

CAPÍTULO I
ANTECEDENTES

CAPÍTULO 1

1.- ANTECEDENTES

Para una idea del comportamiento del material PET reciclado en elementos prefabricados para el uso en la construcción se tiene la siguiente investigación de un autor peruano.

Se procedió a agregar a la mezcla de ladrillo de concreto vibrado con hojuelas de plástico PET reciclado en porcentajes crecientes de 0%, 3%, 6% y 9%, obteniéndose cuatro tipos de ladrillo, a éstos se les realizó diferentes ensayos a los 28 días de edad para determinar sus propiedades físico mecánicas; siendo la propiedad principal en la clasificación de las unidades de albañilería la resistencia a compresión empleando la norma E.070, los valores característicos determinados son:

Tabla 1: Propiedades mecánicas

PROPIEDADES	0% PET	3% PET	6% PET	9% PET
Resistencia a compresión, f^b (kg/cm ²)	161.96	127.08	118.80	110.46
Disminución de resistencia (%)	0	-21,54	-26,65	-31,80
Resistencia a compresión axial, f^m (kg/cm ²)	128,55	100,83	79,79	76,75
Disminución de resistencia (%)	0	-21,56	-37,93	-40,30
Resistencia al corte, V^m (kg/cm ²)	16,47	12,83	13,17	9,96
Disminución de resistencia (%)	0	-22,10	-20,04	-39,53
Peso (Kg)	4016,9	3881,36	3706,39	3607,49

Fuente: ladrillos de concreto con plástico PET reciclado, Evelyn Rosario Echeverria Garro,2017

Concluyendo que con ninguno de estos porcentajes se obtuvo una mejora de sus propiedades físico mecánicas. (Evelyn Rosario Echeverria Garro,2017, ladrillos de concreto con plástico PET reciclado)

1.1.- Problema

Por su elevado peso propio, que limita la edificación de viviendas de varios pisos al emplearse el bloque de concreto como muro portante. Por tal motivo para que sea un elemento de construcción más eficiente se deberá optimizar siendo una opción la reducción en su peso afectando razonablemente la resistencia.

1.1.1.- Planteamiento

Los bloques de concreto hueco con dos celdas son elementos prefabricados que son empleados en la industria de la construcción, pero debido a la alta densidad o peso volumétrico de los bloques convencionales de concreto (igual o mayor a 2400Kg/m^3), siendo un inconveniente donde la carga muerta es un factor importante, generado principalmente por el tipo de agregado que se utiliza para su elaboración.

Con la finalidad de aligerar el peso de los bloques de concreto adicionando hojuelas PET reciclado a la mezcla de concreto en los siguientes porcentajes 1%, 3% y 5%. Estos bloques aligerados deberán cumplir con las resistencias mecánicas mínimas para ser clasificado como bloque de muro portante como ser:

Tabla 2: Resistencia mínima para bloque de concreto portante

Ensayos de resistencia	MPa (kg/cm ²)
Resistencia a compresión, f^b	4,9 (50)
Resistencia a compresión axial, f^m	7,3 (74)
Resistencia al corte, V^m	0,8 (8,6)

Fuente: Norma Técnica e-070 Albañilería, 2006

Alternativas a plantearse pueden ser las siguientes:

- Bloque de concreto aligerado empleando aserrín de madera.
- Bloque de concreto aligerado empleando material reciclado Polietileno De Alta Densidad (PEAD).
- Bloque de concreto aligerado empleando poliestireno.

1.1.2.- Formulación

¿Con qué dosificación de hojuelas PET reciclado en los bloques aligerado de concreto hueco se logrará disminuir el peso y obtener una resistencia próxima a la resistencia de un bloque patrón de concreto?

Se elaboró una dosificación para una resistencia de diseño del $f_{ck} = 70 \text{ Kg/cm}^2$ y $a/c = 0,5$ al emplear una a/c mayor a 0,5 se tiene una mezcla muy fluida imposibilitando el desmolde inmediato. Para la confección del bloque de concreto sustentable es necesario cemento, agua, gravilla, arena y el PET que se obtuvo de una microempresa RECICLADORA BIO en la ciudad de Cochabamba.

Determinación del impacto en lo económico y la resistencia mecánica que tuvo con la adición de hojuelas PET recicladas en la elaboración de los bloques de concreto hueco.

1.1.3.- Sistematización

¿Cuáles han sido los cambios en las propiedades físicas de un bloque de concreto aligerado con material PET en comparación con un bloque patrón?

¿Qué uso alternativo se puede aplicar a los bloques de concreto aligerado que no cumpla con los requisitos para ser clasificado como bloque de muro portante?

Con la adición de hojuelas de polietileno PET en diferentes proporciones es que se espera obtener un bloque de concreto más ligero. En caso de obtener bloques de concreto no portantes ver el campo de aplicación más óptimo en donde se pueda dar un mejor uso de este bloque aligerado.

Sus dimensiones son (largo = 40 cm, ancho = 15 cm, alto = 20 cm).

Los porcentajes de adición de material PET son:

Serie H°1.- Adición de 1% del peso total de los agregados.

Serie H°3.- Adición de 3% del peso total de los agregados.

Serie H°5.- Adición de 5% del peso total de los agregados.

1.2.- Objetivos

1.2.1.- General

- Determinar las propiedades físico-mecánicas del bloque de concreto hueco aligerado en dosificaciones con la adición del 1%, 3% y 5% en material plástico PET reciclado.

1.2.2.- Específicos

- Determinar la caracterización de los agregados pétreos finos y gruesos de la cantera del Río Seco comunidad San Mateo que se emplearán para elaborar bloques de concreto.
- Determinar la granulometría agregado plástico PET reciclado.
- Realizar la comparación de resistencia a compresión por unidad, resistencia a compresión axial en pilas, resistencia al corte y las propiedades físicas de los bloques de concreto hueco aligerado con los bloques patrón.

- Determinar la resistencia a compresión del mortero con que se elaboró las pilas y muros.
- Realizar un análisis de los efectos positivos y negativos que ocasiona el adicionar agregados plásticos PET a los bloques de concreto.
- Determinar el precio unitario en la elaboración de los bloques con diferente contenido de PET y analizar por el costo si es viable el empleo de los bloques aligerados.
- Analizar y determinar cuál de los bloques elaborados con adición de PET en diferentes porcentajes en su dosificación es el más adecuado para ser empleo como muro portante para la construcción de viviendas.
- Plantear una aplicación alternativa de los bloques de concreto con adición de material plástico PET que no cumplan como bloques de muro portante.

1.3.- Justificación

1.3.1.- Teórica

La investigación se justifica por el limitado conocimiento sobre el uso del plástico PET reciclado en elementos constructivos como ser bloques huecos de concreto, por lo que se desconocen las características y beneficios de este material. Resultado importante la cuantificación de sus propiedades físicas y mecánicas, para así diseñar y construir viviendas seguras y óptimas.

1.3.2.- Metodología

Con la finalidad de cumplir con nuestros objetivos es necesario para ello un análisis de la resistencia mecánica mediante ensayos de mampostería a los bloques de concreto hueco con adición de material plástico PET reciclado en diferentes proporciones, con la información recolectada será posible afirmar la hipótesis de estudio. Es necesario contar con nuevas alternativas en la elaboración de bloques de concreto, para poder encontrar técnicas y en lo posible emplear otros productos no convencionales, en nuestro caso plástico reciclado PET y así elaborar bloques de concreto eficientes, livianos, ecológicos y económicos.

1.3.3.- Practica

Con esta investigación se pretende proporcionar una alternativa viable al problema, basándonos en la implementación de un concepto de reciclaje; que permita la creación y diseño innovador de unidades de mampostería (bloques de concreto aligerado) con hojuelas de plástico PET reciclado como materia prima.

El uso bloque hueco de concreto se tiene varias ventajas en comparación con el ladrillo de cerámico que es el más empleado en la actualidad como ser: reducción de costos de ejecución de viviendas, menor consumo de materiales, alta resistencia y estabilidad estructural, eliminación de revoques, eliminación de fisuras por cortes de instalaciones y al adicionarle material reciclable se espera obtener un concreto más ligero aligerando la carga de peso propio y cumpla las normas de calidad de albañilería E-70.

1.4.- Alcance del estudio

1.4.1.- Tipo de estudio

Para la investigación se requiere la recolección de información para poder llegar a los objetivos propuestos y verificación de hipótesis. Realizando de esta manera un estudio tipo experimental.

Para cuantificar el efecto de la adición de hojuelas PET al bloque de concreto, se efectuará ensayos comparativos entre un bloque de concreto patrón y bloques con adición en diferentes porcentajes de material PET. Por medio de ensayos en el laboratorio de hormigones de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UAJMS.

También se trata de establecer una nueva línea de investigación en la FCyT de la UAJMS, con el propósito de proporcionar una secuencialidad en este tipo de investigación, en el campo de la mampostería estructural y de esta manera contribuir a una mejora en la calidad de los bloques huecos de concreto y por ende de las construcciones de viviendas en la ciudad de Tarija.

1.4.2.- Hipótesis

Con la adición de material plástico hojuelas PET en porcentajes 1%, 3% y 5% en la mezcla de bloques de concreto hueco, se obtienen bloques huecos más ligeros disminuyendo el peso hasta en un 5% en comparación con el patrón, cumpliendo con la resistencia a compresión mínima de 50 kg/cm² para ser clasificado como bloque para muro portante.

Variables independientes son:

- Agregado grueso triturado
- Agregado fino triturado.
- Cemento.
- Agua.
- Material reciclado PET

Variable dependiente son:

- Disminución del peso específico.
- Resistencia a la compresión.
- Resistencia al corte.

1.4.3.- Restricciones

La presente investigación se limitará a la evaluación de resistencia a compresión y resistencia a la compresión diagonal de muretes (corte), ensayos con bloques a escala real. La caracterización del PET se limitará solo a granulometría.

1.5.- Diseño metodológico.**1.5.1.- Población y muestra****1.5.1.1.- Población**

La población son las muestras de laboratorio, convencionales (patrón) y las modificadas con porcentajes en hojuelas de PET reciclado, en la tabla 9 se cuenta con la cantidad total de bloques elaborados.

1.5.1.2.- Muestra

La muestra son los ensayos de laboratorio que se realizó en el presente análisis.

- Análisis granulométrico del agregado grueso y fino (NTP 400.012)
- Peso específico del agregado fino (NTP 400.022)
- Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)
- Peso unitario del agregado grueso y fino (NTP 400.017)
- Peso específico del cemento (NTP 334.005)
- Dosificación (ACI-211)
- Medición y variación de dimensiones del bloque (NTP 399.604)

- Medición de alabeo (NTP 399.613)
- Densidad del bloque de concreto (NTP 399.604)
- Resistencia a compresión por unidad de bloque (NTP 399.604)
- Resistencia a compresión axial en pilas (NTP 399.605)
- Resistencia al corte (NTP 399.621)
- Resistencia a compresión de morteros (NTP 334.051)

1.5.1.3.- Muestreo

Se realiza la cuantificación de las propiedades físico-mecánicas de los bloques de concreto, tanto de una camada de prueba de concreto convencional (patrón) y una serie de camadas de concreto aligerado con adición de PET, mediante los ensayos ya mencionados con anterioridad que se realiza en el laboratorio de hormigones y resistencia de los materiales.

1.5.2.- Métodos y técnicas empleadas

El método de investigación empleado en el presente análisis es el experimental.

1.5.2.1.- Definición del método empleado

El método de investigación Experimental permite verificar la hipótesis mediante la manipulación “deliberada” por parte del investigador de las variables independientes, que producirán modificaciones en el comportamiento de las variables dependientes.

Presencia-Ausencia: La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un grupo de individuos, a determinadas condiciones (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que producen (variable dependiente).

Implica que al grupo experimental se le aplica “estímulo” y al grupo de control no, es este caso la incorporación de aditivo de un nuevo material a las mezclas de concreto convencionales (patrón) para lograr la mejora o modificación de estas con adición de hojuelas PET.

Intensidad: La aplicación se lo realizará en diferentes porcentajes de variable independiente (hojuelas PET), para verificar el efecto que provoca en las variables dependientes.

1.5.2.2.- Técnicas de muestreo

La técnica de muestreo es No Probabilístico espontánea. Se selecciona de manera informal los objetos de estudio de más fácil acceso, es por esto que en consecuencia se tiene la imposibilidad de realizar afirmaciones con severidad estadística en la población.

1.5.2.3.- Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos más importantes que se emplearon en la recolección de datos son los empleados para realizar los ensayos que se realizó en laboratorio, que se menciona a continuación.

Caracterización de los agregados pétreos

- Análisis granulométrico del agregado grueso y fino (NTP 400.012)
- Peso específico del agregado fino (NTP 400.022)
- Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)
- Peso unitario del agregado grueso y fino (NTP 400.017)
- Peso específico del cemento (NTP 334.005)
- Dosificación (ACI-211)

Ensayos para determinar propiedades físico-mecánica de los bloques.

- Medición y variación de dimensiones del bloque (NTP 399.604)
- Medición de alabeo (NTP 399.613)
- Densidad del bloque de concreto (NTP 399.604)
- Resistencia a compresión por unidad de bloque (NTP 399.604)
- Resistencia a compresión axial en pilas (NTP 399.605)
- Resistencia al corte (NTP 399.621)
- Resistencia a compresión de morteros (NTP 334.051)

1.5.2.4.- Procedimientos de aplicación

1.5.2.4.1.- Criterio de porcentaje de hojuelas PET

Es inexistente una recomendación en cuanto a ensayos de mezclas de concreto modificadas con porcentaje de hojuelas PET, por lo que el criterio que se toma, parte específicamente referido al costo-beneficio en cuanto a su realización práctica.

Es por esto que los porcentajes que se utilizaron en el presente análisis tienen la finalidad de encontrar el menor porcentaje factible que pueda mejorar cualitativamente los bloques de concreto a un bajo costo.

Se realizará una variación de los porcentajes de adición de las hojuelas PET a la mezcla de concreto en 1%, 3% y 5% respecto al peso de los agregados.

Con el criterio asumido, se procede a realizar la fabricación de los bloques de concreto adicionando porcentajes diferentes de hojuelas PET y posteriormente se analiza sus propiedades mecánicas en la prensa hidráulica como ser:

- Resistencia a compresión por unidad
- Resistencia a compresión axial en pilas
- Resistencia al corte

1.5.2.5.- Modo de aplicación

Los áridos que se utilizaron en el presente estudio provienen de la chancadora Garzón, ubicado en San Mateo y fueron caracterizados mediante pruebas convencionales en laboratorio. El cemento que se utilizó fue EL PUENTE.

Las hojuelas PET se compró de la empresa RECICLADORA BIO que se encuentra en el departamento de Cochabamba.

Se varía la cantidad de hojuelas PET en la mezcla de concreto en diferentes porcentajes. Se realiza tres ensayos por cada variación de porcentaje en los ensayos de resistencia mecánica, de manera que se obtendrá representatividad en los especímenes analizados. Se comparará el comportamiento y se evaluará la variación en las propiedades físico-mecánicas de los bloques de concreto analizados.

1.5.2.5.1.- Caracterización de los agregados

Granulometría: Se realizará 1 ensayo de granulometría para cada agregado, para poder utilizarlo en la dosificación de la mezcla de concreto.

Peso específico del agregado fino: Se realizará 3 ensayos del agregado fino y posteriormente se sacará su promedio para utilizarlo en la dosificación.

Peso específico y % absorción del agregado grueso: Se realizará 3 ensayos del agregado grueso y posteriormente se sacará su promedio para utilizarlo en la dosificación.

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino: Se realizará 3 ensayos del agregado fino y posteriormente se sacará su promedio para utilizarlo en la dosificación.

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso: Se realizará 3 ensayos del agregado fino y posteriormente se sacará su promedio para utilizarlo en la dosificación.

Peso específico del cemento: Se realizará 3 ensayos del cemento EL PUENTE y posteriormente se sacó el promedio para utilizarlo en la dosificación.

1.5.2.5.2.- Determinar propiedades físico-mecánicas de los bloques de concreto

a. Propiedades físicas de los bloques.

- **Ensayo de medición y variación de dimensiones de los bloques.**

Se realizan 20 ensayos, 5 bloques de concreto como lo indica la NTP 399.604 por cada porcentaje de adición de hojuelas PET, se muestra en la siguiente tabla 3:

Tabla 3: Número de bloques de concreto para medición de dimensiones

Porcentaje de adición del PET A la mezcla de concreto	Número de bloques
0%	5
1%	5
3%	5
5%	5
Total	20

Fuente: Elaboración propia.

- **Ensayo de medición del alabeo de los bloques**

Se realizan 40 ensayos, 10 bloques de concreto por cada porcentaje de adición de hojuelas PET como lo indica la NTP 399.613, se muestra en la siguiente tabla 4:

Tabla 4: Número de bloques de concreto para medición de alabeo

Porcentaje de adición del PET A la mezcla de concreto	Número de bloques
0%	10
1%	10
3%	10
5%	10
Total	40

Fuente: Elaboración propia.

- **Ensayo de densidad de los bloques.**

Se realizan 20 ensayos, 5 bloques de concreto por cada porcentaje de adición de hojuelas PET como lo indica la NTP 399.604, se muestra en la siguiente tabla 5:

Tabla 5: Número de bloques de concreto para medición de la densidad

Porcentaje de adición del PET A la mezcla de concreto	Número de bloques
0%	5
1%	5
3%	5
5%	5
Total	20

Fuente: Elaboración propia.

b. Propiedades mecánicas de los bloques de concreto.

- **Ensayo de resistencia a compresión por unidad de bloque de concreto.**

Se realizan 20 ensayos, 5 bloques de concreto por cada porcentaje de adición de hojuelas PET como lo indica la NE.070, se muestra en la siguiente tabla 6:

Tabla 6: Número de bloques de concreto para resistencia a compresión

Porcentaje de adición del PET A la mezcla de concreto	Número de bloques
0%	5
1%	5
3%	5
5%	5
Total	20

Fuente: Elaboración propia.

- **Ensayo de resistencia a compresión axial en pilas de bloque de concreto.**

Se realizan 12 ensayos, 3 ensayos por cada porcentaje de adición de hojuelas PET como lo indica la NTP 399.605, se muestra en la siguiente tabla 7:

Tabla 7: Número de bloques de concreto para resistencia a compresión axial en pilas

Porcentaje de adición del PET A la mezcla de concreto	Número de Bloques	Número de Pilas
0 %	6	3
1 %	6	3
3 %	6	3
5 %	6	3
Total	24	12

Fuente: Elaboración propia.

- **Ensayo de resistencia al corte de bloques de concreto.**

Se realizan 12 ensayos, 3 ensayos por cada porcentaje de adición de hojuelas PET como lo indica la NTP 399.621, se muestra en la siguiente tabla 8:

Tabla 8: Numero de bloque de concreto para resistencia al corte

Porcentaje de adición del PET A la mezcla de concreto	Número de Bloques enteros	Número de Mitad de Bloque	Número de muros
0 %	9	9	3
1 %	9	9	3
3 %	9	9	3
5 %	9	9	3
Total	36	36	12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Resumen de cantidad de bloques a realizar

Tipo	Ensayo	cantidad de ensayo	Cantidad bloques empleados a los 28 días	
			enteros	mitades
Patrón 1% PET 3% PET 5% PET	variación de dimensiones	5	5	-
	alabeo	10	10	-
	absorción	5	5	-
	resistencia a la compresión unitaria	5	5	-
	resistencia a compresión diagonal	3	9	9
	resistencia a la compresión de prisma	3	6	-
	Resistencia compresión morteros	3 x preparación	-	-
suma			25	9
Son 4 tipos de bloques			100	36

Fuente: Elaboración propia.

1.5.3.- Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

1.5.6.1.- Tratamiento de datos

La investigación se realiza mediante el tratamiento de datos no probabilístico espontanea.

Los análisis estadísticos se aplican a la información obtenida y se crean cuadros estadísticos según las variables estudiadas.

Estadística descriptiva: Se utiliza todas las herramientas conocidas.

- La distribución de frecuencias
- Las medidas de tendencia central
- Las medidas de variabilidad

Se hará referencia a los parámetros más relevantes de la estadística descriptiva:

Centralización: Indica valores con respecto a los datos que parecen agruparse.

Media: Es la media aritmética (promedio) de los valores de una variable. La suma de los valores dividido por el tamaño de muestra.

Conveniente cuando los datos se encuentran simétricamente con respecto a ese valor.

Muy sensible a valores extremos. Centro de gravedad de los datos.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 \dots + x_n}{n}$$

Mediana: dado un conjunto de números agrupados en orden creciente de magnitud, la mediana es el número colocado en el centro del arreglo, de tal forma que una mitad de las observaciones está por encima y la otra por debajo de dichos valores que se hallan al medio del arreglo.

$$Me = \begin{cases} \frac{x_{(\frac{n}{2})} + x_{(\frac{n}{2}+1)}}{2} & \text{Si } n \text{ es par} \\ x_{(\frac{n+1}{2})} & \text{Si } n \text{ es impar} \end{cases}$$

Moda: Es un conjunto de números, la moda se define como el valor o número que ocurre con más frecuencia.

Desviación estándar: Es la raíz cuadrada de la varianza es la más usada de las medidas de dispersión.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Estadística inferencial: Se utilizan las siguientes herramientas estadísticas.

Varianza (σ):

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Es el valor numérico que cuantifica el grado de dispersión de los valores de una variable respecto de una aritmética.

Es el promedio de los cuadrados de las desviaciones de la variable respecto a su media aritmética.

Nota: La varianza nunca es negativa

Cuando la variable toma un único valor, es decir, cuando es constante entonces la varianza es cero.

Mientras más se aproxima a cero, más concentrados están los valores de la serie alrededor de la media. Por el contrario, mientras mayor sea la varianza, más dispersos están.

Tamaño de muestra:

e= 5% probabilidad de error

$$n = \frac{z^2 * \sigma^2}{e^2}$$

Coefficiente de variación (CV)

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} * 100$$

Es la desviación estándar dividida sobre la media aritmética multiplicada por 100%. El mismo permite comparar las desviaciones típicas de variables con unidades de medición distintas.

El coeficiente de variación se expresa en unidades independientes de la naturaleza variable.

Interpretación del coeficiente de variación

El coeficiente de variación, mide la variabilidad relativa a la media.

Expresa la proporción de variabilidad de una característica por cada unidad de la media.

En la práctica, se acostumbra considerar la interpretación de un coeficiente de variación según la tabla 10.

Tabla 10: Interpretación del coeficiente de variación (CV)

Valor del coeficiente de variación (%)	Interpretación del coeficiente	
	Variabilidad	Estabilidad
Igual a cero	Nula	Muy alta
Mayor de 0 hasta 20	Baja	Alta
Mayor de 20 hasta 60	Moderada	Moderada
Mayor de 60 hasta 90	Alta	Baja
Mayor de 90	Muy alta	Nula

Fuente: Métodos prácticos de inferencia estadística, Gildaberto Bonilla

Tabla 11: Grado en que la media representa la serie

Valor del coeficiente de variabilidad	Grado en que la media representa a la serie
De 0 a menos de 10 %	Media altamente representativa
De 10 a menos de 20 %	Media bastante representativa
De 20 a menos de 30 %	Media tiene representatividad
De 30 a menos de 40 %	Media cuya representatividad es dudosa
De 40% a más	Media carente de representatividad

Fuente: Métodos prácticos de inferencia estadística, Gildaberto Bonilla

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II:

2.- MARCO TEÓRICO

2.1.- Mampostería.

2.1.1.- Introducción

Para la confección de bloques de concreto solo se requiere materiales usuales, como son: gravilla, arena, cemento y agua, pudiendo ser por vibrado manual o automático con implementación de una mesa vibratoria 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.

Los bloques de concreto, que son elementos modulares y pre moldeados, están dentro de la categoría de mampuestos que en obra se manipulan a dos manos y son especialmente diseñados para la mampostería confinada y armada. Los bloques de concreto se emplean en la construcción de muros para viviendas (exteriores e interiores).

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

2.1.2.- Reseña histórica

Los inicios de la industria manufacturera relacionada con la fabricación de bloques de concreto se remontan al uso del adobe, como material estructural de mampostería, cuyos antecedentes se encuentran aproximadamente 4,000 A.C., en la Isla de Creta, Mesopotámica, Egipto y el Valle Indo.

En América los primeros orígenes del uso de este material se encontraron en Perú, México y Centroamérica. Durante mucho tiempo el adobe fue utilizado en construcciones urbanas de un piso, hasta que a inicios del siglo XIX en Inglaterra se origina uno de los grandes avances en el campo de la construcción, la fabricación del bloque de concreto. Estos bloques eran sólidos y sumamente pesados en los que se utilizaba la cal como material cementante.

La introducción del cemento Portland y su uso intensivo, abrió nuevos horizontes a este sector de la industria. A principios del siglo XX aparecieron los primeros bloques huecos para muros; la ligereza de estos nuevos bloques significa, por sus múltiples ventajas, un gran adelanto para el área de la construcción en relación a etapas anteriores.

El primer bloque de concreto fue diseñado en 1890 por Harmon S. Palmer en los Estados Unidos. Después de 10 años de experimentación, Palmer patentó el diseño en 1900. Los bloques de Palmer fueron de 20.3 x 25.4 x 76.2 cm. En 1905, aproximadamente 1500 compañías estadounidenses se encontraban manufacturando bloques de concreto.

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

A nivel mundial, el bloque como tal ha evolucionado desde un sistema artesanal constructivo, hasta los que se pueden ensamblar como si fueran piezas de lego, y se podría decir que la variación se ha dado también a sustituir parte de sus agregados, es el caso del bloque traslúcido.

La mayoría de los bloques tienen una o más cavidades y sus lados pueden ser planos o con algún diseño, la producción de los bloques de concreto se expande a pesar de su costo, ya que permite construir en menor tiempo y con mínimo mantenimiento.

Actualmente, las más modernas y eficientes máquinas para la elaboración de bloques de concreto utilizan el sistema de vibro compactación. Los bloques de concreto son principalmente usados como materiales de construcción de paredes. (Guevara, et. al., 2013)

2.1.2.1.- Hacia la actualidad

Con el avance de los entrepisos y techos de concreto reforzado (construidos como diafragmas rígidos), se pudo reducir el espesor de los muros, debido a la distribución de fuerzas horizontales de viento y sismo en función de la rigidez de los elementos verticales. Entonces en 1954, en Zurich se completó el primer edificio de muros portantes de mampostería diseñados racionalmente. Con una altura de 20 pisos y un espesor de muros de 32 centímetros. Posteriormente en Estados Unidos se construyó el edificio de mampostería reforzada de mayor altura, el hotel Excalibur de 28 pisos y un espesor de muros de 25 centímetros en Las Vegas Nevada.

Poco después, apareció la mampostería pretensada, que se difundió en los países de Europa y Norteamérica a partir de las experiencias de Gran Bretaña, permitiendo a la mampostería llegar a obras tales como silos, muros de contención y puentes.

Fue entonces que se desarrolló las unidades apilables para mampostería reforzada con acero, colocado tanto vertical como horizontalmente. Luego se implementó en muchos países, programas de investigación para el desarrollo de reglamentos y sistemas de construcción eficientes, y la incorporación de la mampostería como un curso en los currículos universitarios (Luis Miguel Córdón Bracamonte, 2013, pp 14-15).

2.1.3.- Definición de mampostería

La mampostería se define como un conjunto de unidades adheridas o conectadas por algún material como barro o mortero de cemento. Estas unidades pueden ser naturales (piedra) o artificiales (adobe, ladrillos o bloques). Este sistema fue creado por el hombre para satisfacer sus necesidades, principalmente de vivienda. De esta definición podemos concluir que la mampostería existe desde la antigüedad, probablemente en su primera forma como muros trabados con piedra natural o cementados con barro, conocida en nuestro medio como "pirca". (Bazán, et. al., 2017)

2.1.4.- Tipos de mampostería

La mampostería se clasifica de dos maneras: por su función estructural y por la distribución del refuerzo.

2.1.4.1.- Clasificación por su función estructural

Por la función que desempeñan los muros, se clasifican en portantes y no portantes:

2.1.4.1.1.- Muros no portantes

Se trata de estructuras que no están sujetas a cargas verticales, como vallas, parapetos y tabiques. Estos muros deben diseñarse básicamente para cargas perpendiculares a su plano provocadas por viento. Si las vallas se utilizan como elementos de cierre dentro de los límites de un edificio o terreno, los tabiques se utilizan como elementos divisorios ambientales en los edificios; mientras que los parapetos se utilizan como barandillas de escaleras, barandillas de techo, etc, (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006).

2.1.4.1.2.- Muros portantes

Se utilizan como elementos estructurales en edificios. Estos muros están sujetos a diversos tipos de requerimientos, tanto contenidos en el plano como perpendiculares al mismo, verticales y transversales, y permanentes o definitivos. (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006)

2.1.4.2.- Clasificación por la distribución del refuerzo

De acuerdo a la distribución del refuerzo, los muros se clasifican en:

- a) Muros no reforzados o de mampostería simple.
- b) Muros reforzados.

2.1.4.2.1.- Muros no reforzados o de mampostería simple

Son aquellos muros que carecen de refuerzo o que, teniéndolo, no cumplen con las especificaciones mínimas reglamentarias que debe tener todo muro reforzado. De acuerdo a la Norma E-070, su uso es limitado a construcciones de un piso.

2.1.4.2.2.- Muros reforzados (armados, laminares y confinado).

De acuerdo con la disposición del refuerzo, los muros se clasifican en:

- **Muros armados.** Son muros de mampostería armados con refuerzo en su interior. Teniendo el refuerzo distribuido a lo largo y alto del muro (refuerzo vertical y refuerzo horizontal). Requiriendo bloques especiales para el colocado del refuerzo vertical al interior de la unidad, o refuerzo horizontal, dependiendo del diámetro de la varilla podrá ir en las juntas del muro. El diámetro del refuerzo horizontal depende de la magnitud de la fuerza cortante que tiene que ser soportada íntegramente por el acero.
- **Muro laminar (“Sándwich”).** Este muro está constituido por una placa delgada de concreto (dependiendo del espesor, 1 a 4 pulgadas, se usa grout o concreto normal) reforzado con una malla de acero central, y por 2 muros de mampostería simple que sirven como encofrados de la placa. Debido a la adherencia que se genera entre el concreto y los muros de mampostería, así como por el refuerzo transversal que se emplea para la conexión de los dos muros, se logra una integración de todo el sistema. Sin embargo, en la única investigación experimental realizada en el Perú por el Ing. H. Gallegos,

utilizando ladrillos sílico-calcáreos, se observó un buen comportamiento elástico del muro laminar, con una elevada rigidez lateral y resistencia al corte; pero después de producirse el agrietamiento diagonal de la placa, ocurrió una fuerte degradación de resistencia y rigidez (falla frágil), debido principalmente a que los muros de mampostería se separaron de la placa, "soplándose".

- **Mampostería confinada.** La mampostería cerrada se caracteriza por muros simples de mampostería enmarcados por cadenas de hormigón armado, que se vacían después de la construcción. La mampostería y las columnas suelen estar conectadas mediante muescas; esta relación es una tradición peruana. Para ampliar el sistema se utiliza principalmente un parche de hormigón armado alrededor de la pared. Es decir, dándole la capacidad de deformarse de forma inelástica, lo que aumenta ligeramente la resistencia, ya que las vigas ("hoja", "vigas de collar", "collarines" o "vigas ciegas") y columnas son elementos de pequeñas dimensiones y apenas reforzados. Además, el pórtico actúa como elemento de soporte cuando la mampostería es sometida a un impacto perpendicular a su plano.

2.2.- Componentes de la mampostería

Los componentes presentes en la mampostería, ya sea esta Armada o Confinada son: las unidades de mampostería, el mortero, el Grout, el acero y el concreto. De los cuales solo se realizará el desarrollo teórico de las unidades de mampostería, mortero y el concreto puesto que son los únicos componentes presentes en el desarrollo de la investigación.

2.2.1.- Unidad de mampostería

2.2.1.1.- Características generales

- Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.
- Las unidades de mampostería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.

- Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.
- Las unidades de mampostería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días, que se comprobará de acuerdo a la NTP¹ 399.602.(Norma Técnica Española E 070, 2006)

2.2.1.2.- Clasificación

2.2.1.2.1.- Por sus dimensiones

- a) **Ladrillos.** Su principal característica es su reducido peso y reducidas dimensiones, que permiten sujetarlos con una mano en el proceso de asentado. Las piezas tradicionales deben tener entre 11 y 14 cm de ancho, 23-29 cm de largo y 6-9 cm de alto; peso con rango de 3 kg a 6 kg.
- b) **Los bloques.** A diferencia están hechos para ser manejados por las dos manos y puede llegar a pesar hasta los 15 kilogramos, su ancho no está determinado pues variara por los alveolos o huecos que tienen para ser manejados, claro que también son usados para la armadura o el concreto líquido.

2.2.1.2.2.- Por su materia prima

Las materias primas para la realización de mampostería, son diversas, desde la arcilla, concreto hasta llegar a mezclas con fibras que permitan desarrollar una unidad lo suficientemente resistente a la acción de las cargas.

a) Unidades de arcilla.

Llamadas comúnmente como ladrillos, su materia prima básica es la arcilla, que se pueden clasificar como calcáreas (alrededor del 15% de carbonato de calcio), produciendo ladrillos de color amarillo y no calcáreas (compuestas de silicato de alúmina y tienen de 2 a 10 por ciento de óxidos de hierro y feldespato), produciendo unidades de color rojo a salmón, dependiendo del contenido del óxido de hierro. Por lo general las mejores arcillas

¹ (NTP) Norma Técnica Peruana

para fabricar ladrillos son las impuras, con alrededor de 33% de arena y limo, reduciendo las contracciones y el agrietamiento en el momento del secado y la quema.

b) Unidades de concreto.

Se les da el nombre de bloques, de un color gris o gris verdoso, empleando para su formado el moldeo asistido por presión o vibración, o por una combinación de ambas. Por lo general, son una mezcla de cemento Portland, agregados graduados y agua, aunque algunas veces puede llevar otros materiales como pigmentos y agregados especiales. El producir unidades de concreto, consiste en obtener una resistencia adecuada con la mínima densidad y con el mínimo contenido de cemento.

2.2.1.2.3.- Por su fabricación

La fabricación es un conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas, razón por la cual difieren dependiendo de la materia a utilizar.

a) Unidades de arcilla.

Los aspectos más importantes a tomar en cuenta en el proceso de fabricación de ladrillos, son los siguientes:

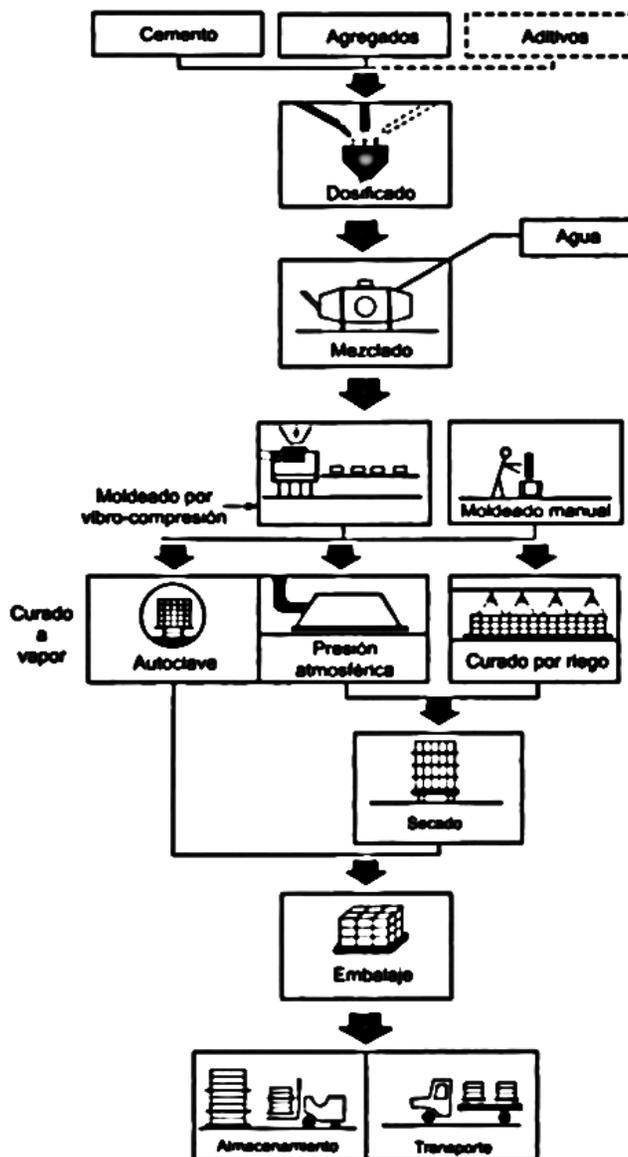
- Si se fabrican con moldes a presión elevada, deberá añadirse una cantidad no mayor al 10% en peso de agua, para producir una consistencia seca y tiesa, y si se hiciese por medio de extrusión, se le añada de 12 a 15 % en peso de agua.
- Los ladrillos al secarse se contraerán entre un 4 y 16 % en volumen, por lo cual los moldes deberán ser más grandes. Al no conocerse con certeza cuanto se contraerá provoca las variaciones de tamaños en las unidades.
- Los ladrillos luego de prensadas o extruidos presentan exceso de agua, razón por la cual deben pasar a un horno de secado antes del quemado. Debe evitarse el enfriado rápido (puede causar agrietamiento excesivo) y provocando en las unidades una contracción entre 2 y 8 % en volumen.
- El quemado se realiza entre 2 a 5 días, dependiendo de las propiedades de la arcilla, el tipo de unidad y las especificaciones del producto terminado; pasando por los procesos de deshidratación, oxidación y en algunos casos el de vitrificación.

- Luego deben de enfriarse las unidades de una forma controlada para evitar el agrietamiento excesivo.

b) Unidades de concreto.

Los aspectos más importantes a tomar en cuenta en el proceso de fabricación de bloques, son los siguientes:

Figura 1. Proceso de fabricación de unidades de concreto



Fuente: Gallegos (2005) [p. 94].

- La mezcla debe ser totalmente homogénea, debido al bajo contenido de cemento.
- En caso de máquinas ponedoras o estacionarias que distribuyen automáticamente el concreto en el molde, lo compacta y lo desmolde, la unidad descansa en una bandeja que sirve para su transporte hasta el lugar de maduración de las unidades y debe permanecer en la misma, hasta que pueda manipularse directamente.
- Debe darse una distribución del material en todas las partes del molde para evitar una unidad con distintas densidades en sus partes y resistencia.
- El ancho y largo de las unidades, solo se ve afectado por el desgaste del molde, mientras que la altura se ve afectada por el cabezal de vibración, por lo que deberá ser controlada.
- Después del desmolde, las unidades deben tratarse con cuidado hasta que alcancen la resistencia adecuada para su manipuleo, siendo posible mediante la maduración de las mismas por medio de curados húmedos o a condiciones ambientales normales.
- Luego de obtener la resistencia requerida, las unidades deben permanecer por lo menos 15 días secas para minimizar los efectos de contracción por secado. (El proceso se representa en la figura 1).

2.2.1.2.4.- Por la tipología

La tipología de las unidades de mampostería, no tiene nada que ver con el tamaño de las unidades, ni con la materia prima con la que se elaboran, por tanto, basándose en el área neta, como la medida en proporción a la superficie bruta de la cara de asiento y a las características de los agujeros.

- ***Solidas o macizas.*** Los alveolos están necesariamente perpendicular a la cara del asiento, que ocupan un área no mayor al 30% del área bruta, por lo cual para ser solido aún puede tener alveolos. En la aplicación de este tipo se considera para todas las propiedades las de la sección bruta, como el área,

modulo resistente y la inercia calculados en función del espesor y largo de la unidad sin tener en cuenta los alveolos. Generalmente las unidades artesanales son macizas por la facilidad de su fabricación, mientras que las que tienen alveolos son hechos en fábrica

- **Alveolares o huecas.** A diferencia de las sólidas los alveolos exceden el 30% del área bruta y en estas se puede rellenar con concreto líquido. En la aplicación de este tipo se considera para las propiedades las de la sección neta. Existen las perforadas dentro de esta categoría, que se caracterizan por tener alveolos reducidos no pueden ser rellenos ni armados.
- **Tubulares.** Tienen los alveolos paralelos a la cara de asiento. El tamaño de los alveolos será en relación al área bruta de la cara lateral.

2.2.2.- Mortero

2.2.2.1.- Definición

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de mampostería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 334.051. Sus principales usos o propósitos son:

- Servir de material de pega o colchón de las unidades de mampostería.
- Permitir a las unidades de mampostería ser colocadas y niveladas adecuadamente.
- Convertir 2 unidades o más en una sola.
- Proporcionar capacidad a compresión al sistema.
- Proporcionar capacidad de corte, esencialmente en la acción paralela al muro.
- Permitir un poco de desplazamiento y elasticidad entre las unidades de mampostería.
- Sellar las irregularidades que pudiesen tener las unidades de mampostería.
- Puede proveer de color al muro si se utilizase un aditivo colorante en el mismo.
- Podrían proporcionar una vista arquitectónica dependiendo de la junta que se trabaje.

Según la Norma ASTM C 270 (especificaciones para morteros de unidades de mampostería), existían originalmente 5 tipos de morteros que fueron denominados por las letras M, S, N, O y K; por las letras de la palabra MaSoNwOrK, que en español significa trabajo con mampostería. El tipo K actualmente ya no es utilizado ni en las normas de materiales ni en códigos. El desempeño de la mampostería se ve influenciado por varias propiedades dependiendo del mortero a utilizar, estas pueden ser trabajabilidad, retención de agua, fuerza de unión, durabilidad, extensibilidad, y resistencia a la compresión; por lo tanto, es importante la selección del apropiado tipo de mortero a utilizar para cada una de las aplicaciones que se le den. Las tablas 12 y 13, sirven como guías para la selección del tipo de mortero a utilizar, debiéndose considerar además los códigos de construcción y prácticas ingenieriles aplicables en cada lugar

2.2.2.2.- Mortero con cal

Se prepara con cemento, cal, arena y agua. Este tipo de mortero ofrece las propiedades de ambos componentes, el cemento que le da una alta resistencia a la compresión y la cal, aunque reduce un poco la resistencia a la compresión aumenta la retención de agua y reduce el agrietamiento.

2.2.2.3.- Mortero con cemento

Adecuado para aquellas partes o elementos de las construcciones sometidas a fuertes solicitaciones estáticas y en la que puede influir intensamente la humedad, al hacerse con cemento hidráulico, este tipo ofrece una mejora a la resistencia a la flexión de las uniones.

Tabla 12. Guía para la selección de morteros para mampostería

Ubicación	Segmento de la edificación	Tipo de mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior, sobre nivel	Muros portantes	N	S o M
	Muros no portantes	O	N o S
	Muros de parapetos	N	S
Exterior, al o bajo el nivel	Muros de cimentación, muros de pozos de visita, pavimentos, pasillos.	S	M o N
interior	Muros portantes	N	S o M
	Particiones no portantes	O	N

Fuente: ASTM. Norma C 270.

2.2.2.4.- Componentes

- a) Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:
- Cemento Portland o cemento adicionado normalizados y cal hidratada normalizada de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.
- b) El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 14. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

Tabla 13. Tipos de mortero por clase de construcción

Designación del tipo de mortero	Situación constructiva
M	Mampostería sujeta a grandes cargas axiales, altas cargas laterales provenientes de presiones del suelo o nieve, vientos de huracanes o terremotos. Estructuras por debajo del grado de muros de contención.
S	Estructuras que requieren una alta fuerza de flexión en las uniones y sujetas a cargas de compresión y laterales.
N	Uso general en cualquier grado de mampostería. Construcción residencial. Particiones no estructurales.
O	Muros y particiones no portantes. Mampostería con un esfuerzo a compresión no mayor que 7 kg/cm ² (100psi) y no sujeto a las inclemencias del clima.

Fuente: AMRHEIN, James E. Reinforced masonry engineering handbook. p. 10.

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.
- No deberá emplearse arena de mar.

Tabla 14. Límites de granulometría de la arena

Malla ASTM	% Que Pasa
N.º 4 (4,75 mm)	100
N.º 8 (2,36 mm)	95 a 100
N.º 16 (1,18 mm)	70 a 100
N.º 30 (0,60 mm)	40 a 75
N.º 50 (0,30 mm)	10 a 35
N.º 100 (0,15 mm)	2 a 15
N.º 200 (0,075 mm)	menos de 2

Fuente: Norma E-070, resolución ministerial N° 011-2006-vivienda, 2006

- c) El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

2.2.2.5.- Clasificación para fines estructurales

Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes (ver la Tabla 15).

2.2.2.5.1.- Proporciones

Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 15.

Tabla 15. Tipos de mortero

Componentes				Usos
Tipo	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: Norma Técnica E-070 de Albañilería, 2006

- a) Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de mampostería, o morteros industriales (embolsado o premezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos.
- b) De no contar con cal hidratada normalizada, se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 15.

2.2.3.- Concreto líquido o grout

2.2.3.1.- Definición

El concreto líquido o Grout es un material de consistencia fluida que resulta de mezclar cemento, agregados y agua, pudiéndose adicionar cal hidratada normalizada en una proporción que no exceda de 1/10 del volumen de cemento u otros aditivos que no disminuyan la resistencia o que originen corrosión del acero de refuerzo. El concreto líquido o grout se emplea para rellenar los alvéolos de las unidades de mampostería en la construcción de los muros armados, y tiene como función integrar el refuerzo con la mampostería en un sólo conjunto estructural.

Para la elaboración de concreto líquido o grout de mampostería, se tendrá en cuenta las Norma E.070

2.2.3.2.- Clasificación

El concreto líquido o grout se clasifica en fino y en grueso. El grout fino se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos de la unidad de mampostería sea inferior a 60 mm y el grout grueso se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos sea igual o mayor a 60 mm.

2.2.3.3.- Componentes

- a) Los materiales aglomerantes serán:
Cemento Portland o cemento adicionado normalizados y cal hidratada normalizada de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.
- b) El agregado grueso será confitillo que cumpla con la granulometría especificada en la Tabla 16. Se podrá utilizar otra granulometría siempre que los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

Tabla 16. Límites de granulometría del agregado grueso

Malla ASTM	% Que Pasa
1/2 plg	100
3/8 plg	85 a 100
N.º 4 (4,75 mm)	10 a 30
N.º 8 (2,36 mm)	0 a 10
N.º 16 (1,18 mm)	0 a 5

Fuente: Norma Técnica E-070 de Albañilería, 2006.

- El agregado fino será arena gruesa natural, con las características indicadas en la Tabla 16.
- El agua será potable y libre de sustancias, ácidos, álcalis y materia orgánica.

2.2.3.4.- Preparación y fluidez

Los materiales que componen el grout (ver la Tabla 17) serán batidos mecánicamente con agua potable hasta lograr la consistencia de un líquido uniforme, sin segregación de los agregados, con un revenimiento medido en el Cono de Abrams comprendido entre 225 mm a 275 mm.

2.2.3.5.- Resistencia

El concreto fluido (grout) tendrá una resistencia mínima a compresión $f_c' = 13,72\text{MPa}$ (140 kg/cm²). La resistencia a compresión f_c' será obtenida de acuerdo a la NTP 399.623.

2.3.- Bloques de concreto

Al respecto, (Arrieta, J & Peñaherrera, E., 2001). Mencionan que Los bloques de concreto, que son elementos modulares y premoldeados, están dentro de la categoría de mampuestos que en obra se manipulan a mano, y son especialmente diseñados para la mampostería confinada y armada. Los bloques de concreto se emplean en la construcción de muros para viviendas (exteriores e interiores), parapetos, muros de contención, sobrecimientos. La mampostería confinada con bloques de concreto, de manera similar que cuando se utiliza ladrillo cerámico, requiere de vigas y columnas de confinamiento. En el caso de la mampostería armada con bloques de concreto, se requiere de acero de refuerzo vertical regularmente distribuido, a lo largo del muro, de los alvéolos de las unidades; por su parte, el acero de refuerzo horizontal, cuando es necesario, se aloja en las juntas pudiendo, los bloques, presentar o no detalles para su colocación. La ventaja con este tipo de unidad de

mampostería es que por su tamaño proporciona una economía en el tiempo de ejecución, en la utilización de mano de obra y en la cantidad de mortero necesaria, lo que conduce a un abaratamiento del costo de producción, además reduce el número de juntas. La transmisión de calor a través de los muros es un problema que se presenta en las zonas cálidas y en las frías, siendo así más conveniente el empleo de cavidades con aire en el interior de los muros permitiendo que se formen ambientes más agradables.

a. Ventajas

En base a la investigación de Arrieta & Peñaherrera (2001). La construcción con bloques de concreto presenta ventajas económicas en comparación con cualquier otro sistema constructivo tradicional, la que se pone de manifiesto durante la ejecución de los trabajos y al finalizar la obra. Si se compara un muro de bloques de concreto con un muro de ladrillo de espesor equivalente, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Eliminación de fisuras por cortes de instalaciones.
- Menor costo por metro cuadrado de muro, originado en la menor cantidad de ladrillos.
- Menor cantidad de mortero de asiento.
- Mayor rendimiento de la mano de obra debido a la menor cantidad de movimientos necesario para levantar un metro cuadrado.
- Debido a la excelente terminación que presentan los bloques fabricados por vibro compactación, es posible e inclusive recomendable, dejarlos a la vista, con el consiguiente ahorro en materiales y mano de obra correspondientes a las tareas de revoque y terminación.

b. Desventajas.

- La principal desventaja que muestra es su excesiva rigidez, lo que hace resistir mal los movimientos sísmicos. Un muro construido con bloques de concreto es menos flexible que uno de ladrillo solo. Otra desventaja, que se agrava con la falta de estuco, es su insuficiente aislación de su humedad exterior, entiendo lluvioso, el bloque de concreto no es capaz de impedir el paso de la humedad hacia el interior de la habitación.
- No se pueden cortar con facilidad; si se cortan mal se vuelven frágiles.

- Requieren de la proyección de armaduras transversales y verticales. Son relativamente pesados.

Tabla 17. Composición volumétrica de Grout

Concreto Líquido	Cemento	Cal	Arena	Confitillo
Fino	1	0 a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los volúmenes de los aglomerados	-----
Grueso	1	0 a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los aglomerados	1 a 2 veces la suma de los aglomerantes

Fuente: Norma Técnica E-070 de Albañilería, 2006

2.3.1.- Generalidades del bloque de concreto en Tarija

Los Bloques de Hormigón en el mercado local se cuenta únicamente con CONCRETEC que son elementos premoldeados destinados a la construcción de muros y tabiques, que pueden ser portantes o de cerramiento. Son fabricados a través de un sistema de última generación dentro de la más avanzada tecnología que imprime una potente vibro compactación a los bloques, produciendo bloques con alta regularidad en sus dimensiones, óptima resistencia a compresión, baja absorción de humedad y excelente baja absorción de humedad y excelente aislamiento térmico y acústico. En la tabla 18 se tiene los diferentes productos que se puede encontrar en el mercado local producidos por CONCRETEC.

2.3.1.1.- Usos y aplicaciones

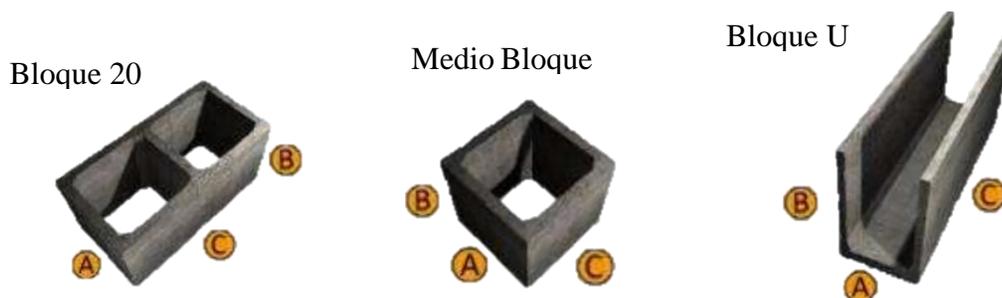
Los Bloques de Hormigón vibro compactados son aptos para todo tipo de mampostería, este producto ha alcanzado un alto desarrollo a nivel mundial, justificado por sus ventajas constructivas y su gran versatilidad de usos en viviendas, edificios, diversidad de muros, cierres de tinglados industriales y otros. Por su capacidad portante pueden ser utilizados en mamposterías reforzadas con armadura distribuida, eliminando estructuras tradicionales como vigas y columnas.

Tabla 18. Dimensiones de bloques de concreto

CODIGO	PRODUCTO	DIMENSIONES (cm)			RENDIMIENTO	PESO Prom. (Kg/Pza.)
		A	B	C		
101900	Bloque P/Muro 10x20x40 cm	9	19	39	12.5(Pza./m ²)	11.2
101901	Bloque P/Muro 12x20x40 cm	12	19	39	12.5(Pza./m ²)	12.5
101902	Bloque P/Muro 15x20x40 cm	14	19	39	12.5(Pza./m ²)	13.0
101903	Bloque P/Muro 20x20x40 cm	19	19	39	12.5(Pza./m ²)	16.2
101904	Medio Bloque 10x20x20 cm	9	19	19	25(Pza./m ²)	5.1
101905	Medio Bloque 12x20x20 cm	12	19	19	25(Pza./m ²)	5.2
101906	Medio Bloque 15x20x20 cm	14	19	19	25(Pza./m ²)	7.6
101907	Medio Bloque 20x20x20 cm	19	19	19	25(Pza./m ²)	8.1
101909	Bloque U 12x20x40 cm	12	19	39	2.5(Pza./ml)	13.6
101910	Bloque U 15x20x40 cm	14	19	39	2.5(Pza./ml)	16.2
101911	Bloque U 12x20x40 cm	19	19	39	2.5(Pza./ml)	18.7

Fuente: CONCRETEC, 2016, Ficha Técnica

Figura 2. Tipos de bloque de concreto



Fuente: CONCRETEC, 2016, Ficha Técnica

2.3.1.2.- Recomendaciones de colocado

Se recomienda utilizar una dosificación de 1:6 (cemento: arena) para el mortero de unión entre las piezas, esta unión debe ser de máximo 10 mm de espesor para lograr una adherencia óptima. Se deberá iniciar el trabajo con un replanteo de la primera hilada a junta seca (sin mortero y con junta libre de mortero y con junta libre de 1 cm) a fin de verificar la modulación del tramo.

Una vez colocada la regla se podrá levantar la primera hilada sobre una capa de mortero de 4 cm de espesor sobre la fundación, de ancho igual al espesor del muro. Los bloques se colocan con las paredes más gruesas hacia arriba, para contar con mayor superficie de contacto del mortero. El mortero horizontal deberá ser colocado únicamente en los lados interior y exterior del bloque. El mortero vertical se colocará sobre el bloque antes de su puesta en el muro o puesta en el muro o bien se podrá colocar mediante bien se podrá colocar mediante extrusión cada tres extrusión cada tres hiladas.

Figura 3. Colocado de hiladas



Fuente: CONCRETEC, 2016, Ficha Técnica

Se debe verificar la nivelación vertical y horizontal a medida que se levanta el muro. Cuando el mortero esté semiduro, las juntas se conforman con un fierro curvado liso de 10 mm de diámetro. Luego deben eliminarse los excedentes con una brocha seca.

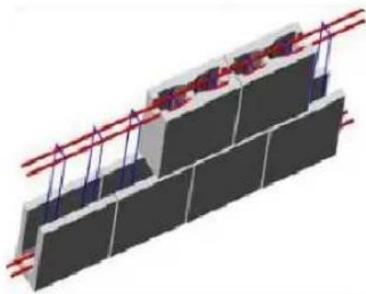
Es posible utilizar armaduras verticales y horizontales para sustituir vigas y columnas o para mejorar las resistencias de cargas en los muros.

Figura 4. Colocado de armadura vertical



Fuente: CONCRETEC, 2016, Ficha Técnica

Figura 5. Colocado de armadura horizontal



Fuente: CONCRETEC, 2016, Ficha Técnica

Una vez armado el acero estructural en el interior del bloque se debe rellenar los huecos con hormigón de una resistencia superior a 140 Kg/m².

Los bloques de sección U son ideales para el armado de vigas o dinteles en puertas y ventanas.

2.3.1.3.- Ventajas

Según CONCRETEC al emplear el uso de bloques de concreto se obtendrá las siguientes ventajas:

- Reducción de costos de ejecución.
- Menor consumo de materiales.
- Alta resistencia y estabilidad estructural.
- Aislamiento térmico y acústico.
- Aislamiento hidrófugo y durabilidad.
- Resistencia al fuego.

- Eliminación de revoque.
- Eliminación de fisuras por cortes de instalaciones.
- Mejor apariencia estética

2.4.- Breve resumen del marco normativo

2.4.1.- Norma Técnica Española 070

Esta Norma es compatible con las Normas Peruanas, establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de mampostería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.

Para estructuras especiales de mampostería, tales como arcos, chimeneas, muros de contención y reservorios, las exigencias de esta Norma serán satisfechas en la medida que sean aplicables.

Los sistemas de mampostería que estén fuera del alcance de esta Norma, deberán ser aprobados mediante Resolución del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento luego de ser evaluados por SENCICO.

2.4.2.- Método de muestreo y ensayo de unidades de mampostería de concreto

Basado en la NTP 399.604.

2.4.2.1.- Definición

Esta norma Técnica Peruana se aplica al control de calidad de los bloques de concreto con huecos, utilizados como unidades de mampostería estructural y no estructural y a los ladrillos de concreto.

Para los efectos de la presente Norma Técnica Peruana se aplican las definiciones dadas en las NTP 399.602 Y NTP 399.601.

2.4.2.2.- Medición de dimensiones

Medir todas las dimensiones con una regla de acero graduada en divisiones de 1,0mm. Los espesores de las paredes laterales y los tabiques se medirán con un calibre Vernie (pie de rey), graduado en divisiones de 0,4 mm y con quijadas de no menos de 12,7 mm ni más de 25,4 mm de longitud.

- Se medirán cinco unidades enteras para el ancho, la altura, longitud, y los mínimos de las paredes laterales y tabiques (los mismos especímenes podrán utilizarse en otros ensayos).
- Para cada unidad, se medirá y registrará, el ancho (A) en la longitud media de las superficies de apoyo superior e inferior, la altura (H) en la longitud media de cada cara, y la longitud (L) en la altura media de cada cara.
- Para cada unidad, se medirá el espesor de la pared lateral y el espesor del tabique en la parte más delgada de cada elemento a 12,7 mm encima del plano de la cama de mortero y a la división más cercana de la regla o calibrador. Cuando la parte más delgada lateral opuesta de la pared difiera en espesor por lo menos en 3,0 mm, promediar sus medidas para determinar el espesor mínimo de la pared lateral de la unidad. No considerar los surcos de la banda, los empalmes simulados, y detalles similares en las mediciones.

Tabla 19: Tolerancia de variación de dimensiones

CLASE	VARIACIONES DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaie)		
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Mas de 150 mm
Bloque P	± 4	± 3	± 2
Bloque NP	± 7	± 6	± 4

Fuente: Norma E.070:2006

2.4.2.3.- Alabeo

Para la determinación del alabeo se realizó en 10 unidades de mampostería, según el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.613.

Es un defecto que tiene los bloques de presentar una deformación superficial en sus caras; el alabeo se presenta como concavidad o convexidad. Para medir la concavidad, se coloca el borde recto de la regla longitudinalmente, y se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima: Para la medición de la convexidad se apoya el bloque sobre una superficie plana, se introduce en cada vértice opuestos diagonalmente en dos aristas, buscando el punto para la cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida

Tabla 20: Maxima tolerancia de alabeo

CLASE	ALABEO (máximo en mm)
Bloque P	4
Bloque NP	8

Fuente: Norma E.070:2006

2.4.2.4.- Absorción

Se utilizará cinco unidades enteras (bloques de concreto) que hayan sido marcadas, pesadas y registradas. Las pruebas serán realizadas en unidades enteras cuando los resultados de la prueba deben ser utilizados para determinar el contenido de humedad o espesor equivalente². En la tabla 21 se tiene el límite del porcentaje de absorción para un bloque de concreto.

Tabla 21: Absorción máxima para bloque de concreto

Absorción, max. % (Promedio de 3 unid)
12

Fuente: NTP 399.602: 2002

2.4.3.- Resistencia mecánica

2.4.3.1.- Resistencia a compresión por unidad

Serán ensayadas 5 unidades en compresión. Después de la llegada al laboratorio, almacene (no apiladas y separadas por no menos de 13 mm en todos sus lados) en aire a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de menos de 80 % por no menos de 48 horas. Los especímenes serán unidades enteras excepto según lo modificado en los apartados siguientes.

² El espesor equivalente para la albañilería de concreto se define como el espesor promedio del material solido en la unidad.

Las proyecciones sin apoyo que tienes una longitud mayor que su espesor serán removidas por cortadora. Para unidades con tabiques rebajados, se cortarán las caras laterales al mismo nivel para proporcionar una superficie de sustento completa sobre la sección transversal neta de la unidad. Cuando la altura de la unidad que resulta quede reducida por más de un tercio de la altura original de la unidad.

Cuando las unidades enteras para un ensayo de compresión sean demasiado grandes para los bloques de la máquina de ensayo o excedan la capacidad de carga de la misma, cortar las unidades para adecuarlas correctamente con las capacidades de la maquina e ensayo. El espécimen resultante no tendrá proyecciones de las caras laterales ni tabiques irregulares y constará de celda o celdas completas de 4 caras. La resistencia a la compresión del segmento será considerada como la resistencia a la compresión de la unidad entera.

Tabla 22: Resistencias a compresión de unidad de mampostería

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg/cm²)		
Materia prima	Denominación	Unidad f' b
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)
	King Kong Industrial	14,2 (145)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)
Sílice-cal	King Kong Normal	14,7 (160)
	Dédalo	14,2 (145)
	Estándar y mecano	14,2 (145)
Concreto	Bloque Tipo P	4,9 (50)
		6,4 (65)
		7,4 (75)
		8,3 (85)

Fuente: Norma E.070:2006

2.4.3.2.- Resistencia a compresión axial en pilas.

Esta Norma Técnica Peruana 399.605 establece los procedimientos para la fabricación y ensayo de prismas de mampostería, y los cálculos para determinar la resistencia en compresión, f_m , utilizada para la determinar el cumplimiento con la resistencia a la compresión especificada para la mampostería, f'_m . Cuando este método de ensayo es

usado con propósitos de investigación, los procedimientos de fabricación y ensayo contenidos, servirán como referencia para proporcionar parámetros de control. Este método también cubre los procedimientos para determinar la resistencia a la compresión de primas obtenidos a partir de muestras eliminadas en obras de mampostería.

2.4.3.2.1.- Muestra

Una muestra consiste de por lo menos tres prismas contruidos del mismo material y ensayados a la misma edad.

2.4.3.2.2.- Condiciones Generales

Este método de ensayo proporciona un medio para evaluar las características de resistencia a la compresión de la construcción en mampostería en campo, a través de pruebas de los prismas obtenidos a partir de aquella construcción cuando es muestreada de acuerdo con la práctica de la ASTM C 1532. Las decisiones tomadas en la preparación de tales prismas extraídos de los resultados de las pruebas de compresión requieren el juicio profesional. Si este método de ensayo especificado en la presente NTP es usado como referencia en investigación para determinar los efectos de diversos parámetros en la resistencia en compresión de la mampostería, se permitirán desviaciones del mismo, en tanto estas sean reportadas. Estos prismas de investigación no serán usados para verificar el cumplimiento de la resistencia en compresión especificada de la mampostería.

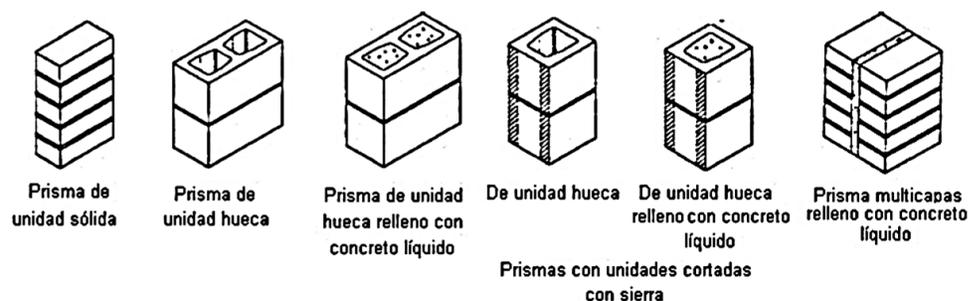
2.4.3.2.3.- Construcción de prismas de mampostería

Se construirán los prismas con unidades representativas de aquellas usadas en la construcción. Si las unidades tienen pestañas, estrías o nervaduras que se proyecten 12,5 mm o más de la superficie de la unidad, se removerán esas salientes mediante corte con sierra. Cuando los prismas se utilizan para el control en obra de la calidad o seguridad, registrar la ubicación en la estructura que se corresponde con conjunto de prismas contruidos.

Se construirá los prismas como se muestra en la figura 6, con las unidades asentadas en forma de pila (una sobre la otra). Se colocarán las unidades en el prisma en la misma posición usada en la correspondiente construcción. En el momento de la construcción del prisma, las superficies de las unidades deberán estar libres de humedad. Donde la construcción correspondiente es de multi-Wythe de albañilería con Wyths compuestos de

diferentes unidades o morteros, construir prismas representativos de cada diferente Wythes y analizarlos por separado.

Figura 6. Construcción de prismas de mampostería



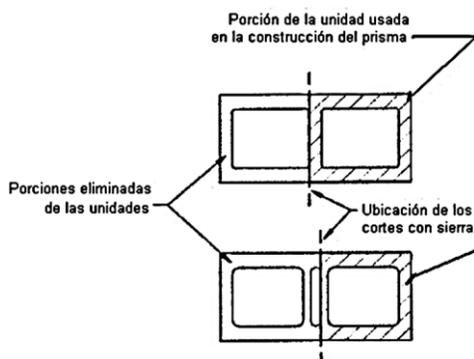
Fuente: INDECOPI, 2013, NTP 399.605 Resistencia a la compresión de prismas en albañilería.

Construir los prismas con las unidades de longitud de tamaño completo o reducido. Cualquier corte requerido con sierra se llevará a cabo en las unidades antes de la construcción del prisma. El contenido de humedad de las unidades utilizadas para la construcción de los prismas deberá ser representativo de aquellos utilizados en la construcción. Los prismas compuestos de unidades huecas que contienen celdas cerradas tendrán por lo menos una celda completa con el espesor total de sus paredes abiertas, tendrán la sección transversal lo más simétrica posible. La longitud mínima de los prismas será de 100 mm.

Se fabricarán los prismas de mampostería con capas completas de mortero, colocando mortero en todo el perímetro y en las almas interiores de las unidades huecas. Se utilizarán el espesor de junta de mortero y el método de posicionar y alinear la unidad que sean representativos de la correspondiente construcción. Usar las juntas de mortero que se cortan al ras. En los prismas que serán llenados con concreto líquido, se deberán remover las rebabas de mortero que sobresalgan dentro del espacio a ser llenado con el concreto líquido.

Se fabricarán los prismas con una altura mínima de dos unidades, con una relación alto-espesor, hp/tp , entre 1,3 y 5,0.

Figura 7. Corte de unidades huecas antes de la construcción de prismas

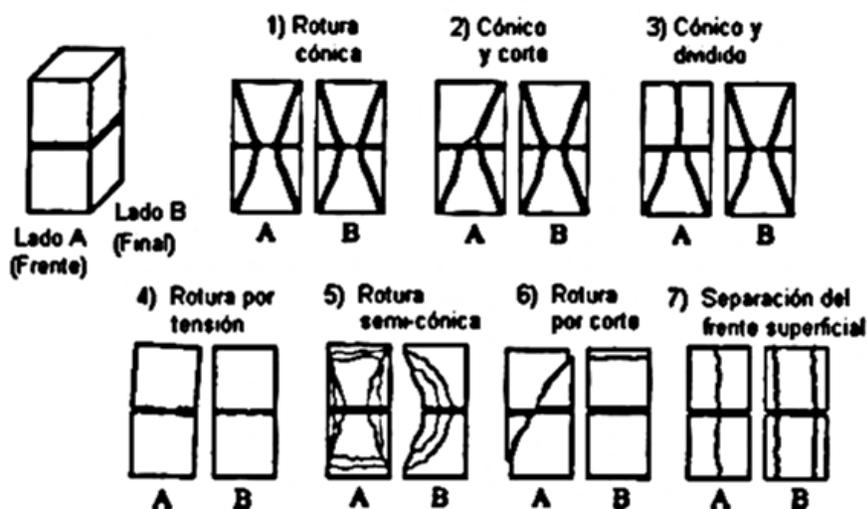


Fuente: INDECOPI, 2013, NTP 399.605

2.4.3.2.4.- Observaciones

Describir el modo de falla tan extensamente como sea posible, o ilustrar, o ambos, los patrones de grieta, y despostillamiento en un esquema o fotografía. Tenga en cuenta si el hecho se produjo en un lado o uno de los extremos del prisma antes de la fractura de la parte contraria o al final del prisma. Identificar el modo de fallo utilizando la figura 8.

Figura 8. Esquema de tipo de falla



Fuente: INDECOPI, 2013, NTP 399.605

Tabla 23: Resistencias a compresión en pilas de unidad de mampostería

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg/cm²)		
Materia prima	Denominación	Pilas f'm
Arcilla	King Kong Artesanal	3,4 (35)
	King Kong Industrial	6,4 (65)
	Rejilla Industrial	8,3 (85)
Sílice-cal	King Kong Normal	10,8 (110)
	Dédalo	9,3 (95)
	Estándar y mecano	10,8 (110)
Concreto	Bloque Tipo P	7,3 (74)
		8,3 (85)
		9,3 (94)
		11,8 (120)

Fuente: Norma E.070:2006

2.4.4.- Compresión diagonal en muretes de mampostería

Esta Norma Técnica Peruana 399.621 establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión diagonal (corte), en muretes de mampostería, mediante la aplicación de una carga de compresión a lo largo de una diagonal (véase figura 9), originado de esa manera una falla por tracción diagonal que hace que el espécimen se fisure en la dirección paralela a la aplicación de la carga.

2.4.4.1.- Condiciones Generales

Esta norma se aplicará a unidades de mampostería como ser ladrillo y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, celular o tubular.

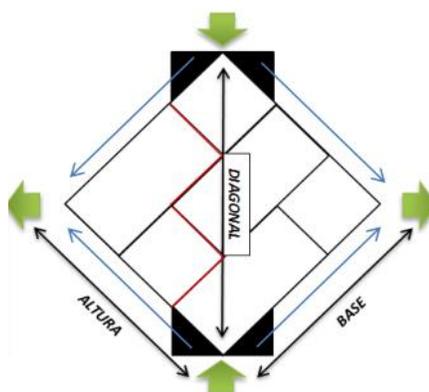
El prisma estándar, es un murete cuadrado que se hace de la mampostería cuyas características se quiere determinar y del espesor del muro investigado. Es de importancia que mientras que mas grande sea el murete, los resultados serán más confiables, debido a que los puntos de medición se encuentran más separados, acercándose más a la realidad y porque los resultados tienen menos variabilidad. En dispositivos de transferencia de la carga uniformemente a las superficies de contacto de la mampostería para evitar fallas localizadas. El ensayo consiste cargar diagonalmente el murete con una carga de compresión creciente y a un ritmo controlado hasta la ruptura.

Este método de ensayo fue desarrollado para medir con mayor precisión de la que era posible con otros métodos, la resistencia a la compresión diagonal (corte) de la mampostería. El tamaño del espécimen ha sido elegido como el menor tamaño que sería razonablemente representativo de un muro de mampostería a escala natural, y que permitiría el uso de máquinas de ensayo, tales como las que se emplean en muchos laboratorios.

2.4.4.2.- Especímenes de Ensayo

El tamaño y forma de los especímenes serán muretes cuadrados con una dimensión mínima de 600 mm x 600 mm, abarcando por lo menos dos unidades enteras de mampostería por hilada, por el espesor del tipo de muro que está siendo ensayado.

Figura 9. Ensayo de murete de mampostería a corte

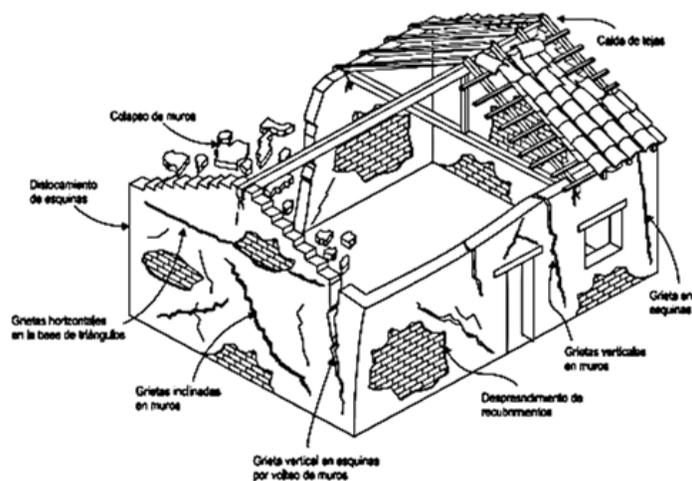


Fuente: Gallegos, Albañilería estructural, p.238

Los ensayos se harán en por lo menos tres muretes iguales, construidos utilizando en toda la misma unidad de mampostería, mortero y mano de obra. En el caso de mampostería armada, se deberán ensayar muretes que tengan la misma característica que se usara en obras, en cuanto al relleno o no con concreto líquido de las unidades, de acuerdo a lo especificado en el proyecto estructural.

En el caso de muretes construidos con unidades con perforaciones, se deberá rellenar con mortero de cemento-arena 1: 3, las unidades en contacto con las escuadras de carga.

Figura 10. Efecto de sismo en estructura de mampostería

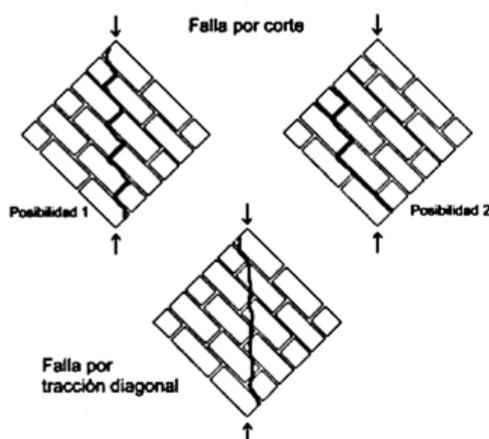


Fuente: RUIZ.J., p. 165

2.4.4.3.- Modos de falla

El modo de falla del prisma, es generalmente por corte o por tensión diagonal. Esto ocurre de manera frágil al producirse la primera grieta. Cuando las unidades son huecas o perforadas, o de muy reducida resistencia, el prisma puede fallar por aplastamiento causado por la compresión diagonal; esta falla puede ser de características explosivas.

Figura 11. Formas de falla de los muretes de corte



Fuente: Gallegos. Albañilería estructural, p. 240

En general, cuando no hay precompresiones o estas son muy reducidas, la falla tiende a ocurrir siguiendo las juntas horizontales y verticales, como se muestra en la figura 11, a un ángulo aproximado de 45 grados sexagesimales con la hilada. Cuando se aplican

precompresiones, las grietas pueden atravesar unidades, y el ángulo de falla se hace dependiente de su magnitud.

2.4.4.4.- Teoría de Falla

La resistencia a cortante del prisma sometido a compresión diagonal, depende de la solución de un problema de elasticidad bidimensional para un material no homogéneo y del conocimiento de la envolvente biaxial de la mampostería. Sin embargo, si se reconocen las limitaciones de las teorías de falla aplicables, da materiales isotrópicos y homogéneos cuando el prisma falla por las juntas, estas teorías tradicionales son útiles para evaluaciones cualitativas y comparativas.

2.4.4.5.- Influencia

Son los efectos, consecuencias o cambios que producen determinados aspectos en la mampostería, haciéndose más o menos resistentes a la aplicación de las cargas.

2.4.4.5.1.- Resistencia a la compresión de la mampostería

Se han tratado de relacionar los valores de las resistencias a corte ($V'm$), con el valor de la resistencia a la compresión ($f'm$), pudiendo establecer que la relación es inversamente proporcional, ya que las condiciones que aumentan la resistencia a corte de la mampostería, disminuyen la resistencia a la compresión del mismo.

Tabla 24: Resistencias al corte

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg/cm²)		
Materia prima	Denominación	Muretes $V'm$
Arcilla	King Kong Artesanal	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	1,0 (9,7)
	Dédalo	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P	0,8 (8,6)
		0,9 (9,2)
		1,0 (9,7)
		1,1 (10,9)

Fuente: Norma E.070:2006.

2.5.- Método ACI 211.1 de dosificación del bloque hormigón

El método proporcionado por el comité ACI 211.1, ha sido utilizado para el diseño de mezclas de concreto normal (2.240 a 2,400 Kg/m³) en general, alcanzando su máxima optimización con el uso de la relación agua/cemento (A/C), siguiendo recomendaciones de otras bibliografías lo recomendable para la elaboración de bloques esta relación deberá ser 0,5.

Se puede apreciar que para el diseño de mezclas se recurre tanto a datos reales como a datos empíricos o de experiencias previas y que, con la ayuda de tablas, gráficas y ábacos, se obtiene una guía para alcanzar combinaciones óptimas de materiales.

Frecuentemente, las proporciones existentes que no contienen aditivos y/o otros materiales diferentes al cemento hidráulico, son llevados a cabo para incluirles dichos materiales. El funcionamiento de los repro-portionamientos del hormigón debe verificarse a través de mezclas de prueba en laboratorio o en el campo.

2.6.- Reciclaje de plástico

Las posibles vías de reutilización de los plásticos son de diferente naturaleza, abarcando desde su reciclado directo, incineración con o sin recuperación energética, hasta su transformación en productos más nobles y de mayor valor agregado mediante el reciclaje químico. La selección del procedimiento para el reciclado depende de su composición, legislación medioambiental, precio de las materias vírgenes y estrategias de reciclaje. (Ramirez D. 2011)

2.6.1.- Tipos de reciclaje

2.6.1.1.- Reciclado químico

Se define como la ruptura de los residuos plásticos en fracciones utilizables para su posterior transformación en monómeros u otros productos químicos.

2.6.1.2.- Recuperación energética

Aquellos productos y materiales que no pueden ser reciclados de una forma económica y medio ambientalmente viable son generalmente incinerados bajo condiciones controladas para la obtención de energía. (Ramirez D. 2011)

2.6.1.3.- Reciclado mecánico

Este proceso es menos costoso que el reciclado químico, está dirigido a la recolección y separación de envases, trituración, lavado y extrusión del material polimérico. Con este proceso se obtienen hojuelas que mediante la acción del calor se utiliza para obtener nuevas piezas. Así mismo, estas hojuelas se emplean como agregado fino en concretos para disminuir costos en obra.

El proceso de reciclaje mecánico es fundamentalmente el mismo para los distintos plásticos.

Argueta (2006), definió el proceso en los siguientes pasos:

- **Acopio.** Las botellas de PET para reciclado provienen de programas de recolección y de acopiadores ambulantes, éstos contribuyen, a limpiar las calles y a reducir las cantidades de residuos que llegan al relleno sanitario. Idealmente, la separación de desechos se debe hacer por los consumidores, antes del recojo de desechos y una vez separados llevarlos a centros de acopio, a falta de una recolección diferenciada, el papel de los recolectores es fundamental.

- **Compactado.** El material se compacta para reducir su volumen y así facilitar su transporte y almacenamiento. Generalmente las dimensiones de estos bloques o pacas de PET es de 153 x 130 x 85 cm., donde cada una podría alcanzar un peso de 200 a 600 kg, según el grado de compactación o la eficiencia del prensado. Cuando se realiza el compactado, las pacas deben ser posteriormente abiertas y picadas tal como llegan a la planta, es decir con tapas y etiquetas. Sin embargo, cuando a la planta llegan botellas sueltas, el volumen es mayor, pero la posibilidad de realizar el des etiquetado y destapado permiten obtener un producto más fácil de tratar.

- **Molido.** Se realiza el molido (o picado) para facilitar la separación de los diferentes tipos de polímeros del material (si es que éste ha sido compactado) y la limpieza del material picado. En la reducción de tamaño del PET puede llegarse a obtener hojuelas de media, un cuarto de pulgada o finalmente polvo, según el diseño y el tipo de molino del que se disponga.

- **Separación.** La separación libera al PET de diferentes tipos de materiales, como otros tipos de polímeros, metales, vidrio o papel. Si existiesen familias de polímeros inmiscibles juntas, las unas crearán fases dentro de las otras y durante el procesado puede existir

degradación o quemado, éstos perjudicarían el proceso de reciclaje; y si existiesen partículas metálicas afectarían la calidad del producto. La macro separación se hace destapando y des etiquetando la materia prima completa (botellas desechadas) manualmente. La micro separación se hace por una propiedad física específica como el tamaño, peso o densidad. La separación molecular, involucra procesar el plástico por disolución y luego separar los plásticos basados en temperatura. Otra alternativa es tener sistemas de flotación o burbujeo, en las tinas de flotación vibradoras con bandas transportadoras el PET con una densidad mayor cae al fondo y es recogido por un tornillo sinfín que lo transporta a la siguiente etapa.

- **Limpieza.** Las hojuelas de PET están generalmente contaminadas con comida, papel, piedras, polvo, aceite, solventes y en algunos casos pegamento. De ahí que tienen que ser limpiados en un baño que garantice la eliminación de contaminantes. El uso de 12 hidrociclones cuando el desecho plástico está muy contaminado es una alternativa, el plástico contaminado es removido al ser ligero ya que flota en la superficie donde es expulsado. Los contaminantes caen al fondo y se descargan. Después del proceso de limpieza, se obtiene hojuelas limpias.

- **Secado.** Este proceso elimina el remanente de humedad del material. Pueden usarse secadores centrifugados o secadores de aire, ya sea caliente o frío, que circula entre el material molido, eliminando la humedad. El granulado limpio y seco puede ser usado en diferentes industrias

2.6.2.- Propiedades y características del PET

De acuerdo a su orientación el PET presenta propiedades de transparencia y resistencia química. Además, existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y grado de cristalinidad³. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra; los de peso molecular medio, grado película; y los de mayor peso molecular, grado ingeniería. Este polímero no se estira y no es afectado por ácidos ni gases atmosféricos, es resistente al calor y absorbe poca cantidad de agua, forma fibras fuertes

³ El grado de cristalización o cristalinidad hace referencia al grado de orden estructural en un sólido. Este tiene una gran influencia en la dureza, la densidad, la transparencia y la difusión (https://es.wikipedia.org/wiki/Grado_de_cristalizaci%C3%B3n)

y flexibles, también películas. Su punto de fusión es alto, lo que facilita su planchado, es resistente al ataque de polillas, bacterias y hongos.

En particular, el PET presenta las siguientes propiedades:

- Procesable por soplado, Inyección y extrusión.
- Apto para producir botellas, películas, láminas, planchas y piezas.
- Transparencia (aunque admite cargas de colorantes) y brillo con efecto lupa.
- Alta resistencia al desgaste.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química y térmica.
- Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica⁴.
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.
- Excelentes propiedades mecánicas, tracción, fluencia a tracción y compresión.
- Cristalizable.
- Esterilizable por rayos gamma y óxido de etileno.
- Buena relación costo/ desempeño.
- Se encuentra catalogado como número uno en reciclado.
- Liviano.

El PET en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad; además de: (a) biorientación, que permite lograr propiedades mecánicas y de barrera con optimización de espesores; (b) cristalización, que facilita el incremento del peso molecular y la densidad; (c) resistencia a esterilización química con óxido de etileno y radiación gamma; (d) presencia de buena resistencia en general a grasas y aceites presentes en alimentos, soluciones diluidas de ácidos minerales, álcalis, sales, jabones, hidrocarburos alifáticos y alcoholes. Pero por otro lado posee poca resistencia a solventes halogenados, aromáticos y cetonas de bajo peso molecular.

⁴ Término utilizado en ingeniería de polímeros para designar cuántas veces o qué tanto se ha procesado un polímero (<http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/578546>)

2.6.3.- Reciclado mecánico en nuestro medio

La micro-empresa RECICLADORA BIO ubicada en Cochabamba-Bolivia se encarga de recaudar material plástico PET para su posterior molido con una maquinaria que cuenta con cuchillas, una vez molido se procede al triturado del material pasando por una trituradora dejando el material del menor tamaño obteniendo un tamaño máximo en hojuelas PET de ½ plg por último, se realiza el lavado de todo el material pasando por un canal.

La empresa a estas hojuelas lo introduce a un horno donde le aplican calor hasta ser derretido y rellenar en moldes rectangulares y largos para así fabricar marcos de las sillas de jardín.

Las fotos de este proceso se encuentran en anexos F.

Los datos técnicos del PET se presentan en la Tabla 25:

Tabla 25. Datos técnicos del PET


PROPIEDADES FISICAS POLITEREFTARATO DE ETILENO (PET)

PROPIEDADES	Metodos de ensayo ISO/(IEC)	Unidades	Valores
Color			
Densidad		Natural	Bl/He
Absorcion de agua:	1183	g/cm ³	1,39
despues de estar 24/96 h sumergido en agua a 23°C			
	62	mg	6-13
hasta la saturacion en aire a 23°C / 50% HR	62	%	0,07/0,16
hasta la saturacion en aire a 23°C		%	0,25
		%	0,5
PROPIEDADES TERMICAS			
Temperatura de Fusion		°C	255
Conductividad termica a 23°C		W/(K·m)	0,29
Coefficiente de dilatacion termica lineal:			
-Valor medio entre 23 y 60 °C		m/(m·K)	60-10 ⁻⁶
-Valor medio entre 23 y 100°C		m/(m·K)	80-10 ⁻⁶
Temperatura por deformacion por carga:			
-por metodo A: 1,8MPa			
Temperatura maxima de servicio en aire:	75	°C	75
-en periodos cortos		°C	160
-en continuo: durante 5.000/20.000 h		°C	115/100
Temperatura minima de servicio			-20
Inflamabilidad			
-Indice de oxigeno	4589	%	25
-con respecto a la clasificacion UL 94 (para 3/6 mm de espeso)			HB/HB
PROPIEDADES MECANICAS A 23°C			
Ensayo de tracción			
-esfuerzo de tension para fluencia	527	MPa	90
-elongacion a la rotura			15
-modulo de elasticidad			3.700
Ensayo de compresion			
-esfuerzo al 1/2/5% de deformación	604	MPa	26/51/103
Ensayo de fluencia a traccion			
-esfuerzo necesario para producir un 1% de deformación las 1.000h	899	Mpa	26
Resistencia al impacto Charpy-sin entalla	179/1eU	kJ/m2	≥50
Resistencia al impacto Charpy-con entalla	179/1eU	kJ/m2	2
Resistencia al impacto Izod- con entalla	180/2A	kJ/m2	2
Dureza con bola	2039-1	N/mm2	170
Dureza Rockwell	2039-2		M96
PROPIEDADES ELECTRICAS A 23°C			
Resistencia dielectrica	60243	KV/mm	22
Resistividad volumetrica	60093	Ω·cm	>10 ¹⁵
Resistividad superficial		Ω	>10 ¹⁵
Permeabilidad relativa			
-a 100 Hz	60250		3,4
-a 1 Hz	60250		3,2
Factor de perdidas dielectricas a			
-a 100 Hz	60250		0,001
-a 1 MHz	60250		0,014
Indice comparativo de la resistencia a la descarga superficial (CTI)	60112		600

Fuente: Elaplas.

Tabla 26 Caracterización de los polímeros termoplásticos más comunes en la industria

Nombre/Número	Generalidades	Propiedades	Aplicaciones
<p>Polietileno Tereftalato (PET)</p> 	<p>Es claro, lavable y no absorbe la humedad. La inmensa mayoría de este plástico termina en las botellas de bebida, formadas por inyección soplado. Un volumen pequeño se usa ahora para la fabricación.</p>	<p>Claridad, fuerza/dureza, resistencia a la grasa y al calor.</p>	<p>Botellas plásticas para bebidas, envases muy transparentes, delgados, verdes o cristal, recipientes de aderezos, medicinas, agro-químicos, etc.</p>
<p>Polietileno de alta densidad (PE-HD)</p> 	<p>Este polímero tiene mejores propiedades mecánicas que el PEBD, ya que posee mayor densidad. Presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión. No resiste a fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico, ácido sulfúrico.</p>	<p>Es resistente a las bajas temperaturas, tiene alta resistencia a la tensión, compresión y tracción. Es Impermeable e Inerte (al contenido), baja reactividad. No tóxico.</p>	<p>Envases para: detergentes, aceites automotores, champú, lácteos; Bolsas para supermercados; Envases para pintura, helados, aceites; tuberías para gas, telefonía, agua potable, minería, láminas de drenaje y uso sanitario</p>
<p>Cloruro de Polivinilo (PVC)</p> 	<p>Además de sus buenas propiedades físicas, el PVC tiene una transparencia excelente, alta resistencia química, resistencia a la humedad, y buenas propiedades eléctricas. Las aplicaciones rígidas, se concentran en tuberías, alfombras, ventanas, botellas el empaque rígido de líquidos</p>	<p>Versatilidad, facilidad de mezclar, fuerza y dureza. Resistencia a grasa y aceites, resistencia a los químicos, claridad, bajo costo.</p>	<p>Empaque de comida, botellas de champú, envases transparentes, semidelgados. Se usa en aislamiento de cables, capas, bolsas de sangre, tubería médica y muchas más aplicaciones</p>

Nombre/Número	Generalidades	Propiedades	Aplicaciones
<p data-bbox="201 565 449 634">Poliétileno de Baja Densidad (LDPE)</p> 	<p data-bbox="464 532 982 857">Es utilizado en películas flexibles y relativamente transparentes. Tiene un bajo punto de fusión. Típicamente el LHPE es usado en la manufactura de películas flexibles, tales como bolsas plásticas y publicitarias, también es usado en la manufactura de tapas flexibles, y además en alambres y cables por sus buenas propiedades de aislamiento eléctrico</p>	<p data-bbox="999 532 1352 634">Fácil de procesar, resistente a la humedad, flexible, fácil de sellar y bajo costo</p>	<p data-bbox="1369 532 1906 672">Bolsas para pan, para alimentos congelados y para dulces, entre otros tipos de bolsas y tapas, también se usa para tubería y otros</p>
<p data-bbox="201 1003 449 1029">Polipropileno (PP)</p> 	<p data-bbox="464 971 982 1295">Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino. Utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.</p>	<p data-bbox="999 971 1352 1143">Tiene menos densidad que el PE-BD. Su temperatura de reblandecimiento es más alta, y es más resistente a altas y a bajas temperaturas.</p>	<p data-bbox="1369 971 1906 1182">Moldeo por inyección: juguetes, parachoques de automóviles, etc. Moldeo por soplado: recipientes huecos (botellas) Producción de fibras, tanto tejidas (tapetes) como no tejidas. Extrusión: de perfiles, láminas y tubos</p>

Nombre/Número	Generalidades	Propiedades	Aplicaciones
Poliestireno (PS) 	<p>El PS es un plástico muy versátil que puede ser rígido o formado. Generalmente es claro, duro y quebradizo. Es muy poco resistente al vapor de agua, oxígeno y tiene relativamente bajo punto de fusión. Hay dos versiones el expansible o espumado (unicel) y el de cristal.</p>	<p>Versatilidad, fácil procesamiento, claridad, aislamiento y bajo costo.</p>	<p>Protección en: empaquetamientos, contenedores, tapas, botellas, bandejas y vasos. Cajas de videocasetes, de compact disc, vasos rígidos, contenedores de comidas rápidas.</p>
Otras resinas como ABS, PC, etc. 	<p>El uso de este código indica que el empaque en cuestión está hecho de una resina diferente a las seis listadas o de más de una de dichas resinas y que es usado en una combinación de varias capas.</p>	<p>Depende de la resina o combinación de resinas.</p>	<p>Botellas de agua reutilizables, algunas botellas de jugos y salsa de tomate.</p>

Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (2008).

CAPÍTULO III
MARCO PRÁCTICO

CAPÍTULO III:

3.- MARCO PRÁCTICO

3.1.- Introducción.

Descripción de los materiales, equipos, normas y procedimientos de los ensayos utilizados para la caracterización de los agregados para la dosificación y elaboración de bloques de concreto, para su posterior determinación de las propiedades físico-mecánicas.

Se utilizo la Norma española E-70 para la elaboración de los bloques de concreto, las Normas Técnicas Peruanas para la caracterización de los agregados y para determinar las características físico-mecánicas de los bloques de hormigón y la ACI 211.1 para la dosificación del hormigón.

3.2.- Extracción de material

3.2.1.- Extracción de los áridos gruesos y finos

Los áridos empleados tanto la grava y arena son provenientes de la chancadora Garzón de la comunidad de San Mateo en los límites entre Tarija Cercado y Tarija Méndez.

Para extracción de los áridos de acopio se extrajo de la parte baja, del medio y la parte más alta.

3.2.2.- Recolección de material PET

El material PET por inconvenientes en el triturado porque en Tarija no se cuenta con maquinaria para realizar el triturado, todas las microempresas encargadas de la recolección de PET son empaquetadas y posterior traslado a la ciudad de Santa Cruz, La Paz y Cochabamba. Por este inconveniente se compró el material ya triturado de una microempresa RECICLADORA BIO (recicladora de plásticos PET y elaboración de materiales plásticos)

3.2.3.- Cemento

El cemento que empleo en la elaboración de bloques de concreto es EL PUENTE, el cual cumple con las especificaciones técnicas que establece la NTP 334.009, clasificándolo en un cemento portland puzolánico tipo IP30.

3.3.- Ensayos de caracterización de los agregados del hormigón

3.3.1.- Granulometría

3.3.1.1.- Granulometría y módulo de finura del agregado grueso.

Para el análisis granulométrico de la grava se realizó bajo la NTP 400.012 con respecto al material necesario para la elaboración de bloque de hormigón que serán sometidos a compresión.

Conociendo el tamaño máximo nominal de la grava que es 3/4" según indica la tabla II que se encuentra en anexo E, la muestra mínima debe ser 5000gr, pero se utilizó más de 7920gr. Previamente se realizara el cuarteo mecánico.

Se utilizo una balanza para el pesado de los tamices (1/2", 3/4", N°4, N°8, N°16 y base), se colocó el juego de tamices ordenados según el tamaño de abertura en el Rop Tap por 10 minutos.

Concluido el tiempo del rop-tap, se procedió al tamizado manual, para luego ser pesado y registro de datos. Registrando los valores en la planilla para obtener la curva granulométrica, para determinar si la curva granulométrica es la adecuada se corroborará verificando que cumplen con los límites que obtenemos de la tabla I en anexo E dependiendo del tamaño máximo nominal de la gravilla.

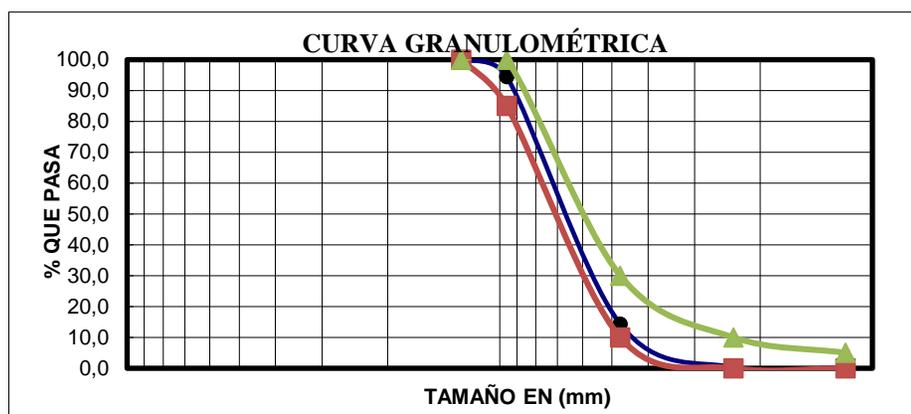
En la tabla 27 se tiene el cálculo de la granulometría de la gravilla y en la gráfica 1 se aprecia que la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites correspondiente a lo que indica la NTP 400.037

Tabla 27: Granulometría de la gravilla

Peso Total (gr.) =		7920					
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret.	Retenido Acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa s/g NTP 400.037	
			(gr)	(%)			
1/2	12,7	0	0	0,00	100,0	100	100
3/8	9,58	433,90	433,90	5,48	94,52	85	100
N°4	4,75	6353,60	6787,50	85,70	14,30	10	30
N°8	2,36	1104,40	7891,90	99,65	0,35	0	10
N°16	1,18	14,40	7906,30	99,83	0,17	0	5
BASE		12,30	7918,60	99,98	0,0		
SUMA =		7918,60					
PÉRDIDAS =		1,40					
MF =		3,91					

TAMAÑO MAX = 1/2"
TMN = 3/8"

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 1: Curva granulométrica de la gravilla

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.2.- Granulometría y Módulo de Finura de la Arena

El agregado fino (arena) requiere ciertas especificaciones como se especifica en NTP 400.012. Para el ensayo se trabajó con 1000gr de arena, que se hará pasar por los tamices (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y base)

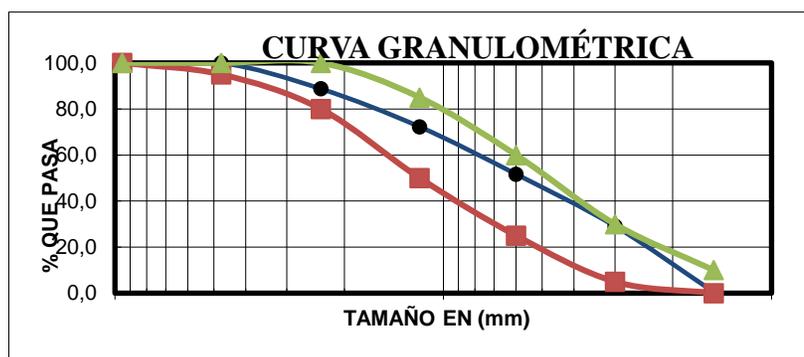
Posteriormente se tamizará en el Rop-Tap por 10 minutos, para luego realizarlo a manualmente por el tiempo necesario hasta que no pase agregados por los tamices.

Como se aprecia en la tabla 28 se presenta el cálculo de la granulometría de la arena y en la gráfica 2 se observa la curva granulométrica la que se encuentra dentro de los límites que indica la NTP 400.037.

Tabla 28: Granulometría de la arena

Peso Total (gr.)		1000					Especificación NTP 400.037	
Tamices	tamaño (mm)	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% que pasa del total			
3/8	9,50	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100	
N°4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,0	95	100	
N°8	2,36	112,50	112,50	11,25	88,8	80	100	
N°16	1,18	164,90	277,40	27,74	72,3	50	85	
N°30	0,60	205,70	483,10	48,31	51,7	25	60	
N°50	0,30	225,80	708,90	70,89	29,1	5	30	
N°100	0,15	286,10	995,00	99,50	0,5	0	10	
BASE		3,40	998,40	99,84	0,2			
SUMA		998,4						
PÉRDIDAS		1,6						
MF =		2,58						

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 2: Curva granulométrica de la arena

Fuente: Elaboración propia.

Los límites para la curva granulométrica se encontrarán en la tabla I en anexo E que de acuerdo al tamaño máximo nominal que sería arena, para ser aceptada la arena como material adecuado deberá cumplir con los límites.

3.3.1.3.- Granulometría y módulo de finura del agregado PET

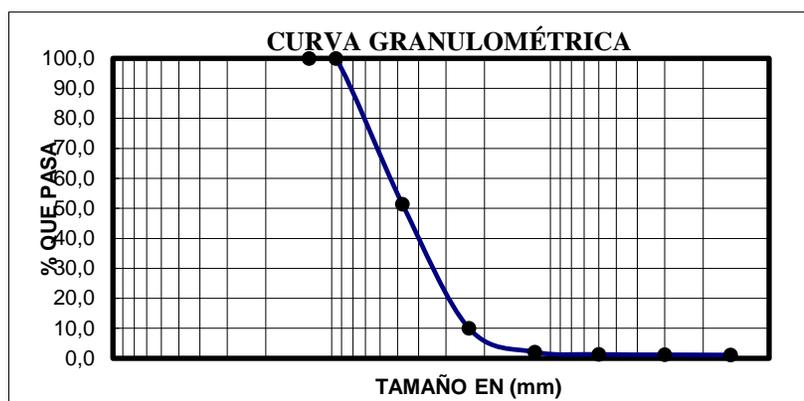
Se toma como muestra de material PET 1000gr que pasara por los tamices (3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y base).

Luego del tamizado en el rop-tap por 10 minutos y el tamizado manual hasta que no se aprecie que el material no pase por cada tamiz, por último, se procede al pesado del tamiz más la muestra.

Tabla 29: Granulometría del PET

Peso Total (gr.) =		1108,6			
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret.	Retenido Acumulado		% Que pasa del total
			(gr)	(%)	
1/2	12,7	0	0	0,00	100,0
3/8	9,58	0,00	0,00	0,00	100,0
N°4	4,75	538,40	538,40	48,57	51,4
N°8	2,36	458,30	996,70	89,91	10,1
N°16	1,18	88,45	1085,15	97,88	2,1
N°30	0,60	8,70	1093,85	98,67	1,3
N°50	0,30	1,40	1095,25	98,80	1,2
N°100	0,15	0,90	1096,15	98,88	1,1
BASE		12,30	1097,45	98,99	1,0
SUMA =		1108,45			
PÉRDIDAS =		0,15	TAMAÑO MAX = N°4		
MF =		3,35	TMN N°4		

Fuente: Elaboración propia.

Grafica 3: Curva granulométrica del PET

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.- *Peso específico y absorción del agregado grueso*

Este ensayo se encuentra regido por la NTP 400.021, se procedió al preparado de muestra pesando 16 kilos para tres ensayos de peso específico de material que fue retenido por el tamiz N° 4, los cuales se dejó en remojo 24hrs antes del día que se realizó el ensayo.

Transcurrida las 24hrs se realizó el secado superficial de la gravilla solamente eliminando la película de agua, para luego pesar 5 kg de este material por ensayo obteniendo así el primer dato que sería peso saturado superficialmente seco.

Se colocó el cesto vacío en la balanza y procediendo a la calibración, una vez calibrado se introdujo los 5 kg de muestra en el cesto para así colocarlo en la balanza, el cesto debe estar sumergido en su totalidad, obteniendo el dato del peso saturado sumergido.

Por último, se colocará las tres muestras al horno por un tiempo de 24hrs. Para así obtener su peso seco. En la tabla 30 se aprecia el cálculo del peso específico de la gravilla.

Tabla 30: Peso específico de la gravilla

MUESTRA N°	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA CON SUP. SECA "B" (gr)	PESO MUESTRA SAT. DENTRO DEL AGUA "C" (gr)	PESO ESPECÍFICO A GRANEL (gr/cm ³)	PESO ESPECÍFICO S.S.S. (gr/cm ³)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm ³)	% DE ABS.
1	4884,10	5000,00	3083,00	2,55	2,61	2,71	2,37
2	4888,20	5000,00	3082,00	2,55	2,61	2,71	2,29
3	4884,60	5000,00	3083,00	2,55	2,61	2,71	2,36
PROMEDIO				2,55	2,61	2,71	2,33

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.- *Peso específico y % de absorción del agregado fino*

Se peso 2kg de arena para realizar 3 ensayos y se dejó sumergido saturando en agua por 24hrs.

Transcurrido las 24hrs se procedió con el secado superficial aplicando aire con secadora de pelo evitando el esparcido de partículas finas de la arena y utilizando la potencia mínima de la secadora, esto se realizará hasta que la arena cambie de color, para su posterior ensayo con el cono cilíndrico en el que se introdujo la arena en 3 capas y en cada capa se compacta con el piso de 25 golpes.

Al desmoldar el cono cilíndrico se apreció el desmoronamiento de la arena quedando en forma cónica, indicando que la arena está saturada superficialmente seca. Inmediatamente se procedió al 500 gramo de este material e introducirlo en el matraz de 500 ml y llenándolo de agua hasta completar los 500ml, para su posterior pesado.

Por último, se vació el contenido de cada matraz en un plato par introducirlo al horno por un tiempo de 24hrs para su posterior pesado y obtener el peso de la arena totalmente seca.

Tabla 31. Peso específico y % de absorción de la arena

MUESTRA N°	PESO MUESTRA (gr)	PESO MATRÁZ (gr)	MUESTRA + MATRAZ + AGUA (gr)	PESO AGUA AGREGADO AL MATRÁZ "W" (ml) o (gr)	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	VOL. DEL MATRÁZ "V" (ml)	P. E. GRANEL (gr/cm ³)	P. E. S.S.S. (gr/cm ³)	P. E. APARENTE (gr/cm ³)	% DE ABS
1	500	237,2	1035,1	297,90	493,2	500,00	2,44	2,47	2,53	1,36
2	500	221,5	1021,2	299,70	490,2	500,00	2,45	2,50	2,57	1,96
3	500	235,5	1019	283,50	490,40	500,00	2,27	2,31	2,37	1,92
PROMEDIO							2,38	2,43	2,49	1,75

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.- *Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso*

Con una cuchara se vertió el agregado en el molde con el que se cuenta en laboratorio normado para gravilla, hasta el desborde de material para su posterior enrasado con la varilla y el pesado del molde con material suelto. Este procedimiento se realizó 3 veces.

Para el peso unitario compactado, se vertió el agregado en el recipiente en 3 capas cada capa se compacto con 25 golpes y por último se realizó el enrasado y pesado.

Tabla 32. Peso unitario suelo del agregado grueso (gravilla)

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm ³)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³)
1	5840,00	9910,00	19290,00	13450,00	1,357
2	5840,00	9910,00	19225,00	13385,00	1,351
3	5840,00	9910,00	19300,00	13460,00	1,358
				PROMEDIO	1,355

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Peso unitario compactado del agregado grueso (gravilla)

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm ³)	PESO RECIP. + MUESTRA COMPACTADO (gr)	PESO MUESTRA COMPACTADO (gr)	PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm ³)
1	5840,00	9910,00	20155,00	14315,00	1,445
2	5840,00	9910,00	20110,00	14270,00	1,440
3	5840,00	9910,00	20200,00	14360,00	1,449
				PROMEDIO	1,445

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se calibro el recipiente, colocando el recipiente en la balanza y se llenó con agua hasta el ras con ayuda de una pipeta y se hizo lectura de la temperatura del agua. Para corroborar los cálculos se realizará las mediciones de sus dimensiones para obtener el volumen de recipiente.

3.3.5.- Peso Unitario suelto y compactado del Agregado Fino (arena).

El procedimiento es el mismo que hizo para agregado grueso (gravilla), con la excepción que se usó un molde exclusivo para arena según norma. Se lleno de arena con una cuchara hasta llenar, para luego enrasar y ser pesado el agregado fino suelto, el agregado

compactado se realizó en 3 capas de 25 golpes cada capa y el por último el calibrado del molde.

Tabla 34: Peso unitario suelto del agregado fino (arena)

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm ³)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³)
1	2610,00	3040,00	7400,00	4790,00	1,576
2	2610,00	3040,00	7415,00	4805,00	1,581
3	2610,00	3040,00	7490,00	4880,00	1,605
				PROMEDIO	1,587

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: Peso unitario compactado del agregado fino (arena)

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm ³)	PESO RECIP. + MUESTRA COMPACTADO (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³)
1	2610,00	3040,00	7825,00	5215,00	1,715
2	2610,00	3040,00	7885,00	5275,00	1,735
3	2610,00	3040,00	7875,00	5265,00	1,732
				PROMEDIO	1,728

Fuente: Elaboración propia.

3.3.6.-Peso específico del cemento portland.

Para el ensayo de peso específico del cemento se utilizó querosén el que se vertió por medio de un embudo hasta obtener un volumen inicial para luego agregar 64 gr de cemento empleando un embudo seco y por último se registró el volumen final. Este procedimiento se lo realizó 3 veces obtenido los datos y calculo como se ve en la tabla 36.

Tabla 36: Peso específico del cemento

Muestra	Masa de cemento (gr)	Volumen del matraz (cm ³)	Volumen del matraz + Cemento (cm ³)	Volumen desplazado del cemento (cm ³)	Peso específico (gr/cm ³)
1	64	300,000	321,3	21,3	3,00
2	64	300,000	321,2	21,2	3,02
3	64	300,000	321,3	21,3	3,00
				PROMEDIO	3,01

Fuente: Elaboración propia.

3.4.- Diseño y dosificación del Hormigón Patrón

La dosificación se basó en la Norma Americana ACI 211.1 (dosificación de hormigón), tomando dos aspectos importantes recomendados por otros documentos como ser.

- En el asentamiento (cono de abrams) se trabajó con valores próximos a cero.
- Se utilizó una relación agua cemento de $a/c = 0,5$

El diseño al que se quiere proyectar es de H-7 (70 Kg/cm^2), con la finalidad de obtener una resistencia de bloque para muro portante con la finalidad de emplearlo en viviendas de hasta 2 pisos.

Para la dosificación se requiere el resultado de la caracterización de los agregados ya calculados con anterioridad.

Tabla 37. Características resumidas de los agregados

ENSAYO	Unidad	Valor
1.- Modulo de finura de la arena (MF)	s/u	2,58
2.- Peso unitario Compactado de la grava (PUC)	kg/m ³	1445
3.- Peso específico de la arena (γ_f)	gr/cm ³	2,49
4.- Peso específico de la grava (γ_g)	gr/cm ³	2,71
5.- Absorción de la arena (Aa)	%	1,75
6.- Absorción de la Grava (Ag)	%	2,33
7.- Humedad de la Arena (Ha)	%	0,34
8.- Humedad de la Grava (Hg)	%	0,31
9.- Tamaño máximo Nominal (TMN)	pulg	3/8
10.- Tamaño Máximo (TM)	pulg	1/2
11.- Peso específico del cemento	gr/cm ³	3,01

Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.- Características del Diseño

Tabla 38. Resistencia promedio requerida

resistencia especificada a la compresión, f_{ck}	resistencia promedio requerido, f_{cr}
$f_{c} \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f_{cr} = f_c + 1,34 * S$ (5,1) $f_{cr} = f_c + 2,33 * S - 35$ (5,2)
$f_{c} > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f_{cr} = f_c + 1,34 * S$ (5,1) $f_{cr} = 0,9 * f_c + 2,33 * S - 35$ (5,3)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Fcr Requerida cuando no se cuente con datos

Resistencia específica f_{ck} en (kg/cm ²)	Resistencia de diseño de la mezcla fcm en (kg/cm ²)
Menos de 210 kg/cm ²	$f_{ck} + 70$ kg/cm ²
De 210 a 350 kg/cm ²	$f_{ck} + 85$ kg/cm ²
Más de 350 kg/cm ²	$f_{ck} + 100$ kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Resistencia de diseño (fck´)	70	kg/cm ²
Resistencia Característica (fck) (Tabla 39)	140	kg/cm ²
Asentamiento (S) (Tabla VI)	0	plg
Relación Agua / Cemento (a/c) (Tabla III)	0,50	s/u

DATOS DE TABLAS

Vol. Agr. Grueso / Vol. unitario concreto (b/bo) (Tabla V)	0,482	s/u
Requerimiento de Agua (A) (Tabla IV)	207	kg/m ³

Tabla 40. Pesos secos de los ingredientes por m³

PESOS SECOS DE LOS INGREDIENTES POR (m³) DE CONCRETO

Ingrediente	Peso Seco kg/m ³	Volumen Absoluto lt/m ³	Peso específico gr/cm ³
<i>Cemento</i>	414,00	137,54	3,01
<i>Agua</i>	207	207	1
<i>Grava</i>	696,25	257,01	2,71
<i>Arena</i>	917,29	368,45	2,49
<i>Aire atrapado</i>		30,00	
TOTAL	2234,54	1000,00	

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia humedad en los agregados, será necesario la corrección de humedad, para así no afectar la consistencia, trabajabilidad y resistencia del hormigón.

Tabla 41. Pesos húmedos de los ingredientes por m³

PESOS HUMEDOS DE LOS INGREDIENTES POR (m³) DE HORMIGON		
Ingrediente	Peso Seco kg/m³	Peso Húmedo kg/m³
Cemento	414,00	414,00
Agua	207,00	233,98
Grava	696,25	698,41
Arena	917,29	920,39
TOTAL	2234,54	2266,78

Fuente: Elaboración propia

Para las proporciones de la mezcla será necesario relacionarlo con respecto a la cantidad de cemento que se necesita por m³.

PROPORCIONES DE MEZCLA PARA BLOQUE PATRÓN

Cemento	Arena	Grava
1,0	2,22	1,68

Las cantidades necesarias para una preparación de cemento, grava y arena será la que se observa en la tabla 42 en donde se tomará en cuenta una pérdida de material de 12% al tratarse de un material seco. La capacidad máxima de la hormigonera es para 2 bloques completos y 2 mitad de bloques.

Tabla 42. Cuantía para 2 bloques enteros y 2 mitades de bloque

SECO (Kg) para 4 bloques	HUMEDO (Kg) para 4 bloques	
9,181	9,181	Cemento
4,590	5,189	Agua
15,440	15,488	Grava
20,342	20,411	Arena
49,553	50,268	SUMA

Fuente: Elaboración propia

3.5.- Diseño de Hormigón Convencional con PET

Se trabajo con la misma dosificación que se empleó para bloques de concreto convencional (patrón), con la diferencia que se le adicionará material PET tomando en

cuenta diferentes porcentajes de la suma de todos los materiales empleados en una mezcla de hormigón.

De los valores de la tabla 42 obtendremos cuantía de material que se empleara para un hormigonado de 2 bloques enteros y 2 mitad de bloques.

Al 1% PET = $50,268\text{Kg} * 1\% = 0,503\text{Kg}$

Al 3% PET = $50,268\text{Kg} * 3\% = 1,508\text{Kg}$

Al 5% PET = $50,268\text{Kg} * 5\% = 2,513\text{Kg}$

3.6.- Elaboración y ensayos de resistencia para las unidades de mampostería

3.6.1.- Hormigonado de unidades de mampostería (Bloques)

La dosificación que se empleó es (1: 2,22: 1,68) en el que se adicionó sucesivamente creciente las hojuelas PET en (1%, 3% y 5%) respecto al peso de todos los materiales, el desarrollo del cálculo de dosificación se puede encontrar en Anexos A.

Para la evaluación de las características de los bloques de concreto patrón y los adicionados con PET que se realizaron en el laboratorio de tecnología del hormigón se empleó la Norma E. 070:2006.

De ser necesario realizar la corrección de contenido de humedad a la dosificación, una vez realizado las correcciones correspondientes a los cálculos se procederá con los siguientes pasos:

Se procedió con el lavado de la gravilla y la arena, eliminando los limos u otros residuos que afecten la adherencia del cemento con los agregados. Posteriormente colocar al horno por un tiempo de 24horas.

Lavar la suficiente cantidad de agregado grueso y fino sea necesario para el desarrollo de todo el proyecto y su almacenado adecuado para evitar contaminación del agregado limpio.

Se cuantifico cuanto material será necesario (gravilla, arena, cemento y agua) para el hormigonado de los bloques patrón y los bloques con contenido de material PET, con fin de no dañar la hormigonera se preparó una mezcla para 2 bloques enteros y 2 mitades de bloque.

Para la elaboración de mezclas de hormigón una vez se cuente con los materiales pesados el orden para introducirlo en la hormigonera fue. Primero la mitad de agua, luego la

gravilla, seguido el material PET dejando por un tiempo de 1 minuto que se homogenice con la gravilla, luego agregar arena conjuntamente con el faltante de agua y por último el cemento. El tiempo del mezclado no será mayor a 10 minutos.

Fotografía 1. Molde metálico para bloque de concreto



Fuente: Elaboración propia

Si se aprecia formación de esferas muy grandes en la mezcla debido a la consistencia seca del hormigón, se le agregó en pequeñas cantidades agua hasta que estas esferas sean pequeñas.

Fotografía 2. Observar la formación de bolitas en la mezcla



Fuente: Elaboración propia

Una vez que se apreció una mezcla homogénea se realizó el ensayo de consistencia del hormigón mediante el cono de abrams, colocando el cono sobre la plancha metálica pisando las agarraderas del cono, verter la mezcla directo de la hormigonera en 3 capas y cada capa apisonada 25 veces con la varilla metálica. Finalizado la última capa se enrasará y se retirará el cono cuidadosamente.

Fotografía 3. Corroboración del asentamiento con el cono de abrams



Fuente: Elaboración propia.

Retirado el cono se dio la vuelta y se coloca al lado de la mezcla y colocando la varilla con la que se compactó encima del cono como se aprecia en la fotografía 3 y con un flexómetro se midió el asentamiento corroborando si se cumplió con lo calculado.

En la preparación del molde primeramente se recubrirá el interior del molde con aceite sucio evitando excesos, de la misma manera se realizará a las planchas que van a interior del molde que facilitaran el desmolde.

Inmediatamente después de verificar la consistencia del hormigón se vertió al molde a $\frac{1}{3}$ de la altura del molde de manera uniforme para ser varillado 25 veces con la varilla metálica y posteriormente ser compactado de manera manual utilizando combos de goma golpeando a las orillas del molde.

Fotografía 4: Varillado del concreto en el molde.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 5: Vibrado con combos de goma



Fuente: Elaboración propia.

Todo este procedimiento se lo realizo en las tres capas, adicionalmente en la última capa posterior al vibrado con los combos se realizará el compactado utilizando el compactador del molde de manera manual hasta que se observe una formación lechosa en la superficie del hormigón y por último se enraso y se afino la superficie empleando una plancha de albañil.

Fotografía 6: Compactado en la última capa.



Fuente: Elaboración propia.

Inmediatamente se desmoldo el bloque, para ello se lo realizó en una superficie plana recubierta con un nailon para evitar evaporación de la humedad del bloque. Para el desmolde se volcó el molde y se pisó firmemente las aletas de las planchas que facilitarán el desmolde y se levantará lentamente de las agarraderas del molde.

Fotografía 7. Enrasado del bloque



Fuente: Elaboración propia.

Una vez desmoldado se limpió con espátula y brocha el interior del molde para eliminar todo residuo. Nuevamente se aceitó el interior y se colocó las planchas para el vaciado del concreto del próximo bloque, realizando el mismo procedimiento de varillado, vibrado y compactado tanto para el molde entero como para el molde de mitad bloque.

Fotografía 8: Desmoldado de la parte interna del bloque



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 9: Desmoldado de la parte externa del bloque



Fuente: Elaboración propia

Transcurrido 24 horas después del desmolde se realizó el curado de los bloques para ello se introdujo los bloques en la piscina que se cuenta en el laboratorio de tecnología del hormigón por un periodo de 28 días.

Fotografía 10: Curado de bloques



Fuente: Elaboración propia.

3.6.2.- Variación dimensional en unidad de bloque de concreto

Para la determinación de variación de dimensiones de los bloques de concreto se empleó la Norma Técnica Peruana NTP 399.604 esta norma es empleada en el control de calidad de los bloques de concreto con huecos.

Se realizó la medición del ancho de la parte media de ambas caras opuestas del bloque obteniendo 2 valores, para el alto del bloque se realizó la medición en las cuatro caras y para el espesor se midió en la parte media de ambas caras obteniendo 2 mediciones.

Fotografía 11. Medición de dimensiones de los bloques de concreto



Fuente: Elaboración propia.

3.6.3.- Alabeo en unidad de bloque de concreto

Cada bloque se colocó en una superficie plana y colocando sobre su superficie de asiento, con una regla metálica situarla en forma diagonal de los extremos para determinar si es cóncavo o convexo. Se debería medir con una cuña graduada en milímetro, pero al no contarse con esta herramienta se realizó la medición con otra regla. Este ensayo se realiza en la zona más alabeada.

Fotografía 12. Medición de alabeo en bloque de concreto



Fuente: Elaboración propia.

3.6.4.- Densidad y porcentaje de absorción de bloque de concreto

Para la determinación de la densidad y % de absorción de los bloques de concreto se utilizó la NTP 399.604. Donde el procedimiento es similar al de peso específico de la grava.

Se dejó remojando por un periodo de 24 hrs. hasta la saturación del bloque, posteriormente extraer de la piscina y colocarlo en la balanza mecánica que es para el uso de peso

sumergido sujetando con un alambre el bloque a la balanza estando el bloque totalmente sumergido, obtenido peso sumergido.

Con un trapo eliminar la película de humedad en la superficie del bloque, para luego ser pesado y registrar ese peso, siendo este el peso saturado superficialmente seco.

Fotografía 13. Pesado sumergido de bloque de concreto



Fuente: Elaboración propia.

Por último, se colocó los bloques al horno para su secado por un tiempo de 24 hrs. y luego obtener el último peso seco del bloque.

3.6.5.- Resistencia a la compresión por unidad de mampostería

Cumplido los 28 días de curado de los bloques en la piscina se procedió a realizar el ensayo de resistencia a la compresión, para ello se retiró 24hrs antes de realizar el ensayo de la piscina para dejarlo secado al ambiente.

Se realizó el pesado de los bloques previamente a ser colocados en la prensa. El área de superficie de contacto en la prensa será mayor que el área del bloque.

Fotografía 14. Colocado del bloque en la prensa



Fuente: Elaboración propia.

Colocado en la prensa se procedió a introducir los datos del bloque para dar de esta manera comienzo al ensayo de resistencia a compresión.

Fotografía 15. Introducción de datos a la prensa pequeña



Fuente: Elaboración propia.

3.6.6.- Elaboración de las pilas prismas

La elaboración se realizó en una superficie plana y lisa donde se utilizó una plomada y nivel de albañil. Para la dosificación del mortero será 1:3 (cemento: arena) empleo como indica en la Norma Española E 070 y NTP 334.051. A cada preparación de mortero para la fabricación de pilas se elaborará 3 moldes para ensayo de compresión de mortero.

El mortero empleado en la elaboración de prismas de mampostería tiene una altura de 10 mm, utilizando el nivel de albañil y la plomada se corroboró que se encuentre lo más

horizontal y verticalmente posible para un adecuado ensayo de resistencia a compresión en la prensa.

Una vez elaborado los prismas de mampostería se realizó el curado para ello se roció con agua y se envolvió el prisma con un nailon, este curado se lo realizó los primeros 7 días.

3.6.6.1.- Resistencia a la compresión del prisma de mampostería

Una vez transcurrido los 28 días de cuando se elaboró el prisma se procedió al pesado y posterior colocado en la prensa universal.

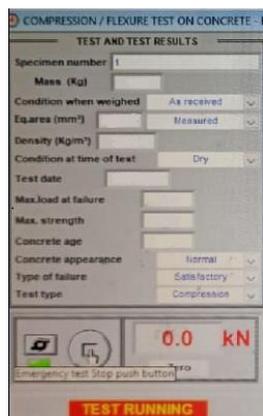
Fotografía 16. Pesado y colocación de prisma en la prensa universal



Fuente: Elaboración propia.

Se ingreso los datos correspondientes a la computadora de la prensa donde al finalizar el ensayo nos dará la carga última de la resistencia del prisma.

Fotografía 17. Ingreso de datos a la prensa



Fuente: Elaboración propia.

La resistencia de la mampostería a compresión axial se determinó dividiendo la carga máxima entre el área de contacto que se obtuvo con mediciones utilizando un vernier.

$$f_m = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Área}}$$

Donde:

f_m : Resistencia a compresión axial (N/mm²)

A: Área de contacto (mm²)

Interpolando de la tabla 43 se procede a corregir con el factor de corrección por esbeltez, a la resistencia a compresión axial.

Tabla 43. Factor de corrección altura/espesor para la resistencia a compresión de prismas de albañilería

hp/tp	1,3	1,5	2	2,5	3	4	5
Factor de corrección	0,75	0,86	1	1,04	1,07	1,15	1,22

Fuente: NTP399.605, 2003

Siendo corregido la resistencia con el factor de corrección se determina la resistencia característica a la compresión axial (f'_m) de las pilas restando de la resistencia de los ensayos x con la desviación estándar del ensayo.

$$f'_m = X - \sigma$$

Donde:

f'_m : Resistencia características a compresión axial (N/mm²)

X : Resistencia promedio a compresión axial (N/mm²)

σ : Desviación estándar (N/mm²)

3.6.7.- *Elaboración de los muretes*

Para la elaboración de los muretes se utilizó la NTP 399.621 en la que se emplea la misma dosificación de mortero que se empleó en los prismas de mampostería cemento: arena (1:3) y el espesor utilizado fue de 13 mm. En cada elaboración de mortero se separó 3 moldes de 50 mm X 50 mm para ensayo de resistencia de mortero.

Para la elaboración de los muros se realizó en una superficie plana, los bloques no deben de presentar humedad en superficie de contacto con el mortero.

Fotografía 18. Elaboración de muros



Fuente: Elaboración propia.

Se empleó una plomada y un nivel albañil apilándolo lo más prolijo posible para obtener buenos resultados en la prensa del laboratorio de maderas.

Fotografía 19. Verificación que el bloque este nivelado



Fuente: Elaboración propia.

Concluido con la elaboración de los muretes se realizó el rociado de agua con un atomizador y posteriormente se envolvió con un nailon para evitar la rápida evaporación, el rociado se lo hizo dos veces al día. El curado de lo realizó por un periodo de 7 días.

Aplicando la Norma E.070 se rellenó en las esquinas opuestas del murete donde se aplicará la carga y tenga contacto con la mordaza, se llenó con líquido grout con una dosificación de cemento: arena (1:4) en la celda de contacto del bloque.

3.6.7.1.- Resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería

Se ensayó 3 muros de mampostería de 61x61x15cm de cada porcentaje con contenido de hojuelas PET, siendo en total 12 muros y estos ensayos se encuentran bajo la NTP 399.621. El ensayo de resistencia a compresión diagonal se realizó en el laboratorio de maderas de la Facultad de Ciencias y Agrícolas Forestales, por el requerimiento que la presa tenga una abertura de mordazas de mínimo 85cm como se aprecia en la fotografía 20.

Fotografía 20. Prensa de capacidad max. 40 ton



Fuente: Elaboración propia.

Se colocó el murete en la prensa con el debido cuidado y empleando las medidas de seguridad que requiere como el uso de cascos, se deberá verificar el muro se encuentre centrado en ambas mordazas para evitar la mala distribución de las cargas como se aprecia en la fotografía 21.

La resistencia al corte de los muretes de mampostería (V_m) se determina midiendo la carga máxima entre el área bruta del espécimen.

Fotografía 21. Colocado del murete en la prensa



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 22: Falla del muro de mampostería



Fuente: Elaboración propia.

$$Vm = \frac{0,707 * P}{Ab}$$

$$Ab = \frac{L + H}{2} * t$$

Donde:

Vm: Resistencia a compresión axial (kg/cm²)

Ab: Área bruta del espécimen (cm²)

L: Largo del murete (cm)

H: Altura del murete (cm)

T: Espesor del murete (cm)

Se determinó la resistencia característica al corte (V'm) de los muretes restando el promedio de la resistencia de los ensayos (X) con la desviación estándar de la prueba.

$$V'm = X - \sigma$$

Donde:

V'm: Resistencia característica al corte (kg/cm²)

X: Resistencia promedio al corte (kg/cm²)

σ : Desviación estándar (kg/cm²)

3.6.8.- *Elaboración de cubos de mortero*

De cada preparación de mortero que se empleó en los prismas y muretes se elaboró tres cubos siguiendo los procedimientos como indica la NTP 334.051.

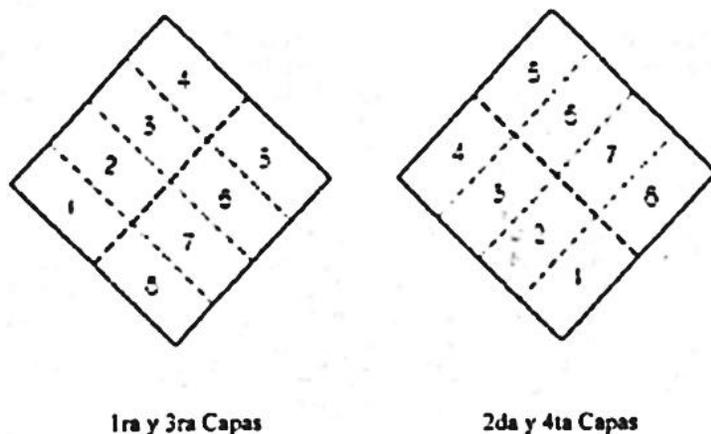
Fotografía 23. Molde para ensayo a compresión de mortero



Fuente: Elaboración propia.

Se lubrico el molde metálico de 50 mm X 50 mm que se cuenta en laboratorio de Tecnología del Hormigón, se vertió el mortero en dos capas y cada capa se apisonó con un apisonador de madera de 13mm x 25mm con 32 golpes en un tiempo de 10 segundos el orden de los golpes se dará como se ve en la figura 12

Figura 12. Orden de apisonado en el molde para ensayo de mortero.



Fuente: NTP 334.051.1998

Fotografía 24. Elaboración de los cubos para ensayo a compresión en mortero



Fuente: Elaboración propia.

Una vez apisonado la última capa, se afinará la superficie para su posterior secado al ambiente en el molde por un tiempo de 24 hrs. Transcurrido este tiempo se desmoldó los 3 cubos para introducir en una bolsa de nailon para su curado de la misma forma y frecuencia que se realizó al muro y los prismas.

3.6.8.1.- Resistencia a compresión del mortero.

El ensayo de resistencia a compresión de morteros se realizó previamente el mismo día que se realice los ensayos de pilas y muretes.

Se empleó el dispositivo de compresión de morteros 50mm x 50mm, que se colocará en la prensa pequeña que debió ser configurado para ensayo a compresión en morteros, pesar el mortero por ser un dato indispensable para realizar el ensayo y colocarlo en la prensa.

Fotografía 25. Colocado del mortero en la prensa



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y ANÁLISIS

CAPÍTULO IV:

4.- Resultados y análisis

4.1.- Propiedades físicas del bloque de mampostería

4.1.1.- Variación de dimensional

Se realizó la medición de 5 bloques para cada porcentaje de contenido de hojuelas PET siendo en total 20 bloques de concreto medidos. En la tabla 44 se tiene las mediciones promedio y las variaciones dimensionales por cada tipo de bloque, el desarrollo del cálculo se tiene en los Anexos B.

Tabla 44. Resumen de variación dimensional de los bloques de concreto

MUESTRA ENTERA N.º	Variación dimensional						Tabique	Espesor en L	Espesor en A
	Ap	A%	Hp	H%	Lp	L%	Bp	eL	eA
	mm		mm		mm		mm	mm	mm
B1-Patron	148,7	0,87	197,8	1,10	397,4	0,65	30,2	28,8	29,4
B2-PET I	148,9	0,73	197,7	1,18	397,9	0,53	29,9	28,9	29,1
B3-PET III	148,7	0,87	198	1,00	398,2	0,45	29,9	28,6	29,0
B4-PET V	148,6	0,93	198,1	0,95	395,9	1,03	29,8	28,8	28,5

Fuente: Elaboración propia.

Observando los porcentajes de variación máxima para bloques portantes en la tabla 19 se determina los bloques promedio B1-Patrón, B2-PET I, B3-PET III y B4-PET IV se encuentran dentro de tolerancia máxima como bloque de concreto portante.

4.1.2.- Alabeo

La medición del alabeo se realizó a 10 unidades para cada tipo de bloque y al contar con 4 tipos de contenidos diferentes de hojuelas PET se analizó en total a 40 bloques de concreto. En la tabla 45 se tiene el promedio de alabeo para diferentes contenidos de PET, en el Anexo B se tiene más desarrollado y procesado los datos.

En los diferentes tipos de bloques de concreto con contenido diferente de hojuelas PET se cumple con el máximo alabeo para un Bloque portante que indica en la tabla 20 que corresponde a la Norma E. 090: 2006.

Tabla 45. Resumen del alabeo de los bloques de concreto

Muestra	Elemento	Alabeo (mm)	Verificación (máx. 4mm)
1	B-Patrón	2	cumple
2	B-PET I	2,25	cumple
3	B-PET III	2,1	cumple
4	B-PET V	1,95	cumple

Fuente: NE.070,2006 Albañilería.

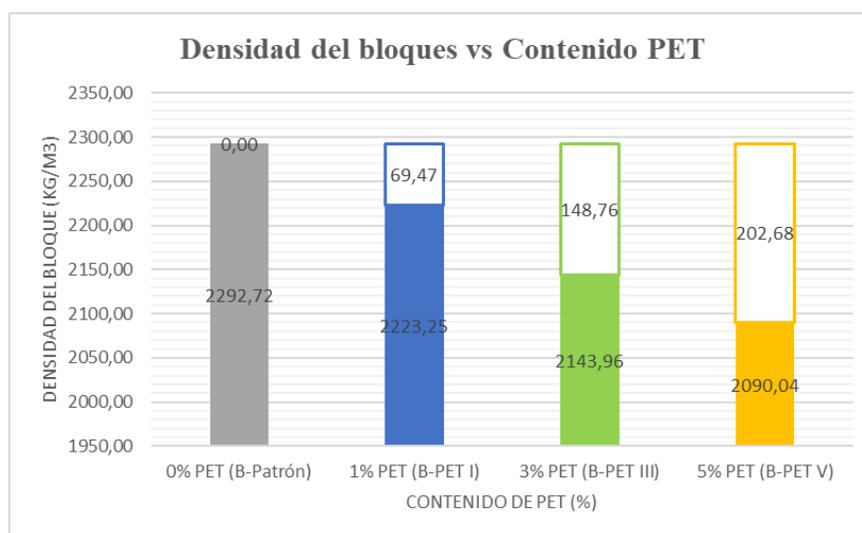
4.1.3.- Densidad y porcentaje de absorción del bloque de concreto

El ensayo se realizó en 5 unidades para cada tipo de bloque con contenido PET diferente, siendo en total 20 bloques enteros de concreto y todo a detalle se encuentra en los Anexos B. En la tabla 46 se tiene un resumen en promedio de los bloques de concreto con contenido diferente de hojuelas PET.

Tabla 46.Densidad y % de absorción promedio de los bloques de concreto

Características	Patrón	1% PET	3% PET	5% PET
Densidad del bloque (Kg/m ³)	2292,72	2223,25	2143,96	2090,04
Densidad S.S.S. (Kg/m ³)	2414,53	2358,65	2297,87	2244,08
Densidad aparente (Kg/m ³)	2610,80	2571,44	2533,95	2470,64
Absorción (%)	5,31	6,09	7,18	7,37

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 4. Variación de densidad de los bloques respecto al contenido de PET

Fuente: Elaboración propia.

En los cuatro casos de los bloques de concreto con diferente contenido de hojuelas PET se tienen porcentajes de absorción menores al 12% que indica la norma E. 070 como la máxima absorción para concreto. De la tabla 46 se puede indicar que los bloques con 5% de contenido de PET es el tipo de bloque con más elevado porcentaje de absorción.

De la gráfica 4 se aprecia notoriamente disminución de la densidad de los bloques al aumentar el contenido de hojuelas PET. Siendo los bloques B-PET V (contenido PET de 5%) los más ligeros, del resto de bloques con contenido PET en 0%, 1% y 3%. Por lo tanto, los bloques B-Patrón (contenido PET de 0%) al ser patrón y no contener hojuelas viene siendo los bloques con mayor densidad.

4.2.- Propiedades mecánicas del bloque de mampostería

4.2.1.- Resistencia a la compresión de unidades de mampostería

Tabla 47. Datos de resistencia a compresión de bloques de concreto PET

Ensayo N.º	Elemento	Lectura (KN)	Resistencia (N/mm ²)
1	B1-Patron	272,10	8,650
2	B2-Patron	268,30	8,529
3	B3-Patron	270,60	8,602
4	B4-Patron	269,70	8,573
5	B5-Patron	265,70	8,446
6	B1-PET I	271,30	8,624
7	B2-PET I	280,10	8,904
8	B3-PET I	277,10	8,809
9	B4-PET I	272,60	8,666
10	B5-PET I	270,70	8,605
11	B1-PET III	240,00	7,629
12	B2-PET III	235,70	7,493
13	B3-PET III	239,20	7,604
14	B4-PET III	243,10	7,728
15	B5-PET III	234,20	7,445
16	B1-PET V	195,80	6,224
17	B2-PET V	204,10	6,488
18	B3-PET V	198,50	6,310
19	B4-PET V	200,80	6,383
20	B5-PET V	190,30	6,049

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el ensayo de resistencia a compresión con 5 unidades de cada tipo de bloque de concreto con contenido diferente de hojuelas PET, realizando en un total a 20 unidades. En la tabla 47 se tiene los datos de resistencia a compresión de los bloques de concreto, teniendo desarrollado este cálculo en Anexo B.

4.2.1.1.- Depuración de datos, ensayo de resistencia a compresión por unidad

Tabla 48: Resumen de resistencia a compresión, bloque patrón

Identificación de bloque	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Tratamiento estadístico	
	Xi	Xi-X	(Xi-X) ²
B1-Patrón	8,650	0,09	0,008
B2-Patrón	8,529	-0,03	0,001
B3-Patrón	8,602	0,04	0,002
B4-Patrón	8,573	0,01	0,000
B5-Patrón	8,446	-0,11	0,013
Media	8,560	Σ=	0,02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49: Tratamiento estadístico, bloque patrón

Varianza	σ^2	0,0060
Desviación estándar	σ	0,08
Coefficiente de Variación	CV	0,90%
Error medio de la media	σ_m	0,03
Nivel de Confianza	NC	95,00%
	z	1,96
Error Probable	Ep	0,07
Valor aceptado (superior)	Vas	8,628
Valor aceptado (inferior)	Vai	8,492
Tamaño de nuestra	n	10

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Se depuran datos al evaluar que los bloques B1-Patrón y B5-Patrón, ya que estos se encuentran fuera de las condiciones estadísticas de borde. Dichos datos depurados no son tomados en cuenta en los cálculos posteriores.

Tabla 50: Resultado final del bloque patrón

Identificación de bloque	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Resistencia a compresión corregido (N/mm ²)	CV (%)	D.S (σ)	Tamaño de muestra (n)
B2-Patrón	8,529	8,568	0,43%	0,037	3
B3-Patrón	8,602				
B4-Patrón	8,573				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51: Resumen de resistencia a compresión en bloque con 1% de PET

Identificación de bloque	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Tratamiento estadístico	
	Xi	Xi-X	(Xi-X) ²
B1-PET I	8,624	-0,10	0,010
B2-PET I	8,904	0,18	0,033
B3-PET I	8,809	0,09	0,008
B4-PET I	8,666	-0,06	0,003
B5-PET I	8,605	-0,12	0,014
Media	8,722	Σ=	0,07

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52: Tratamiento estadístico, bloque con 1% de PET

Varianza	σ ²	0,02
D.S.	σ	0,13
Coficiente de Variación	CV	1,49%
Error medio de la media	σ _m	0,06
Nivel de Confianza	NC	95,00%
	z	1,96
Error Probable	Ep	0,11
Valor aceptado (superior)	V _{as}	8,835
Valor aceptado (inferior)	V _{ai}	8,608
Tamaño de nuestra	n	26

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Se depuran datos al evaluar que los bloques B2-PET I y B5-PET I, ya que estos se encuentran fuera de las condiciones estadísticas de borde. Dichos datos depurados no son tomados en cuenta en los cálculos posteriores. Para más detalle anexo C.

Tabla 53: Resultado final de bloque con 1% de PET

Identificación de bloque	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Resistencia a compresión corregido (N/mm ²)	CV (%)	D.S (σ)	Tamaño de muestra (n)
B1-PET I	8,624	8,700	1,11%	0,097	15
B3-PET I	8,809				
B4-PET I	8,666				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54: Resumen de resistencia a compresión de bloque con 3% de PET

Identificación de bloque	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Tratamiento estadístico	
	Xi	Xi-X	(Xi-X) ²
B1-PET III	7,629	0,05	0,002
B2-PET III	7,493	-0,09	0,008
B3-PET III	7,604	0,02	0,001
B4-PET III	7,728	0,15	0,022
B5-PET III	7,445	-0,13	0,018
Media	7,580	Σ=	0,05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55: Tratamiento estadístico, bloque con 3% de PET

Varianza	σ ²	0,01
D.S.	σ	0,11
Coficiente de Variación	CV	1,48%
Error medio de la media	σm	0,05
Nivel de Confianza	NC	95,00%
	z	1,96
Error Probable	Ep	0,10
Valor aceptado (superior)	Vas	7,678
Valor aceptado (inferior)	Vai	7,481
Tamaño de nuestra	n	20

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Se depuran datos al evaluar que los bloques B4-PET III y B5-PET III, ya que estos se encuentran fuera de las condiciones estadísticas de borde. Dichos datos depurados no son tomados en cuenta en los cálculos posteriores. Para más detalle anexo C.

Tabla 56: Resultado final de bloque 3% de PET

Identificación de bloque	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Resistencia a compresión corregido (N/mm ²)	CV (%)	D.S (σ)	Tamaño de muestra (n)
B1-PET III	7,629	7,575	0,96%	0,072	9
B3-PET III	7,493				
B4-PET III	7,604				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57: Resumen de resistencia a compresión de bloque con 5% PET

Identificación de bloque	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Tratamiento estadístico	
	Xi	Xi-X	(Xi-X) ²
B1-PET V	6,224	-0,07	0,004
B2-PET V	6,488	0,20	0,039
B3-PET V	6,310	0,02	0,000
B4-PET V	6,383	0,09	0,009
B5-PET V	6,049	-0,24	0,058
Media	6,291	Σ=	0,11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58: Tratamiento estadístico, bloque con 5% PET

Varianza	σ ²	0,03
D.S.	σ	0,17
Coefficiente de Variación	CV	2,64%
Error medio de la media	σm	0,07
Nivel de Confianza	NC	95,00%
	z	1,96
Error Probable	Ep	0,15
Valor aceptado (superior)	Vas	6,437
Valor aceptado (inferior)	Vai	6,145
Tamaño de nuestra	n	43

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Se depuran datos al evaluar que los bloques B2-PET V y B5-PET V, ya que estos se encuentran fuera de las condiciones estadísticas de borde. Dichos datos depurados no son tomados en cuenta en los cálculos posteriores.

Tabla 59: Resultado final de bloque con 5% PET

Identificación de bloque	Resistencia a compresión (N/mm ²)	Resistencia a compresión corregido (N/mm ²)	CV (%)	D.S (σ)	Tamaño de muestra (n)
B1-PET V	6,224	6,306	1,26%	0,080	10
B3-PET V	6,310				
B4-PET V	6,383				

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2.- Análisis estadístico, coeficiente de variación (CV)

Tabla 60: Resumen de resultados de Coeficiente de Variación, resistencia a compresión

Muestra	CV resistencia promedio (%)	Valor de CV	Grado en que la media representa a la serie
B-Patrón	0,43%	0 - 10 %	Media altamente representativa
B-PET I	1,11%	0 - 10 %	Media altamente representativa
B-PET III	0,96%	0 - 10 %	Media altamente representativa
B-PET V	1,26%	0 - 10 %	Media altamente representativa

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Como se puede observar los valores de CV se encuentran en un rango de 0 a 10%, por lo que la serie de datos de resistencia a compresión en bloques de concreto con adición de PET se consideran altamente representativos. Para más detalle anexo C.

4.2.1.3.- Resultados promedio final de la resistencia a compresión

Se trabajo con 5 muestras para cada porcentaje 0%, 1%, 3% y 5% de PET para el ensayo se resistencia a compresión por unidad del bloque hueco de concreto, por recomendación de muestreo en la NE.070 esta referencia se encuentra en Anexo C.

La resistencia característica a compresión que ofrece los bloques B-Patrón, B-PET I, B-PET III, B-PET V cumplen con la resistencia para ser clasificados como bloques portantes,

como lo indica en la tabla 22 siendo la resistencia compresión mínima $f'_b = 4,9\text{MPa}$. Pero los bloques B-PET I que sería aquellos que tienen un contenido de hojuelas PET del 1% son los que tienen un aumento significativo de resistencia característica a la compresión que los demás bloques con diferentes contenidos de hojuelas PET como se puede apreciar en la Grafica 5.

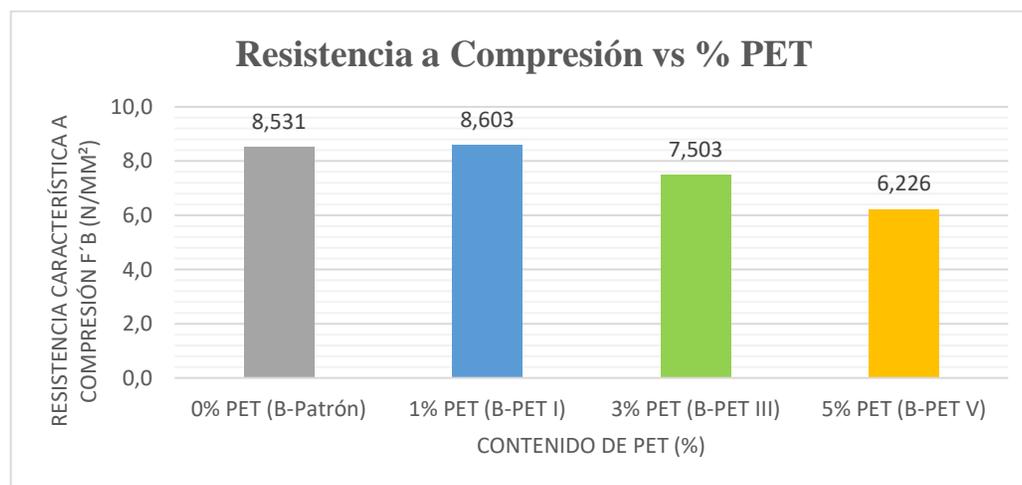
Tabla 61: Resumen de resistencia a compresión característica

Elementos promedio	Peso (Kg)	Reducción de peso (%)	Área neta A (mm ²)	Carga F (KN)	Resistencia f_b (N/mm ²)	Desv. Estándar σ	Resis. característica f'_b (N/mm ²)
B-Patrón	14,663	100%	31457,54	269,5	8,568	0,037	8,531
B-PET I	14,6583	-0,03%	31457,54	273,7	8,700	0,097	8,603
B-PET III	14,5217	-0,97%	31457,54	238,3	7,575	0,073	7,503
B-PET V	14,035	-4,29%	31457,54	198,4	6,306	0,080	6,226

Fuente: Elaboración propia.

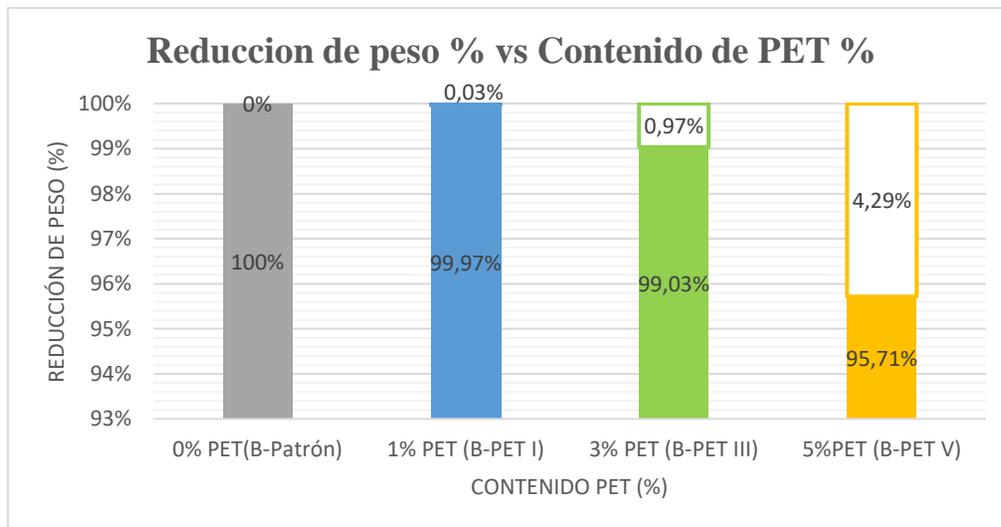
Observando el grafico 6 que se elaboró con los resultados de la tabla 61 podemos apreciar que a mayor contenido de hojuelas PET se obtienen bloques de concreto más ligeros, siendo el bloque de concreto patrón o el bloque con 0% de contenido de hojuelas PET el bloque más pesado en comparación con los bloques con contenido de PET del 1%, 3% y 5%.

Gráfica 5. Variación de resistencia característica a compresión respecto al contenido de PET



Fuente: Elaboración propia.

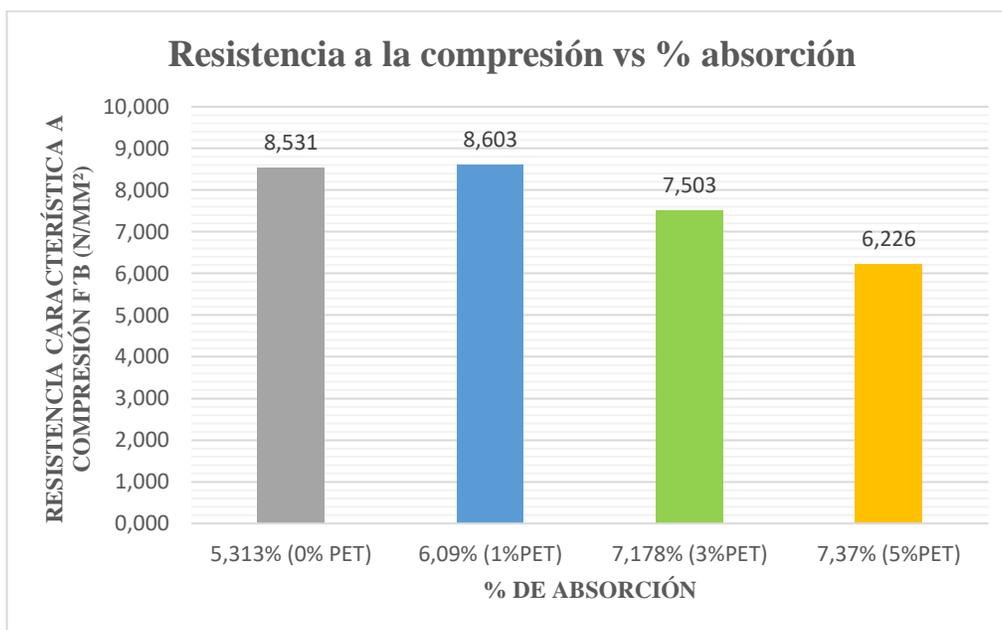
Gráfica 6. Reducción del peso de los bloques respecto al contenido de PET



Fuente: Elaboración propia.

Siendo los bloques con adición en 5% de PET (B-PET V) los más ligeros en comparación con los bloques con adición de PET en 0%, 1% y 3% (B-Patrón, B-PET I y B-PET III), obteniendo una reducción del peso en -4,29% respecto al bloque patrón (B-Patrón).

Gráfica 7. Comportamiento de la resistencia a compresión con % de absorción de los bloques



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica 7 se aprecia que a mayor contenido de hojuelas PET se tiene un mayor porcentaje de absorción de los bloques de concreto y por consecuencia menor resistencia característica a compresión. Excepto en el bloque B-PET I que tiene un contenido de hojuelas PET del 1%, siendo su porcentaje de absorción 0,78% mayor que el bloque patrón (B-Patrón) y a la vez una resistencia característica a compresión es 0,844% mayor que la de un bloque patrón (B-Patrón).

4.2.2.- Compresión axial de prismas de mampostería

El número de muestras para este ensayo es de 3 pilas de bloque de concreto para contenidos diferentes de hojuelas PET, ensayando a los 28 días de edad y realizando el ensayo en un total de 12 pilas, estos datos y cálculos se encuentran detalladamente en anexos B. Se analizó la carga máxima de rotura y la esbeltez.

Tabla 62: Datos obtenidos de la resistencia a compresión axial en pilas

Elementos promedio	Carga F (KN)	Resistencia (N/mm²)
PB1-Patron	323,1	10,209
PB2-Patron	323,5	10,221
PB3-Patron	328,3	10,373
PB1-PET I	325,1	10,272
PB2-PET I	333,8	10,547
PB3-PET I	330,5	10,442
PB1-PET III	290,4	9,175
PB2-PET III	300,5	9,495
PB3-PET III	295,7	9,343
PB1-PET V	255,6	8,076
PB2-PET V	250,7	7,921
PB3-PET V	241,2	7,621

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.1.- Depuración de datos, ensayo de resistencia a compresión por unidad

Tabla 63: Resumen de resistencia a compresión en pilas de bloque patrón

Identificación de bloque	Resistencia a compresión axial en pilas (MPa)	Tratamiento estadístico	
	Xi	Xi-X	(Xi-X)^2
PB1-Patrón	10,770	-0,07	0,004
PB2-Patrón	10,794	-0,04	0,002
PB3-Patrón	10,943	0,11	0,012
Media	10,836	Σ=	0,02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64: Tratamiento estadístico, bloques patrón

Varianza	σ^2	0,01
D.S.	σ	0,09
Coefficiente de Variación	CV	0,86%
Error medio de la media	σ_m	0,05
Nivel de Confianza	NC	95,00%
	z	1,96
Error Probable	Ep	0,11
Valor aceptado (superior)	Vas	10,942
Valor aceptado (inferior)	Vai	10,730
Tamaño de muestra	n	14

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Se depuran datos al evaluar que los bloques PB3-Patrón, ya que estos se encuentran fuera de las condiciones estadísticas de borde. Dichos datos depurados no son tomados en cuenta en los cálculos posteriores.

Tabla 65: Resultado final de resistencia a compresión en pilas patrón

Identificación de bloque	Resistencia a compresión axial en pilas (N/mm ²)	Resistencia a compresión corregido (N/mm ²)	C.V (%)	D.S (σ)	Tamaño de muestra (n)
PB1-Patrón	10,770	10,782	0,16%	0,0170	1
PB2-Patrón	10,794				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66: Resumen de resistencia a compresión en pilas con 1% PET

Identificación de bloque	Resistencia a compresión axial en pilas (N/mm ²)	Tratamiento estadístico	
	Xi	Xi-X	(Xi-X) ²
PB1-PET I	10,837	-0,16	0,027
PB2-PET I	11,146	0,15	0,021
PB3-PET I	11,017	0,02	0,000
Media	11,000	$\Sigma=$	0,05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67: Tratamiento estadístico, pilas con 1% PET

Varianza	σ^2	0,02
D.S.	σ	0,16
Coefficiente de Variación	CV	1,41%
Error medio de la media	σ_m	0,09
Nivel de Confianza	NC	95,00%
	z	1,96
Error Probable	Ep	0,18
Valor aceptado (superior)	Vas	11,176
Valor aceptado (inferior)	Vai	10,824
Tamaño de nuestra	n	38

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Todos los datos cumplen con las condiciones estadísticas de borde, por lo que todos los datos serán utilizados en los cálculos posteriores.

Tabla 68: Resultado final de pilas con 1% PET

Identificación de bloque	Resistencia a compresión axial en pilas (N/mm ²)	Resistencia a compresión corregido (N/mm ²)	C.V (%)	D.S (σ)
PB1-PET I	10,837	11,000	1,41%	0,155
PB2-PET I	11,146			
PB3-PET I	11,017			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69: Resumen de resistencia a compresión en pilas de 3% PET

Identificación de bloque	Resistencia a compresión axial en pilas (N/mm ²)	Tratamiento estadístico	
	Xi	Xi-X	(Xi-X) ²
PB1-PETIII	9,697	-0,17	0,029
PB2-PETIII	10,028	0,16	0,026
PB3-PETIII	9,874	0,01	0,000
Media	9,866	$\Sigma=$	0,05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70: Tratamiento estadístico, pilas de 3% PET

Varianza	σ^2	0,03
D.S.	σ	0,17
Coefficiente de Variación	CV	1,68%
Error medio de la media	σ_m	0,10
Nivel de Confianza	NC	95,00%
	z	1,96
Error Probable	Ep	0,19
Valor aceptado (superior)	Vas	10,054
Valor aceptado (inferior)	Vai	9,679
Tamaño de muestra	n	43

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Todos los datos cumplen con las condiciones estadísticas de borde, por lo que todos los datos serán utilizados en los cálculos posteriores.

Tabla 71: Resultado final de pilas con 3% PET

Identificación de bloque	Resistencia a compresión axial en pilas (N/mm ²)	Resistencia a compresión corregido (N/mm ²)	C.V (%)	D.S (σ)
PB1-PETIII	9,697	9,866	1,68%	0,166
PB2-PETIII	10,028			
PB3-PETIII	9,874			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72: Resumen de resistencia a compresión en pilas con 5% PET

Identificación de bloque	Resistencia a compresión axial en pilas (N/mm ²)	Tratamiento estadístico	
	Xi	Xi-X	(Xi-X) ²
PB1-PET V	8,528	0,21	0,046
PB2-PET V	8,357	0,04	0,002
PB3-PET V	8,058	-0,26	0,066
Media	8,314	$\Sigma=$	0,11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 73: Tratamiento estadístico, pilas con 5% PET

Varianza	σ^2	0,06
D.S.	σ	0,24
Coefficiente de Variación	CV	2,86%
Error medio de la media	σ_m	0,14
Nivel de Confianza	NC	95,00%
	z	1,96
Error Probable	Ep	0,27
Valor aceptado (superior)	Vas	8,584
Valor aceptado (inferior)	Vai	8,045
Tamaño de muestra	n	87

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Todos los datos cumplen con las condiciones estadísticas de borde, por lo que todos los datos serán utilizados en los cálculos posteriores.

Tabla 74: Resultado final de pilas con 5% PET

Identificación de bloque	Resistencia a compresión axial en pilas (N/mm ²)	Resistencia a compresión corregido (N/mm ²)	C.V (%)	D.S (σ)
PB1-PET V	8,528	8,314	2,86%	0,238
PB2-PET V	8,357			
PB3-PET V	8,058			

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.2.- Análisis estadístico, coeficiente de variación (CV)

Tabla 75: Resultados de Coeficiente de Variación, resistencia a compresión en pilas

Muestra	CV resistencia promedio (%)	Valor de CV	Grado en que la media representa a la serie
PB-Patrón	0,16%	0 - 10 %	Media altamente representativa
PB-PET I	1,41%	0 - 10 %	Media altamente representativa
PB-PET III	1,68%	0 - 10 %	Media altamente representativa
PB-PET V	2,86%	0 - 10 %	Media altamente representativa

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Como se puede observar los valores de CV se encuentran en un rango de 0 a 10%, por lo que la serie de datos de resistencia a compresión en bloques de concreto con adición de PET se consideran altamente representativos. Para más detalle anexo C.

4.2.2.3.- Resultados promedio final de la resistencia a compresión

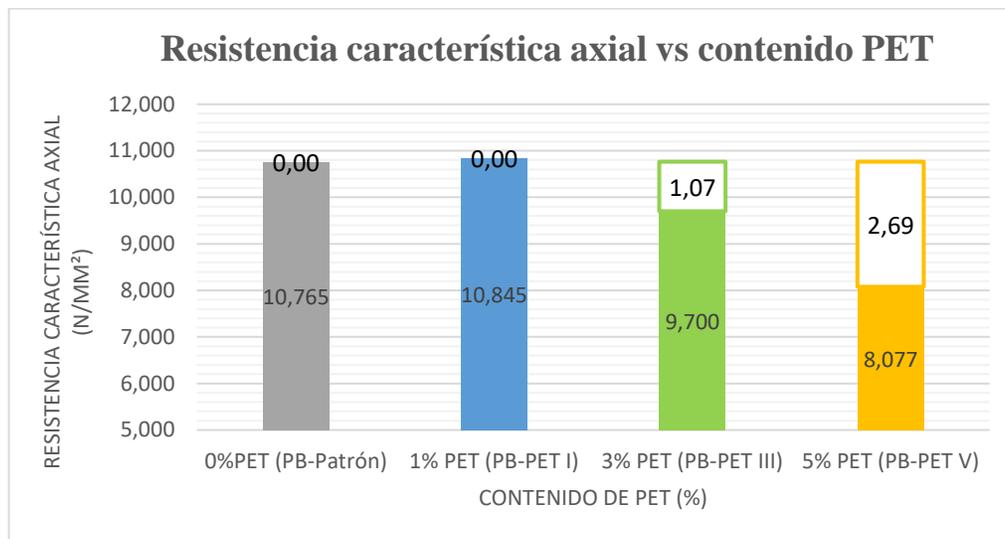
Tabla 76: Resistencia a compresión característica promedio de pilas con PET

Elementos promedio	Carga F (KN)	Resit. Prom. f_m (N/mm ²)	Rest. Caract f'_m (N/mm ²)	Reducción f'_m %
PB-Patron	323,3	10,782	10,765	100%
PB-PET I	329,8	11,000	10,845	0,7%
PB-PET III	295,5	9,866	9,700	-9,9%
PB-PET V	249,2	8,314	8,077	-25,0%

Fuente: Elaboración propia.

Se trabajo con 3 muestras para cada porcentaje 0%, 1%, 3% y 5% de PET para el ensayo se resistencia a compresión axial en pilas del bloque hueco de concreto, por recomendación de muestreo en la NTP 399.605 esta referencia se encuentra en Anexo C.

Gráfica 8. Variación de la resistencia a compresión de prisma vs contenido PET



Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 76 se tiene la resistencia a compresión característica axial en pilas de los bloques de concreto adicionado con hojuelas PET en diferentes porcentajes, los que cumplen con la resistencia mínima para ser clasificados como bloque para muro portante, el rango de resistencia para compresión axial en prismas se encuentra en la tabla 23. Para definir el tipo de falla que se obtuvo en cada tipo de pila con diferente contenido de PET se empleó la figura en la que podemos clasificar: para las pilas con 0% de PET (PB-Patrón) en las 3 pilas se tuvo la falla de 1). Rotura cónica, para pilas con 1% PB-PET I en las 3 pilas se tuvo la falla 2) Cónico y corte, en las pilas con 3% de PET (PB-PET III) se tuvo la falla 3). Cónico y dividido y por ultimo las pilas con 5% de PET (PB-PET V) se dio la falla 6). Rotura por corte.

En la gráfica 8 se observa que los bloques con contenido PET del 5% son los que dan menores resistencias características a compresión en prismas en comparación con los demás tipos bloques. Los bloques PB-PET I presentan un aumento significativo de resistencia característica a compresión en comparación a los bloques patrón (PB-Patrón).

4.2.3.- Resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería

Tabla 77. Datos del ensayo a resistencia al corte en muretes con diferentes % PET

Elemento Promedio	Lectura (KN)	Resistencia (N/mm²)
MB1-Patron	127,0	0,97
MB2-Patron	134,0	1,02
MB3-Patron	120,5	0,92
MB1-PET I	106,0	0,81
MB2-PET I	98,1	0,75
MB3-PET I	101,0	0,77
MB1-PET III	94,7	0,72
MB2-PET III	86,2	0,66
MB3-PET III	80,1	0,61
MB1-PET V	52,3	0,40
MB2-PET V	58,5	0,44
MB3-PET V	57,0	0,43

Fuente: Elaboración propia.

Se ensayo 3 muretes de cada porcentaje de hojuelas PET, siendo en total 12 muros ensayados a los 28 días realizando el procedimiento como indica la NTP 399.621: 2004. En la tabla 77 se cuenta con los datos resultados obtenidos del ensayo a compresión diagonal en muretes, en la parte de anexos B se aprecia a más detalle en donde podemos observar que al adicionar más porcentaje de hojuelas PET a la mezcla de hormigón la resistencia al corte va disminuyendo.

4.2.3.1.- Depuración de datos, ensayo de resistencia al corte

Tabla 78: Resistencia al corte en bloques patrón

Identificación de bloque	Resistencia a corte (N/mm²)	Tratamiento estadístico	
	Xi	Xi-X	(Xi-X)²
MB1-Patrón	0,965	0,00	0,000
MB2-Patrón	1,019	0,05	0,003
MB3-Patrón	0,916	-0,05	0,003
Media	0,967	Σ=	0,01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 79: Tratamiento estadístico, muros con bloques patrón

Varianza	σ^2	0,003
D.S.	σ	0,05
Coefficiente de Variación	CV	5,33%
Error medio de la media	σ_m	0,03
Nivel de Confianza	NC	95,00%
	z	1,96
Error Probable	Ep	0,06
Valor aceptado (superior)	Vas	1,025
Valor aceptado (inferior)	Vai	0,908
Tamaño de muestra	n	5

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Todos los datos cumplen con las condiciones estadísticas de borde, por lo que todos los datos serán utilizados en los cálculos posteriores.

Tabla 80: Resultado final de resistencia al corte en muros con bloque patrón

Identificación de bloque	Resistencia a corte (N/mm ²)	Resistencia a compresión corregido (N/mm ²)	CV (%)	D.S (σ)
MB1-Patrón	0,965	0,967	5,33%	0,0515
MB2-Patrón	1,019			
MB3-Patrón	0,916			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 81: Resistencia al corte en muro con 1% PET

Identificación de bloque	Resistencia al corte (N/mm ²)	Tratamiento estadístico	
	Xi	Xi-X	(Xi-X) ²
MB1- PET I	0,806	0,03	0,001
MB2- PET I	0,745	-0,03	0,001
MB3- PET I	0,768	-0,01	0,000
Media	0,773	$\Sigma=$	0,002

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 82: Tratamiento estadístico, muros con 1% PET

Varianza	σ^2	0,00
D.S.	σ	0,03
Coefficiente de Variación	CV	3,99%
Error medio de la media	σ_m	0,02
Nivel de Confianza	NC	95,00%
	z	1,96
Error Probable	Ep	0,03
Valor aceptado (superior)	Vas	0,808
Valor aceptado (inferior)	Vai	0,738
Tamaño de muestra	n	2

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Todos los datos cumplen con las condiciones estadísticas de borde, por lo que todos los datos serán utilizados en los cálculos posteriores.

Tabla 83: Resultado final de resistencia al corte en muro con 1%PET

Identificación de bloque	Resistencia al corte (N/mm ²)	Resistencia a compresión corregido (N/mm ²)	CV (%)	D.S (σ)
MB1- PET I	0,806	0,773	3,99%	0,031
MB2- PET I	0,745			
MB3- PET I	0,768			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 84: Resistencia al corte en muro con 3%PET

Identificación de bloque	Resistencia al corte (N/mm ²)	Tratamiento estadístico	
	X_i	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$
MB1-PET III	0,720	0,06	0,003
MB2-PET III	0,655	-0,01	0,000
MB3-PET III	0,609	-0,05	0,003
Media	0,661	$\Sigma =$	0,01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 85: Tratamiento estadístico, muro con 3% PET

Varianza	σ^2	0,00
D.S.	σ	0,06
Coefficiente de Variación	CV	8,43%
Error medio de la media	σ_m	0,03
Nivel de Confianza	NC	95,00%
	z	1,96
Error Probable	Ep	0,06
Valor aceptado (superior)	Vas	0,724
Valor aceptado (inferior)	Vai	0,598
Tamaño de muestra	n	5

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Todos los datos cumplen con las condiciones estadísticas de borde, por lo que todos los datos serán utilizados en los cálculos posteriores.

Tabla 86: Resultado de resistencia al corte en muro con 3%PET

Identificación de bloque	Resistencia al corte (N/mm ²)	Resistencia a compresión corregido (N/mm ²)	CV (%)	D.S (σ)
MB1-PET III	0,720	0,661	8,43%	0,056
MB2-PET III	0,655			
MB3-PET III	0,609			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 87: Resistencia al corte en muro con 5%PPET

Identificación de bloque	Resistencia al corte (N/mm ²)	Tratamiento estadístico	
	Xi	Xi-X	(Xi-X) ²
MB1-PET V	0,398	-0,03	0,001
MB2-PET V	0,445	0,02	0,000
MB3-PET V	0,433	0,01	0,000
Media	0,425	$\Sigma=$	0,001

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 88: Tratamiento estadístico, muro con 5%PET

Varianza	σ^2	0,001
D.S.	σ	0,02
Coefficiente de Variación	CV	5,74%
Error medio de la media	σ_m	0,01
Nivel de Confianza	NC	95,00%
	z	1,96
Error Probable	Ep	0,03
Valor aceptado (superior)	Vas	0,453
Valor aceptado (inferior)	Vai	0,398
Tamaño de muestra	n	1

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Todos los datos cumplen con las condiciones estadísticas de borde, por lo que todos los datos serán utilizados en los cálculos posteriores.

Tabla 89: Resistencia final de muro con 5%PET

Identificación de bloque	Resistencia al corte (N/mm ²)	Resistencia promedio al corte (N/mm ²)	CV (%)	D.S (σ)
MB1-PET V	0,398	0,425	5,74%	0,024
MB2-PET V	0,445			
MB3-PET V	0,433			

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.2.- Análisis estadístico, coeficiente de variación (CV)

Tabla 90: Resultados del Coeficiente de Variación para resistencia al corte en muros

Muestra	CV resistencia promedio (%)	Valor de CV	Grado en que la media representa a la serie
MB-Patrón	5,33%	0 - 10 %	Media altamente representativa
MB-PET I	3,99%	0 - 10 %	Media altamente representativa
MB-PET III	8,43%	0 - 10 %	Media altamente representativa
MB-PET V	5,74%	0 - 10 %	Media altamente representativa

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados:

Como se puede observar los valores de CV se encuentran en un rango de 0 a 10%, por lo que la serie de datos de resistencia al corte en muros de bloques de concreto con adición de PET se consideran altamente representativos. Para más detalle anexo C.

4.2.3.3.- Resultados promedio final de la resistencia al corte

Tabla 91: Resistencia característica al corte en muros con diferentes % PET

Elemento Promedio	V _m prom. (N/mm ²)	V' _m (N/mm ²)	Reduccion V' _m %
MB-Patron	0,967	0,915	100%
MB-PET I	0,773	0,742	-18,90%
MB-PET III	0,661	0,605	-33,87%
MB-PET V	0,425	0,401	-56,24%

Fuente: Elaboración propia.

Se trabajo con 3 muestras para cada porcentaje 0%, 1%, 3% y 5% de PET para el ensayo se resistencia a compresión diagonal (corte) en muros de mampostería del bloque de concreto hueco, por recomendación de muestreo en la NTP 399.621 esta referencia se encuentra en Anexo C

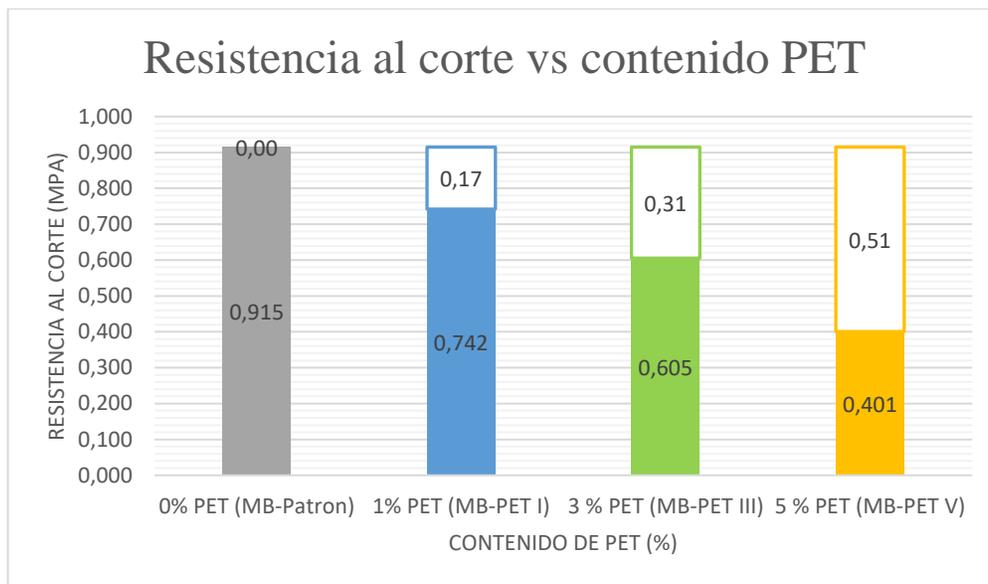
De la resistencia a compresión característica de pilas de los bloques obtiene el valor de corte máximo indicado en la Norma E.070 de la fórmula $0,319 * \sqrt{f'_m} (MPa)$, estos valores son los que se tiene en la cuarta columna de la tabla 90 y podemos que corroborar que los valores del ensayo a corte están por debajo del corte máximo. Por lo tanto, no se procede a reemplazar la resistencia al corte máximo como indica la Norma E.070.

Una falla teóricamente perfecta en un ensayo de compresión diagonal ocurre cuando la fisura se presenta en dirección vertical paralela a la línea imaginaria de contacto de los puntos de aplicación de la carga al murete de mampostería, este tipo de falla se presentó en los 12 muretes evidenciando una mampostería de comportamiento monolítico.

En la gráfica 9 podemos aprecia que con al aumentar la adición de hojuelas PET se presenta una disminución de la resistencia al corte, con más claridad que al adicionar 5% de hojuelas de PET se disminuyen un -56,24% de la resistencia al corte, siendo casi la mitad de la resistencia de la unidad patrón.

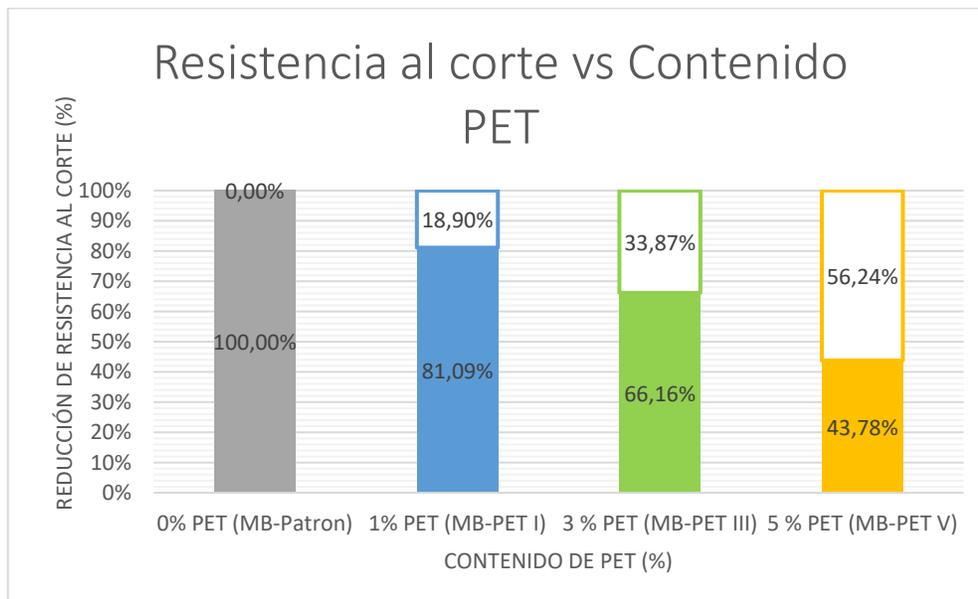
Observando la clasificación según resistencia al corte para muros portantes de la tabla 24 de la norma E.070, el muro patrón sería el único que entraría en esta clasificación. El resto de los muros con adición de PET quedan fuera de la tabla 24.

Gráfica 9. Variación de la resistencia al corte con la adición de hojuelas PET



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 10: Reducción de resistencia al corte vs % PET



Fuente: Elaboración propia.

4.3.- Resistencia a compresión de mortero

Tabla 92. Resistencia a compresión de mortero (1:3)

Resistencia promedio a compresión del mortero		
Resistencia promedio	16,099	(N/mm ²)
Desviación estándar	1,261	
Compresión característica	14,838	(N/mm ²)

Fuente: Elaboración propia

Para un mayor entendimiento de este cálculo verificar la parte de anexos C, en la tabla 92 tenemos un resumen de la resistencia a compresión característica del mortero es de 14,838 N/mm² siendo un mortero tipo 1, con dosificación 1:3 (cemento: arena) que cumple con lo que exige la norma E.070. Las muestras de morteros cúbicos fueron ensayadas previamente el mismo día que se realizó los ensayos a compresión diagonal en muretes y resistencia a compresión de prisma en pilas. En su mayoría se puede observar que los morteros tienen una resistencia a compresión mayor que los mismos bloques con diferentes porcentajes de hojuelas PET.

4.4.- Comparación de costos de una estructura aporticada y una estructura con muro portante

Se realizó una comparación evaluando el costo en la edificación mediante el uso de prescom y empleando la revista de “Presupuesto y construcción” para emplear costos de material y mano de obra actuales de una estructura aporticada tradicional la cuantía se presentan en la tabla 93, comparando con una estructura edificada con muro portante de bloque de concreto la cuantía de la misma se presenta en la tabla 94.

Tabla 93: Cuantía de estructura aporticada

N°	CUANTIA DE UNA ESTRUCTURA APORTICADA	
1	Vigas de H°A° (0,2m x 0,4m)	3,792m ³
2	Columnas de H°A° (0,3m x 0,3m)	1,836m ³
3	Muro Ladrillo 6 H e=0,15m	31,68m ²
4	Viga H° encadenado (0,20m x 0,20m)	0,176m ³
5	Losa aligerada (e = 0,20m)	97,98m ²
6	Zapatas H°A° (0,15m x 0,15m x 0,2m)	0,90m ³

Fuente: Elaboración propia

En anexos F se cuenta con todas las tablas más a detalle de esta comparación de estructura aporticada y estructura con muro portante y también los planos de ambas edificaciones.

En la tabla 95 se tiene un resumen de la evaluación es costos de ambas edificaciones donde podemos apreciar que es más beneficioso edificar empleando muros portantes obteniendo un ahorro de 3.206,34 Bs (-7,01%) esto es debido que cuando se utiliza muros portantes ya no se emplea columnas en donde se requiere mano especializada como armador para el doblado y preparado de la armazón de fierro para la columna y también de un encofrador que se requiere para el preparado del encofrado de la columna y también de las vigas resaltando que este encofrado de vigas deberán estar apuntaladas.

Referente al costo de material, en muros portantes se cuenta con un gasto mayor debido al costo por unidad de bloque de concreto y a la cantidad de material que se emplea en la elaboración de cimientos y sobrecimientos siendo primordial por ser el que distribuye las cargas al suelo provenientes de los muros.

Tabla 94: Cuantía de estructura con muro portante

Nº	CUANTIA DE UNA ESTRUCTURA CON MURO PORTANTE	
1	Vigas de H ^o A ^o (0,2m x 0,2m)	1,503m ³
2	Muro con bloque de concreto Patrón (2,6m x 5m)	13m ²
3	Muro con bloque de concreto con 3% PET (2,6m x 5m)	13m ²
4	Muro con bloque de concreto con 5% PET (2,6m x 5m)	13m ²
5	Losa aligerada (e = 0,2m)	100,485m ²
6	Sobrecimiento (5m x 0,20m x 1,5 m)	1,5m ³
7	Cimiento (0,50m x 1,5 m x 5m)	3,75m ³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 95: Comparación en costos de ambas edificaciones

Descripción	Pórtico	Muro portante
Costo de material (Bs)	30.113,31	35.389,25
Costo mano de obra (Bs)	17.707,20	9.707,74
Coto herramientas + equipo (Bs)	1.104,47	623,32
Costo M.O. + Material (Bs)	48.926,73	45.720,39
Diferencia (Bs)	-3.206,34	
Diferencia (%)	-7,01	

Fuente: Elaboración propia

Se tiene un gasto menor en herramientas y equipo debido que en una estructura aporricada que cuentan con columnas y vigas de grandes dimensiones siendo importantes por ser los que transmiten las cargas de la estructura al suelo y para su vaciado se requiere del uso de mezcladora y vibradora. También se emplea más herramientas al elaborar los encofrados que deberán ser apuntalados tanto las columnas como vigas.

4.5.- Resumen de presupuesto

En la tabla 96 se tiene un resumen del costo por unidad de bloque que se elabora de manera manual y con diferentes porcentajes de contenido en PET.

Tabla 96: Resumen del costo por unidad de bloque

Tipo de bloque	costo unidad Bs	Diferencia costo %	Resist. Compres. f'_{b} (N/mm ²)	Diferencia Resist. f'_{b} (%)	Peso kg	Diferencia de Peso %	Verificación de Resistencia a $f'_{b}(\text{min.}) = 4,9 \text{ N/mm}^2$
Boque con 0 %PET	12	0	8,531	0	14,663	0	cumple como bloque portante
Boque con 1 %PET	14	+16,67	+8,603	+0,84	14,658	-0,03	cumple como bloque portante
Boque con 3 %PET	18	+50,00	-7,503	-12,05	14,522	-0,97	cumple como bloque portante
Boque con 5 %PET	22	+83,33	-6,226	-27,02	14,035	-4,29	cumple como bloque portante

Fuente: Elaboración propia

4.6.- Discusión de resultados

Con la adición del agregado plástico (hojuelas PET) en diferentes porcentajes a la mezcla de concreto se logró aligerar los bloques de concreto llegando obtener una reducción de W (1%) = -0,034%, W (3%) = - 0,97% y W (5%) = - 4,29% comparando con un bloque patrón. Esta propiedad se puede dar por 2 factores una seria porque las partículas del agregado plástico son menos pesadas que de los agregados pétreos y otra que debido a la forma de las hojuelas se cuenta con más vacíos en el bloque.

Al obtener un bloque con más vacíos nos resulta en un bloque más ligero esto repercute en la resistencia mecánica de los bloques. Logrando obtener las siguientes resistencias características a compresión con valores f'_{b} (0%) = 8,531 MPa, f'_{b} (1%) = +8,603 MPa, f'_{b} (3%) = -7,503 MPa y f'_{b} (5%) = -6,226 MPa. También se determinó la resistencia a compresión axial característica en pilas con valores de f'_{m} (0%) = 10,765 MPa, f'_{m} (1%) = +10,845 MPa, f'_{m} (3%) = - 9,700 MPa y f'_{m} (5%) = - 8,077 MPa con variaciones de +0,7%, -9,9% y -25,0% respecto al bloque patrón. La resistencia a corte característica en muretes es de V'_{m} (0%) = 0,915 MPa, V'_{m} (1%) = 0,742 MPa, V'_{m} (3%) = 0,605 MPa y V'_{m} (5%) = 0,401 MPa con reducciones de 100%, -18,90%, -33,87% y -56,24% en bloques con 0%, 1%, 3% y 5% de contenido en PET.

Al adicionar 1% de PET se obtiene una reducción -0,005kg de peso del bloque respecto al patrón, pero la resistencia característica a compresión aumenta significativamente en +0,072MPa ambas propiedades brindan una mejora baja. Al 5% de PET se cuenta con una reducción en peso de -0.628 kg y también una reducción en la resistencia característica a compresión de -2,358MPa, al ser más ligero el bloque se tiene una reducción en su

resistencia a compresión, pero a pesar de esta reducción según la tabla 22 el bloque sigue clasificándose como bloque para muro portante.

En base a los precios unitarios realizados, el costo para la elaboración de bloques de concreto aumenta al tener un mayor contenido de hojuelas PET, debido al precio de 10bs por 1 kg de PET, llegando a tener un costo del bloque más ligero de +83,33% más caro respecto al bloque convencional, desde el punto de vista económico se recomienda optar por un bloque de 3% de PET cuyo costo es +50,0% más caro que el bloque patrón.

Si se opta por el uso de bloque de concreto con 1% de PET se tendrá un bloque más resistente y un poco más ligero que uno patrón y el costo por elaborarlo es mínimo de 16,67% al convencional. Pero si se requiere un bloque mucho más ligero y cumpla con las condiciones de resistencia a compresión de bloque portante se recomienda emplear el bloque con 5% PET reduciendo -4,29% de peso, -27,02% de la resistencia a compresión y un aumento en el costo de elaboración de +83,33%, respecto con el bloque patrón.

4.7.- Contrastación de hipótesis

La hipótesis nos indicaba que con la adición de agregado plástico reciclado (hojuelas PET), los bloques de concreto deberían cumplir con la resistencia a compresión mínima para ser clasificado como bloque portante y ser por lo menos 5% más ligero del peso en comparación de un bloque patrón.

Con los resultados obtenidos de los diferentes bloques con contenido de PET en diferentes porcentajes se presentó que a mayor contenido PET mayor es la disminución del peso del bloque de concreto al igual que la densidad.

Se obtuvo un aumento de resistencia a compresión en los bloques que se adicionó 1% de PET en comparación a los bloques patrón, con los bloques de 3% PET y 5% PET se obtuvo resistencias a compresión por debajo del bloque patrón, pero a pesar de ello estos bloques continúan clasificándose como bloques de muros portantes. En la resistencia a compresión diagonal (corte) se tiene una disminución de resistencia con los porcentajes 1%, 3% y 5% de adición del PET.

Al adicionar 5% en hojuelas PET reciclado se llegó a obtener un bloque más ligero de -4,29% en comparación al peso de un bloque patrón y con resistencia a compresión de un muro portante según la clasificación de la norma E.070:2006-albañilería.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- Conclusiones

- En la caracterización de los agregados tanto el agregado grueso (gravilla), como el agregado fino (arena) cumplen con los requisitos que exigen las normas NTP 400.037 (granulometría agregado grueso y fino), NTP 400.021 (densidad y absorción del agregado grueso), NTP 400.022 (densidad y absorción del agregado fino), NTP 400.017 (peso unitario del agregado grueso y fino)
- En algunas propiedades físicas como ser variación de dimensión y alabeo no se tiene una variación entre bloques con diferentes contenidos de hojuelas PET, en cada tipo de bloque de concreto B-Patrón (0%), B-PET I (1%), B-PET III (3%) y B-PET V (5%) se cumple con la tolerancia de variación de dimensiones y alabeo para un bloque portante como indica la norma E.070.
- Mientras más es el porcentaje de contenido de hojuelas PET 0%, 1%, 3% y 5% la densidad del bloque de concreto será menor $\rho_{(0\%)} = 2292,72 \text{ Kg/m}^3$, $\rho_{(1\%)} = 2223,25 \text{ Kg/m}^3$, $\rho_{(3\%)} = 2143,96 \text{ Kg/m}^3$ y $\rho_{(5\%)} = 2060,04 \text{ Kg/m}^3$ inversamente es lo que paso con su propiedad de absorción $\text{abs.}_{(0\%)} = 5,31\%$, $\text{abs.}_{(1\%)} = 6,09\%$, $\text{abs.}_{(3\%)} = 7,18\%$, $\text{abs.}_{(5\%)} = 7,37\%$. En conclusión, el agregado plástico viene reemplazando el lugar de la gravilla o arena en los poros del bloque, pero al tener un mayor porcentaje de absorción a mayor contenido de PET se concluye que el agregado plástico PET no puede acomodarse con la gravilla y arena por lo que genera vacíos en el bloque de concreto. Según norma E.070 la absorción máxima es del 12% para bloques de concreto por lo que se aprecia con los resultados en donde la máxima absorción obtenida es de 7,37% encontrándose por muy debajo del límite.
- En promedio el peso de los bloques con contenido de PET se tiene $W_{(0\%)} = 14,663 \text{ kg}$, $W_{(1\%)} = 14,658 \text{ kg}$, $W_{(3\%)} = 14,522 \text{ kg}$ y $W_{(5\%)} = 14,035 \text{ kg}$ donde se aprecia que a mayor contenido de PET se tiene bloques más ligeros. Pero es importante también el comportamiento de resistencia a compresión de

la unidad donde se tiene $f'_b(0\%) = 8,531$ MPa, $f'_b(1\%) = 8,603$ MPa, $f'_b(3\%) = 7,503$ MPa y $f'_b(5\%) = 6,226$ MPa. Se puede concluir que al adicionar PET en 1% se obtendrá una resistencia a la compresión ligeramente mayor que el patrón y con PET de 3% y 5% se obtuvo menor resistencia a compresión en unidad que el patrón, pero por clasificación de norma E.070 siguen clasificando como bloques portantes. Y con los tres contenidos diferentes de PET se obtuvo bloques más ligeros que el patrón. Por lo tanto, se estaría cumpliendo con la hipótesis deseada de obtener bloques más ligeros afectando razonablemente la resistencia.

- Al adicionar 5% de PET a los bloques se tiene bloques -4,29 % más ligeros que los bloques patrón, pero también es -27,02% de menor resistencia a compresión que el patrón a pesar de esta reducción de su resistencia el bloque se clasifica como muro portante según la norma E.070 que se le puede utilizar como muro portante en la última planta de una vivienda, siendo las exigencias de carga menores que en la planta baja y al ser un bloque aligerado se disminuye la carga de peso muerto para los muros portantes de la planta baja.
- Al aumentar el contenido de agregado plástico PET la resistencia a compresión axial característica en pilas nos da $f'_m(0\%) = 10,765$ MPa, $f'_m(1\%) = 10,845$ MPa, $f'_m(3\%) = 9,700$ MPa y $f'_m(5\%) = 8,077$ MPa, podemos observar que al 1% de PET tiene un aumento de resistencia del +0,74% de un bloque patrón 0% PET y con 3%, 5% PET se tiene resistencias menores que el bloque de patrón. Y teniendo una disminución máxima de $f'_m(5\%) = -2,688$ MPa o -25,0%, respecto al bloque patrón de $f'_m = 10,765$ MPa que a pesar de gran disminución de resistencia los bloques con ese porcentaje de adición en PET según la tabla 23 siguen con la clasificación de bloque portante pudiendo emplearse en la construcción de muros portantes de un último piso de una vivienda donde se tiene menores exigencias de carga.
- Los muretes de bloque de concreto brindaron resistencias a corte características de $V'_m(0\%) = 0,915$ MPa, $V'_m(1\%) = 0,742$ MPa, $V'_m(3\%) = 0,605$ MPa y $V'_m(5\%) = 0,401$. Donde se tiene una disminución máxima de -0,514 MPa o

-56,24% con respecto al patrón, no cumpliendo con la resistencia mínima de corte siendo 0,8MPa referenciado en la norma E.070, pasando a ser bloque de muro no portante. En este ensayo solo la mezcla diseño para elaborar bloques de concreto (patrón) es el que cumple con lo estipulado tablas 24 para ser calificado como bloque de muro portante. Con las otras mezclas que contienen PET se obtienen resistencias al corte menores a 0,8MPa pero pueden ser empleados en la edificación de viviendas con la condición de requerir mayor refuerzo de fierro en resistencia al corte.

- Según los ensayos de resistencia a compresión se logró incrementarla al adicionar 1% de PET y también se aligero el peso de los bloques todo con respecto al patrón, pero no resultándonos así en los ensayos de corte teniendo una disminución considerable con el mismo contenido de PET. Por lo tanto, se puede afirmar que con la adición de hojuelas PET dependiendo del método que se vaya a emplear para adicionarlo a la mezcla ya sea reemplazando a los agregados grueso ó fino, en porcentaje del contenido de cemento y en porcentaje del peso total de los agregados como es en nuestro caso. Se llega a obtener un aumento de la resistencia a compresión en un porcentaje muy bajo no siendo aconsejable su uso por el costo que conlleva elaborarlo.
- La resistencia para que fue proyectado fue de 70kg/cm² (7 MPa) por que se encontraría dentro de la resistencia para ser denominado bloque de muro portante, al evaluar el bloque y verificar que se cumplió con el diseño observamos que se llegó a una resistencia característica de $f'_{cb} = 8,531$ MPa.
- A mayor contenido de agregado plástico PET mayor será el costo de elaboración de los bloques de concreto, dependiendo de la función que se dé al bloque se escogerá cualquiera que cumpla con las exigencias, siendo que todos cumplen con la resistencia a compresión para ser clasificados como bloque portante, pero como su resistencia al corte disminuye a mayor adición de PET y para solucionar este aspecto negativo deberá emplearse mayor refuerzo de acero.
- Con el mortero se llegó a una resistencia a compresión característica de 14,838 MPa siendo de una dosificación de 1:3 siendo clasificado como motero

tipo 1 cumpliendo así con la norma E.070. El ensayo de los morteros cubico fueron ensayados previamente el mismo día que se realizó los ensayos de resistencia a compresión axial en pilas y resistencia a compresión diagonal a muretes, se puede apreciar que los morteros cuentan una resistencia a compresión mayor que los bloques de concreto con diferente adición de agregado plástico PET.

- Al realizar una edificación aperturada se cuenta con un menor gasto en materiales, pero se requiere mayor mano de obra calificada en la construcción en comparación con una edificación con muros portante por el fácil colocado de acero refuerzo en el muro y brindando otros beneficios como la mayor facilidad de instalación sanitaria y eléctrica debido a las celdas de los bloques.
- En la evaluación de costos de edificación de muro portante se lo realizo de una vivienda de 3 pisos, en el segundo piso se empleó bloque de concreto con adición del 5% en PET debido al bajo requerimiento de resistencia a la compresión y de corte, por la baja resistencia a corte de este tipo de bloque se empleará mayor refuerzo de acero al corte, pero obteniendo una disminución de peso muerto. En el primer piso se empleará bloque de 3 % en PET al ser más ligero que un bloque de 1% PET y tener mayor resistencia al corte que un bloque de 5% PET. Y en la planta baja se utilizará un bloque patrón debido a las exigencias de resistencia al corte siendo el bloque patrón con mayor resistencia.
- El Bloque de concreto con 1% en PET no resulta aconsejable su empleo en la edificación debido a baja disminución de peso siendo -0,03% y al poco aumento de resistencia a compersión en +0,84%. Siendo recomendable su uso en muros perimetrales, al contener hojuelas PET este material brinda al bloque una mayor resistencia a la abrasión.
- En Bolivia se cuenta con poca información referente a la edificación con muros portantes, en Tarija solo se puede apreciar una vivienda de tres pisos elaborado con ladrillo portante de cerámico que se encuentra en la carretera a San Lorenzo, al frente del surtidor Moto Méndez.

5.2.- Recomendaciones

- Se recomienda emplear agregados limpios libre de impurezas y material fino como limos tanto en agregado grueso como en el fino, de ser necesario se deberá lavar con abundante agua, pero con el debido cuidado de no alterar el material.
- En investigación futuras experimentar los efectos que causaría el empleo de mesa vibratoria en la resistencia del bloque de concreto.
- Recomendable al momento de dosificar primero colocar en la hormigonera la gravilla junto con el PET, luego la mitad de agua posteriormente arena esperar que la mezcla este homogénea y por último el cemento junto con el resto del agua. Colocando en este orden se evitará de la menor manera la formación de esferas de arena y cemento.
- Para uno menor costo del PET es recomendable que en la ciudad de Tarija se cuente con una trituradora de plásticos, en la ciudad se cuenta con varias acopiadoras y recicladoras las que realizan el despacho de este material a las ciudades de La Paz, Santa Cruz y Cochabamba.
- Si empleara bloques de concreto como muros portantes con adición del 3% y 5% de PET en la construcción de una vivienda familiar se recomienda realizarlo con una mampostería reforzada para que esta forma compensar el defecto de menor resistencia al corte.
- Antes de utilizar el molde metálico para la elaboración del bloque de concreto este deberá ser cubierto con poco aceite para facilitar el desmoldado inmediato y evitar el fraguado de la mezcla.
- Se recomienda utilizar el agregado plástico en porcentajes reemplazando al agregado grueso o fino en la elaboración de un bloque de concreto y observar su comportamiento a ensayos de compresión y corte.
- De contar con los equipo necesarios evaluar el comportamiento acústico de los bloques de concreto adicionado con PET.
- La construcción de viviendas con muros portantes reforzados o confinados son más barata que la construcción de viviendas aporticadas al emplearse menos hormigón, estas son recomendación de otros países como México y Perú donde se tiene bastante experiencia en la construcción con muros portantes.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Fernández Baqueiro L., Marín Gómez, F., Varela Rivera, J. y Vargas Marín, G.(2009). Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto. Académica de la FIUADY, 50.
- Gallegos, H. & Casabonne, C. (2005). Albañilería Estructural. Tercera Ed. Lima, Perú: Fondo Edit. PUCP.
- Arrieta, J & Peñaherrera, E. (2001). Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora. Lima.
- Neville, A. M. (2012). "Propiedades del Concreto" 5th Edición. Longman, Essex, Inglaterra: Prentice Hall.
- San Bartolomé, A., Quiun D. y Silva W. (2011). Diseño y construcción de estructuras sismo resistentes de albañilería. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia 1 Universidad Católica del Peru, 2014.
- Sánchez de Guzmán, D. (2010). Tecnología del Concreto y del Mortero. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Bhandar Editores LTDA.
- San Bartolomé, A y Morante, A. (2008), Mejora de la Adherencia Mortero-Ladrillo de Concreto. Tesis Ing. Civil, PUCP.
- Ángeles, P. (2008). Comparación del Comportamiento a Carga Lateral Cíclica de un Muro Confinado con Ladrillos de Concreto y otro con Ladrillos de Arcilla. Tesis Ing. Civil, PUCP.
- Gann, R G., Bryner, N P. 2008. Combustion Products and Their Effects on Life Safety. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, Estados Unidos.
- NORMA TÉCNICA E.070-ALBAÑILERÍA. 2006.
- INDECOPI. 2013. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. NTP 334.009. 5 ed. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2011. CEMENTOS. Metodo de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento portland. NTP 334.005. 3 ed. Lima, Perú

- INDECOPI. 2011. AGREGADOS. Extracción y preparación de muestras. NTP 400.010. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2013. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. NTP 400.012. 3 ed. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2011. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso unitario) y los vacíos en los agregados. NTP 400.017. 3 ed. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. NTP 400.021. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2002. ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo, unidades de albañilería de concreto. NTP 399.604. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2003. ALBAÑILERÍA. Método de muestreo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. NTP 399.605. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2003. ALBAÑILERÍA. Especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería. NTP 399.607. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2004. ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal, muretes de albañilería. NTP 399.621. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. NTP 400.022. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2002. UNIDAD DE ALBAÑILERIA. Bloques de concreto para uso estructural. NTP 399.602. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2013. AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concreto). NTP 400.011. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2002. CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50mm de lado NTP 334.051. Lima, Perú.
- INDECOPI. 2014. AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. NTP 400.037. Lima, Perú.

- INDECOPI. 1999. HORMIGON. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de abrams. NTP 339.035. Lima, Perú.
- Luis, A; Rendón, N; Korody, ME. 2008. Diseños de Mezcla de Tereftalato de Polietileno (PET) - Cemento. Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de