BP - 3%	259.00	259.50	262.00	260.00	260.13	155.10	155.14	155.58	156.28	155.53	104.80	103.46	103.24	102.92	103.61
09 BP - 3%	259.40	261.00	263.00	261.00	261.10	157.10	157.00	157.04	159.18	157.58	99.20	100.00	100.10	101.72	100.26
10 BP - 3%	258.60	260.00	262.00	260.00	260.15	156.70	156.72	156.60	159.00	157.26	102.32	102.50	101.46	102.38	102.17
11 BP - 3%	259.90	260.50	264.00	261.00	261.35	156.10	157.10	156.80	158.20	157.05	100.14	100.64	102.78	101.40	101.24
12 BP - 3%	258.60	260.00	262.50	260.80	260.48	155.68	157.00	157.00	158.00	156.92	103.18	101.20	101.40	102.30	102.02
13 BP - 3%	259.20	259.40	261.80	259.60	260.00	154.40	154.18	154.76	156.22	154.89	102.30	104.66	104.70	103.08	103.69
14 BP - 3%	259.10	259.00	259.50	259.10	259.18	157.00	156.82	156.00	157.80	156.91	103.00	100.50	102.80	101.32	101.91
15 BP - 3%	259.80	261.00	263.00	260.50	261.08	156.32	156.48	155.74	158.26	156.70	101.52	103.48	103.28	103.20	102.87
16 BP - 3%	259.70	259.80	259.60	260.00	259.78	156.90	156.72	156.00	157.80	156.86	102.80	102.50	102.80	101.32	102.36
	Largo fabricación			L :	260.00	Ancho fabricación			L :	155.00	Altura fabricación			L :	105.00
	Largo Promedio			Lp :	260.3	Ancho Promedio			Ap :	156.53	Altura Promedio			Hp :	102.41
	Var. Dimensional			V% :	0.12 %	Var. Dimensional			V% :	0.99 %	Var. Dimensional			V% :	2.47 %

Tabla 46:

Resultado de variación dimensional del bloque con 6% de plástico PET

Tipo	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	La 01	La 02	La 03	La 04	La P	An 01	An 02	An 03	An 04	An P	Ha 01	Ha 02	Ha 3	Ha 04	Ha P
01 BP - 6%	258.80	260.00	262.10	259.20	260.03	157.78	157.54	157.00	157.62	157.49	100.48	102.96	102.06	104.10	102.40
02 BP - 6%	260.00	260.30	262.70	259.90	260.73	157.08	157.56	157.32	160.00	157.99	100.00	101.06	102.66	101.34	101.27
03 BP - 6%	258.10	259.20	261.10	258.90	259.33	157.00	157.28	157.88	158.32	157.62	103.00	102.04	99.82	103.24	102.03
04 BP - 6%	258.40	260.00	262.30	260.00	260.18	158.68	158.98	158.40	160.00	159.02	102.00	99.24	98.68	99.52	99.86
05 BP - 6%	258.20	259.50	261.40	259.80	259.73	157.38	157.48	156.62	158.28	157.44	100.68	102.22	100.10	101.30	101.08
06 BP - 6%	259.00	259.00	261.80	260.00	259.95	157.62	157.76	157.32	159.48	158.05	102.14	101.34	97.50	101.00	100.50
07 BP - 6%	259.60	260.00	262.50	260.00	260.53	158.40	157.00	157.54	159.54	158.12	101.76	100.78	101.30	100.78	101.16
08 BP - 6%	259.50	259.00	261.30	260.00	259.95	156.76	157.34	157.18	159.30	157.65	101.20	100.88	101.10	101.00	101.05
09 BP - 6%	259.90	261.00	262.00	260.00	260.73	157.90	157.54	158.00	160.00	158.36	101.32	100.00	101.02	101.18	100.88
10 BP - 6%	260.00	259.60	261.30	260.00	260.23	157.00	157.00	158.00	158.64	157.66	102.00	101.68	102.38	103.42	102.37
11 BP - 6%	258.60	259.30	261.00	259.40	259.58	157.66	157.64	157.74	158.78	157.96	100.30	102.72	101.68	102.30	101.75
12 BP - 6%	258.80	259.20	262.40	260.00	260.10	157.20	157.32	158.00	158.56	157.77	100.50	102.12	101.82	103.26	101.93
13 BP - 6%	260.00	260.00	262.00	259.00	260.25	158.54	156.96	156.98	158.74	157.81	100.00	103.14	102.86	103.32	102.33
14 BP - 6%	259.20	260.10	262.10	260.60	260.50	157.78	157.70	158.18	160.00	158.42	100.30	101.80	99.72	100.00	100.46
15 BP - 6%	260.00	260.00	262.50	259.70	260.55	157.50	157.52	158.00	159.70	158.18	103.30	101.52	101.66	100.44	101.73
16 BP - 6%	259.30	260.00	262.00	260.50	260.45	157.98	157.60	158.20	156.88	157.67	101.30	100.80	99.80	100.20	100.53
Largo fabricación				L :	260.00	Ancho fabricación			L :	155.00	Altura fabricación			L :	105.00
Largo Promedio				Lp :	260.17	Ancho Promedio			Ap :	157.95	Altura Promedio			Hp :	101.33
Var. Dimensional				V% :	0.07%	Var. Dimensional			V% :	1.90%	Var. Dimensional			V% :	3.49%

Tabla 47:

Resultado de variación dimensional del bloque con 9% de plástico PET

Tipo	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	La 01	La 02	La 03	La 04	La P	An 01	An 02	An 03	An 04	An P	Ha 01	Ha 02	Ha 3	Ha 04	Ha P
01 BP - 9%	259.20	259.60	261.20	260.20	260.05	156.22	156.88	156.92	158.18	157.05	104.44	104.26	104.82	104.96	104.62
02 BP - 9%	259.00	260.20	262.50	260.00	260.43	156.48	156.78	157.00	158.00	157.07	104.80	101.58	102.00	104.18	103.14
03 BP - 9%	261.00	258.70	263.00	261.20	260.98	158.40	158.56	158.48	161.00	159.11	102.42	104.68	104.52	100.96	103.15
04 BP - 9%	259.50	261.00	263.50	260.50	261.13	157.36	157.28	158.00	158.30	157.74	103.00	103.00	102.38	101.26	102.41
05 BP - 9%	260.20	259.70	261.90	259.40	260.30	157.00	156.78	156.80	159.00	157.40	103.00	104.16	104.88	103.30	103.84
06 BP - 9%	259.10	261.00	262.60	259.80	260.63	157.66	158.00	157.22	159.10	158.00	107.00	103.30	103.80	105.58	104.92
07 BP - 9%	259.90	260.90	262.20	259.90	260.73	157.36	157.00	157.40	159.20	157.74	104.58	102.00	101.16	103.22	102.74
08 BP - 9%	259.70	260.00	262.90	260.20	260.70	157.84	156.36	157.00	158.72	157.48	102.54	103.28	104.40	103.44	103.42
09 BP - 9%	260.90	260.00	261.10	259.70	260.43	156.86	156.88	157.00	158.16	157.23	105.76	103.00	103.00	103.92	103.92
10 BP - 9%	260.20	261.00	262.90	260.00	261.03	157.00	156.48	157.40	158.76	157.41	105.58	103.10	101.44	103.26	103.35
11 BP - 9%	259.60	260.00	261.10	260.00	260.18	156.82	155.98	156.86	158.00	156.92	102.62	103.00	105.64	103.00	103.57
12 BP - 9%	259.00	260.40	262.10	259.20	260.18	156.74	156.58	156.50	157.78	156.90	104.52	103.54	105.40	103.10	104.14
13 BP - 9%	258.90	259.90	261.70	260.90	260.35	156.08	155.84	156.66	157.00	156.40	104.12	106.00	105.08	105.16	105.09
14 BP - 9%	260.00	259.80	262.00	260.30	260.53	157.32	156.72	157.34	157.70	157.27	103.72	104.92	104.22	103.00	103.97
15 BP - 9%	260.00	259.80	261.70	259.20	260.18	156.60	157.00	156.54	157.28	156.86	106.00	104.52	103.74	103.60	104.47
16 BP - 9%	260.10	259.70	262.10	260.20	260.53	157.30	156.70	157.30	157.70	157.25	103.60	104.90	104.40	103.20	104.03
	Largo fabricación			L :	260.00	Ancho fabricación			L :	155.00	Altura fabricación			L :	105.00
	Largo Promedio			Lp :	260.52	Ancho Promedio			Ap :	157.36	Altura Promedio			Hp :	103.8
	Var. Dimensional			V% :	0.20 %	Var. Dimensional			V% :	1.52 %	Var. Dimensional			V% :	1.15 %

ANEXO 7. Cálculos del Ensayo de Alabeo

Tabla 48:

Resultado de alabeo de los bloques con 0% de plástico PET

Tipo	Cara A		Cara B		Alabeo (mm)
	Cc	Cv	Cc	Cv	
01 BP - 0%	0	0	3	0	3
02 BP - 0%	0	0	0	2.5	2.5
03 BP - 0%	0	0	0	0	0
04 BP - 0%	0	0	0	2	2
05 BP - 0%	0	0	2.5	0	2.5
06 BP - 0%	0	0	3	0	3
07 BP - 0%	0	0	0	4	4
08 BP - 0%	0	0	2	0	2
09 BP - 0%	0	0	0	0	0
10 BP - 0%	0	0	0	1.5	1.5
11 BP - 0%	0	0	1	0	1
12 BP - 0%	0	0	0	0	0
13 BP - 0%	0	0	0	2	2
14 BP - 0%	0	0	0	0	0
15 BP - 0%	0	0	1	0	1
16 BP - 0%	0	0	0	0	0
		Alabeo Promedio		(mm)	1.57

Tabla 49:

Resultado de alabeo de los bloques con 3% de plástico PET

Tipo	Cara A		Cara B		Alabeo (mm)
	Cc	Cv	Cc	Cv	
01 BP - 3%	0	0	0	3	3
02 BP - 3%	0	0	2	0	2
03 BP - 3%	0	0	0	0	0
04 BP - 3%	0	0	4	0	4
05 BP - 3%	0	0	1.5	0	1.5
06 BP - 3%	0	0	0	3	3
07 BP - 3%	0	0	1	0	1
08 BP - 3%	0	0	2	0	2
09 BP - 3%	0	0	0	1	1
10 BP - 3%	0	0	3	0	3
11 BP - 3%	0	0	2	0	2
12 BP - 3%	0	0	0	0	0
13 BP - 3%	0	0	1	0	1
14 BP - 3%	0	0	1	0	1
15 BP - 3%	0	0	0	1	1
16 BP - 3%	0	0	0	0	0
		Alabeo Promedio		(mm)	1.63

Tabla 50:

Resultado de alabeo de los bloques con 6% de plástico PET

Tipo	Cara A		Cara B		Alabeo (mm)
	Cc	Cv	Cc	Cv	
01 BP - 6%	0	0	2	0	2
02 BP - 6%	0	0	3	0	3
03 BP - 6%	0	0	0	4	4
04 BP - 6%	0	0	0	1	1
05 BP - 6%	0	0	0	2	2
06 BP - 6%	0	0	0	3	3
07 BP - 6%	0	0	0	0	0
08 BP - 6%	0	0	2.5	0	2.5
09 BP - 6%	0	0	3	0	3
10 BP - 6%	0	0	2	0	2
11 BP - 6%	0	0	1	0	1
12 BP - 6%	0	0	0	4	4
13 BP - 6%	0	0	0	0	0
14 BP - 6%	0	0	0	3	3
15 BP - 6%	0	0	1	0	1
16 BP - 6%	0	0	0	1	1
Alabeo Promedio				(mm)	2.1

Tabla 51:

Resultado de alabeo de los bloques con 9% de plástico PET

Tipo	Cara A		Cara B		Alabeo (mm)
	Cc	Cv	Cc	Cv	
01 BP - 9%	0	0	2	0	2
02 BP - 9%	0	0	0	0	0
03 BP - 9%	0	0	0	2	2
04 BP - 9%	0	0	0	1	1
05 BP - 9%	0	0	2.5	0	2.5
06 BP - 9%	0	0	2	0	2
07 BP - 9%	0	0	0	0	0
08 BP - 9%	0	0	0	2.5	2.5
09 BP - 9%	0	0	2	0	2
10 BP - 9%	0	0	1.5	0	1.5
11 BP - 9%	0	0	1	0	1
12 BP - 9%	0	0	2	0	2
13 BP - 9%	0	0	0	2	2
14 BP - 9%	0	0	3	0	3
15 BP - 9%	0	0	0	2	2
16 BP - 9%	0	0	0	1	1
Alabeo Promedio				(mm)	1.7

ANEXO 8. Cálculos del Ensayo de Absorción

Tabla 52:

Resultado de absorción de los bloques con 0% de plástico PET

Tipo	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	Absorción
01 BP - 0%	7350	7648	4.05%
02 BP - 0%	7345	7655	4.22%
03 BP - 0%	7325	7612	3.92%
04 BP - 0%	7340	7634	4.01%
05 BP - 0%	7180	7446	3.70%
06 BP - 0%	7215	7554	4.70%
07 BP - 0%	7270	7610	4.68%
08 BP - 0%	7265	7611	4.76%
Absorción Promedio		Abs(%):	4.26%

Tabla 53:

Resultado de absorción de los bloques con 3% de plástico PET

Tipo	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	Absorción
01 BP - 3%	7075	7470	5.58%
02 BP - 3%	7147	7491	4.81%
03 BP - 3%	7163	7558	5.51%
04 BP - 3%	7172	7517	4.81%
05 BP - 3%	7115	7492	5.30%
06 BP - 3%	7129	7520	5.48%
07 BP - 3%	7095	7496	5.65%
08 BP - 3%	7085	7470	5.43%
Absorción Promedio		Abs(%):	5.32%

Tabla 54:

Resultado de absorción de los bloques con 6% de plástico PET

Tipo	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	Absorción
01 BP - 6%	6915	7316	5.80%
02 BP - 6%	6906	7301	5.72%
03 BP - 6%	7028	7407	5.39%
04 BP - 6%	6979	7277	4.27%
05 BP - 6%	7004	7350	4.94%
06 BP - 6%	6977	7329	5.05%
07 BP - 6%	6917	7331	5.99%
08 BP - 6%	6932	7321	5.61%
Absorción Promedio		Abs(%):	5.35 %

Tabla 55:

Resultado de absorción de los bloques con 9% de plástico PET

Tipo	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	Absorción
01 BP - 9%	7010	7420	5.85%
02 BP - 9%	7090	7491	5.66%
03 BP - 9%	7108	7513	5.70%
04 BP - 9%	7103	7512	5.76%
05 BP - 9%	7080	7478	5.62%
06 BP - 9%	7158	7592	6.06%
07 BP - 9%	7095	7494	5.62%
08 BP - 9%	7051	7499	6.35%
Absorción Promedio		Abs(%):	5.83 %

ANEXO 9. Cálculos del Ensayo de la Resistencia a Compresión

Tabla 56:

Resultado de la resistencia a compresión de los bloques con 0% de plástico PET

Tipo	Dimensiones (mm)		Área (cm ²)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia (kg)/cm ²	
	Largo	Ancho			(kg/cm ²)	Mpa
01 BP - 0%	259.83	154.53	401.52	30170.00	75.14	7.37
02 BP - 0%	259.50	154.41	400.69	29550.00	73.75	7.23
03 BP - 0%	260.28	156.50	407.34	32160.00	78.95	7.74
04 BP - 0%	259.22	154.49	400.47	30180.00	75.36	7.39
05 BP - 0%	259.41	154.74	401.41	33165.00	82.62	8.10
06 BP - 0%	260.05	155.39	404.09	32364.00	80.09	7.85
07 BP - 0%	259.72	155.01	402.59	30140.00	74.86	7.34
08 BP - 0%	260.25	157.16	409.01	29880.00	73.05	7.16
Resistencia Promedio				f'b:	76.73	7.52

Tabla 57:

Resultado de la resistencia a compresión de los bloques con 3% de plástico PET

Tipo	Dimensiones (mm)		Área (cm ²)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia (kg)/cm ²	
	Largo	Ancho			(kg/cm ²)	Mpa
01 BP - 3%	261.10	157.58	411.44	18210.00	44.26	4.34
02 BP - 3%	260.15	157.26	409.11	23360.00	57.10	5.60
03 BP - 3%	261.35	157.05	410.45	21580.00	52.58	5.16
04 BP - 3%	260.48	156.92	408.75	25540.00	62.48	6.13
05 BP - 3%	260.00	154.89	402.71	25660.00	63.72	6.25
06 BP - 3%	260.18	156.91	408.25	24165.00	59.19	5.80
07 BP - 3%	261.08	156.70	409.11	20960.00	51.23	5.02
08 BP - 3%	260.75	156.66	408.49	22630.00	55.40	5.43
Resistencia Promedio				f' b:	55.75	5.47

Tabla 58:

Resultado de la resistencia a compresión de los bloques con 6% de plástico PET

Tipo	Dimensiones (mm)		Área (cm ²)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia (kg)/cm ²	
	Largo	Ancho			(kg/cm ²)	Mpa
01 BP - 6%	260.73	158.36	412.89	22150.00	53.65	5.26
02 BP - 6%	260.23	157.66	410.28	17160.00	41.83	4.10
03 BP - 6%	259.58	157.96	410.03	20185.00	49.23	4.83
04 BP - 6%	260.10	157.77	410.36	19660.00	47.91	4.70
05 BP - 6%	260.25	157.81	410.70	21830.00	53.15	5.21
06 BP - 6%	260.50	158.42	412.68	18160.00	44.00	4.32
07 BP - 6%	260.55	158.18	412.14	19630.00	47.63	4.67
08 BP - 6%	260.38	157.37	409.76	18170.00	44.34	4.35
Resistencia Promedio				f' b:	47.72	4.68

Tabla 59:

Resultado de la resistencia a compresión de los bloques con 9% de plástico PET

Tipo	Dimensiones (mm)		Área (cm ²)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia (kg)/cm ²	
	Largo	Ancho			(kg/cm ²)	Mpa
01 BP - 9%	260.43	157.23	409.47	15770	38.51	3.78
02 BP - 9%	261.03	157.41	410.89	17850	43.44	4.26
03 BP - 9%	260.18	156.92	408.27	20280	49.67	4.87
04 BP - 9%	260.18	156.9	408.22	20270	49.65	4.87
05 BP - 9%	260.35	156.65	407.84	18640	45.7	4.48
06 BP - 9%	260.35	157.27	409.45	19720	48.16	4.72
07 BP - 9%	260.18	156.86	408.12	18990	46.53	4.56
08 BP - 9%	260.28	157.16	409.06	17550	42.9	4.21
Resistencia Promedio				f' b:	45.57	4.47

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 1: Ensayo granulometría del agregado fino, cantera “Josecito”.



Figura 2: Ensayo contenido de humedad del agregado fino.



Figura 3: Ensayo peso específico y absorción del agregado fino.



Figura 4: Ensayo peso unitario suelto



Figura 5: Ensayo peso compactado agregado fino.



Figura 6: Ensayo granulometría del agregado grueso, cantera "Josecito".



Figura 7: Ensayo contenido de humedad del agregado grueso.



Figura 8: Ensayo peso específico y absorción del agregado fino.



Figura 9: Ensayo peso unitario suelto.



Figura 10: Ensayo peso compactado agregado grueso.



Figura 11: Elaboración de bloques



Figura 12: Ensayo de la variación dimensional



Figura 13: Ensayo de alabeo de los bloques



Figura 14: Ensayo de absorción de los bloques

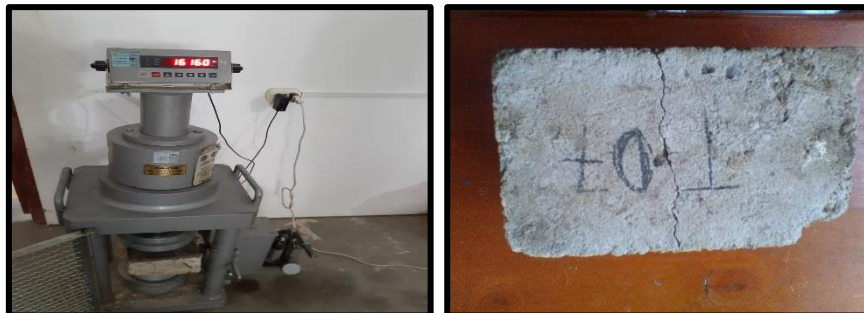


Figura 15: Ensayo de la resistencia a la compresión de los bloques