

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Comparación y determinación de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto adicionando residuos plásticos y ladrillos de concreto adicionando RCD, Ferreñafe 2020**

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

**AUTOR**

**Santos Samuel Morante Acosta**

**ASESOR**

**Manuel Alejandro Borja Suarez**

<https://orcid.org/0000-0002-6532-4976>

**Chiclayo, 2023**

**Comparación y determinación de las propiedades físico-mecánicas  
de ladrillos de concreto adicionando residuos plásticos y ladrillos de  
concreto adicionando RCD, Ferreñafe 2020**

PRESENTADA POR

**Santos Samuel Morante Acosta**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

Cesar Eduardo Cachay Lazo

PRESIDENTE

Segundo Guillermo Carranza Cieza

SECRETARIO

Manuel Alejandro Borja Suarez

VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios por darme la vida, cuidarme y por estar en todo momento conmigo, por guiar mis pasos y por ser la luz de mi vida.

A mis padres María Acosta y Samuel Morante, a Fanny Morante mi hermana y a mis abuelitas María y Gregoria; los cuales me aconsejan, enseñan y han hecho de mí lo que ahora soy, por siempre por estar presentes a lo largo de todas las etapas de mi vida y apoyarme en este proceso profesional.

## **Agradecimientos**

Agradecer a Dios por cuidar de mí en todo momento, por ser el sustento de mi familia y por darme fuerza y sabiduría para desarrollar este proyecto.

Agradecer a mi asesor el Ing. Manuel Alejandro Borja Suarez, quien con su apoyo, experiencia y conocimiento estuvo apoyándome a lo largo del desarrollo de esta investigación.

A mi familia, hermanos y amigos que me brindaron su tiempo, apoyo y paciencia para poder culminar con esta investigación. Muchas gracias.

## TESIS

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>25%</b>	<b>24%</b>	<b>3%</b>	<b>13%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>9%</b>
<b>2</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.undac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

## Índice

Resumen .....	13
Abstract .....	14
Introducción .....	15
Revisión de Literatura .....	19
Antecedentes Internacionales .....	19
Antecedentes Nacionales.....	22
Bases Teórico Científicas.....	23
Residuos Sólidos .....	23
Residuos sólidos no peligrosos .....	24
Plástico PET .....	24
Residuos de construcción y demolición (RCD) .....	27
Concreto .....	28
Unidad de Albañilería .....	34
Propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería .....	35
Prismas de Albañilería .....	36
Ladrillos de Concreto .....	39
Ladrillos de Concreto con PET .....	40
Ladrillos de Concreto con RCD .....	40
Vibrado de los ladrillos de concreto.....	40
Definición de términos básicos .....	40
Ensayos de Laboratorio .....	42
Ensayos a agregados naturales .....	42
Materiales y Métodos .....	47
Tipo y nivel de investigación .....	47
Diseño de investigación .....	47
Población, muestra, muestreo.....	47
Población.....	47
Muestra.....	47
Muestreo.....	50
Criterios de selección .....	50
Operacionalización de variables.....	50
Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	51
Procedimientos .....	51

Cuantificación del Plástico PET .....	52
Obtención del Agregado Reciclado PET .....	52
Trituración del Agregado Reciclado PET .....	52
Obtención del Agregado Reciclado proveniente de los RCD .....	52
Trituración del Agregado Reciclado proveniente de los RCD.....	52
Obtención de los Agregados Naturales .....	53
Ensayos a los Agregados Naturales .....	53
Ensayos a los agregados reciclados.....	53
Diseños de Mezcla .....	53
Elaboración de Ladrillos .....	53
Determinación de Propiedades de los Ladrillos .....	53
Comparación con la muestra patrón.....	54
Materiales Utilizados.....	54
Equipos Utilizados .....	54
Matriz de consistencia.....	55
Consideraciones éticas .....	56
Resultados y Discusión .....	57
Resultados .....	57
Ensayos Realizados en Laboratorio .....	57
Diseño de Mezcla .....	61
Ensayos.....	66
Discusión de Resultados.....	82
Análisis de los Agregados Naturales.....	82
Análisis de los Agregados PET y RCD.....	83
Análisis de los Ensayos Físicos y Mecánicos de los ladrillos de concreto. ....	83
Tipo de Falla en el Ensayo de Compresión Diagonal en Muertes .....	87
Conclusiones .....	91
Recomendaciones.....	93
Referencias Bibliográficas .....	94
Anexos.....	97

## Lista de Figuras

<b>Fig. 1:</b> Ensayo de Cono de Abrams. ....	33
<b>Fig. 2:</b> Murete sometido a carga Diagonal.....	37
<b>Fig. 3:</b> Falla Escalonada.....	38
<b>Fig. 4:</b> Falla por Deslizamiento.....	38
<b>Fig. 5:</b> Falla por Tracción Diagonal.....	38
<b>Fig. 6:</b> Muros de Albañilería simples después de la prueba de corte.....	38
<b>Fig. 7:</b> Confitillo .....	57
<b>Fig. 8:</b> Arena Gruesa.....	57
<b>Fig. 9:</b> Tamizado manual .....	57
<b>Fig. 10:</b> Tamices. ....	57
<b>Fig. 11:</b> Curva Granulométrica – Agregado Grueso.....	58
<b>Fig. 12:</b> Curva Granulométrica – Agregado Grueso.....	58
<b>Fig. 13:</b> Agregado en Horno. ....	59
<b>Fig. 14:</b> Pesaje del Ag. fino.....	59
<b>Fig. 15:</b> Granulometric Curve – PET - RCD. ....	60
<b>Fig. 16:</b> Molde metálico 2 unidades.....	63
<b>Fig. 17:</b> Mezcladora Eléctrica.....	63
<b>Fig. 18:</b> Cemento de uso general .....	63
<b>Fig. 19:</b> Agua. ....	63
<b>Fig. 20:</b> Llenado de molde .....	64
<b>Fig. 21:</b> Vibrado de ladrillo.....	64
<b>Fig. 22:</b> Ladrillos de concreto 5% PET.....	66
<b>Fig. 23:</b> Medición.....	67
<b>Fig. 24:</b> Pie de Rey.....	67
<b>Fig. 25:</b> Unidad en Horno .....	68
<b>Fig. 26:</b> Absorción. ....	68
<b>Fig. 27:</b> Elaboración de Murete. ....	72
<b>Fig. 28:</b> Murete. ....	72
<b>Fig. 29:</b> Elaboración de Prisma.....	75
<b>Fig. 30:</b> Prisma T4. ....	75
<b>Fig. 31:</b> Falla en Murete.....	88
<b>Fig. 32:</b> Falla por Tracción diagonal en Murete. ....	89

<b>Fig. 35:</b> Falla Escalonada.....	90
<b>Fig. 36:</b> Falla Escalonada.....	90
<b>Fig. 37:</b> Falla Tracción Diagonal .....	90
<b>Fig. 38:</b> Falla Tracción Diagonal .....	90

## Lista de Gráficos

Gráfico 1: Resist. a la Comp. $f'c$ - T0 .....	68
Gráfico 2: Resist. a la Comp. $f'c$ - T1 .....	69
Gráfico 3: Resist. a la Comp. $f'c$ - T2 .....	69
Gráfico 4: Resist. a la Comp. $f'c$ - T3 .....	69
Gráfico 5: Resist. a la Comp. $f'c$ - T4 .....	70
Gráfico 6: Resist. a la Comp. $f'c$ - T5 .....	70
Gráfico 7: Resist. a la Comp. $f'c$ - T6 .....	70
Gráfico 8: Resist. a la Compres. de la unid. de albañil. ....	71
Gráfico 9: Compresión Diagonal en muretes a los 28 días. ....	73
Gráfico 10: Compresión Diagonal en muretes a los 28 días - Promedios.....	74
Gráfico 11: Compresión Axial a los 21 días. ....	75
Gráfico 12: Compresión Axial a los 28 días. ....	76
Gráfico 13: Compresión Diagonal en muretes a los 28 días - Promedios.....	77
Gráfico 14: Variación de dimensiones. ....	84
Gráfico 15: Resultados de Ensayo de Absorción - Promedios.....	84
Gráfico 16: Comparación de ensayo de compresión.....	85
Gráfico 17: Resultados de Ensayos de $f'm$ - PET. ....	86
Gráfico 18: Resultados de Ensayos de Compresión Diagonal. ....	87

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Properties of PET .....	26
<b>Tabla 2:</b> Clasificación de RCD. ....	28
<b>Tabla 3:</b> Usos Granulométricos para el Ag. Fino. ....	30
<b>Tabla 4:</b> Requisitos Granulométricos para el Agregado Fino. ....	31
<b>Tabla 5:</b> Tolerancias ASTM C94 .....	32
<b>Tabla 6:</b> Clases de Unidades de Albañilería. ....	34
<b>Tabla 7:</b> Resistencias Características. ....	36
<b>Tabla 8:</b> Componentes de Correlación $f'_m$ por esbeltez .....	36
<b>Tabla 9:</b> Muestra de Ladrillos con Agregado reciclado PET. ....	48
<b>Tabla 10:</b> Muestra de Ladrillos con Agregado reciclado de RCD. ....	48
<b>Tabla 11:</b> Ladrillos a los que se les verificará el alabeo y absorción .....	49
<b>Tabla 12:</b> R.C. Axial. ....	49
<b>Tabla 13:</b> Cuadro de Oralización de Variables. ....	50
<b>Tabla 14:</b> Cuadro de Variables Intervinientes. ....	51
<b>Tabla 15:</b> Cuadro de Variables Intervinientes. ....	51
<b>Tabla 16:</b> Contenido de Humedad. ....	58
<b>Tabla 17:</b> C.H. Agregado Grueso. ....	59
<b>Tabla 18:</b> C.H. Agregado Fino. ....	59
<b>Tabla 19:</b> Peso Unitario. ....	60
<b>Tabla 20:</b> Peso Específico Agregado Grueso. ....	60
<b>Tabla 21:</b> P.E. Agregado Fino. ....	60
<b>Tabla 22:</b> Peso Específico Agregado PET y RCD .....	61
<b>Tabla 23:</b> Peso Unitario del Agregado PET y RCD. ....	61
<b>Tabla 24:</b> Nomenclatura de ladrillos de concreto. ....	65
<b>Tabla 25:</b> Cantidad de Ensayos. ....	66
<b>Tabla 26:</b> Variación Dimensional y Alabeo. ....	67
<b>Tabla 27:</b> Absorción de la unidad de albañilería. ....	68
<b>Tabla 28:</b> R.C.T0. ....	68
<b>Tabla 29:</b> R.C.T1. ....	69
<b>Tabla 30:</b> R.C.T2. ....	69
<b>Tabla 31:</b> R.C.T3. ....	69
<b>Tabla 32:</b> R.C.T4. ....	70

<b>Tabla 33:</b> R.C.T5.....	70
<b>Tabla 34:</b> R.C. T6.....	70
<b>Tabla 35:</b> Resist.a la compres. de la unidad de albañilería. ....	71
<b>Tabla 36:</b> Compresión Diagonal en muretes a los 21 días. ....	72
<b>Tabla 37:</b> Compresión Diagonal en muretes a los 28 días. ....	73
<b>Tabla 38:</b> Compresión Diagonal en muretes a los 28 días - Promedios.....	74
<b>Tabla 39:</b> Compresión Axial a los 21 días. ....	75
<b>Tabla 40:</b> Compresión Axial a los 28 días. ....	76
<b>Tabla 41:</b> Compresión Axial en pilas a los 28 días - Promedios. ....	77
<b>Tabla 42:</b> Porcentajes de reemplazo.....	78
<b>Tabla 43:</b> Rentabilidad Económica .....	81
<b>Tabla 44:</b> Tipo de Falla en Ensayo de Compresión diagonal a los 21 días.....	88
<b>Tabla 45:</b> Tipo de Falla en Ensayo de Compresión diagonal a los 28 días.....	89

## Resumen

La presente investigación surge a causa de la contaminación ambiental por parte de residuos sólidos, ya que en la actualidad el desarrollo de la industria de la construcción y el desarrollo del comercio ha aumentado a grandes pasos, impactando de diversas maneras el medioambiente. En primera instancia se cuestionó sobre qué tanto podrían afectar los residuos plásticos (PET) y los residuos de construcción y demolición (RCD) a los ladrillos de concreto y sus propiedades, es así como en este trabajo se plantea determinar y comparar las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concretos a los cual se les adicionará un porcentaje de 5, 10% y 15% de plástico reciclable en sustitución a los tradicionales agregados que tiene el concreto y de ladrillos de concretos a los cual se les adicionará un porcentaje de 5, 10% y 15% de RCD. Para ello se realizó una investigación experimental, en la cual se analizó las características físico-mecánicas de 469 ladrillos. Obteniendo diversos resultados, dentro de los que tenemos la resistencia a la compresión del ladrillo de 146.07, 120.82 y 124.90 kg/cm<sup>2</sup> para ladrillos con RCD y de 126.76, 119.53 y 106.15 kg/cm<sup>2</sup> para ladrillos con PET. Concluyendo que los ladrillos de concreto con RCD son mejores que los ladrillos con PET.

**Palabras clave:** Plástico PET, RCD, Concreto, Ladrillo, Propiedades mecánicas.

### **Abstract**

The present investigation arises because of environmental pollution by solid waste, since currently the development of the construction industry and the development of commerce has increased by leaps and bounds, impacting the environment in various ways. In the first instance, it was questioned how much plastic waste (PET) and construction and demolition waste (CDW) could affect concrete bricks and their properties, this is how in this work it is proposed to determine and compare the physical- mechanics of concrete bricks to which a percentage of 5, 10% and 15% of recyclable plastic will be added to replace the traditional aggregates that concrete has and of concrete bricks to which a percentage of 5 will be added, 10% and 15% CDW. For this, an experimental investigation was carried out, in which the physical-mechanical characteristics of 469 bricks were analyzed. Obtaining various results, among which we have the compressive strength of the brick of 146.07, 120.82 and 124.90 kg/cm<sup>2</sup> for bricks with CDW and 126.76, 119.53 and 106.15 kg/cm<sup>2</sup> for bricks with PET. Concluding that the concrete bricks with CDW are better than the bricks with PET.

**Keywords:** PET plastic, CDW, Concrete, Brick, Mechanical properties.

## Introducción

En el mundo se contemplan constantes factores que contribuyen a la contaminación y el deterioro del medio ambiente, dentro de ellos encontramos la contaminación a causa del mal manejo de los residuos sólidos. Los residuos sólidos son generados día a día en grandes cantidades, gran parte de los residuos sólidos están conformados por polietileno tereftalato (PET) y residuos de construcción y demolición (RCD), estos al ser materiales no biodegradables representan una grave problemática al mundo. El plástico hoy en día es el material más utilizado en la vida cotidiana del hombre, y esto es así porque [1, 2] afirma que, debido a su bajo costo económico, a su flexibilidad, abundancia, comodidad, y a sus favorables propiedades lo convierten en un material de enorme utilidad para las industrias; sin embargo, algunas de estas ventajas lo convierten a su vez en un material con un potencial de contaminación a tener en consideración. En los últimos años se ha incrementado el uso del plástico de manera insostenible generando toneladas de desechos que representa una fuerte amenaza contra la integridad y la salud de los ecosistemas y las personas; así como lo describe el autor [3, 4], donde resalta con énfasis la contaminación en los océanos, ya que es el paradero de masivas cantidades de estos residuos, y como consecuencia afecta directamente la fauna y la flora marina pues tienen que lidiar con la materia de desperdicio como parte sus habitas, no olvidemos que la contaminación marítima tiene repercusión en la salud humana, puesto que una vez que entra en el ambiente, se combina con el suelo y las cadenas alimentarias del hombre liberándose diversos compuestos químicos que tiene consigo el plástico, siendo esto perjudicial para la salud del ser humano. Por otro lado, también se ve afectada la calidad paisajística del medio ambiente [5] en los lugares donde los residuos plásticos son utilizados y desechados.

De acuerdo con estadísticas proporcionadas por [6] en un registro del año 2018, la fabricación de plástico a nivel mundial alcanzó casi los 360 millones de toneladas y en el continente europeo la producción de plástico alcanzó casi los 62 millones de toneladas. Según [7] España es el cuarto país que más plástico produce de la Unión Europea (UE), del cual sólo el 30% es reciclado en el país.

De acuerdo con [8] El mundo produce más de 6500 millones de toneladas de RCD al año, de las cuales 2600 a 3000 millones de toneladas son residuos inertes de demolición y construcción. Debido al incremento de la industria de la construcción, estos residuos de construcción y demolición han aumentado grandemente sus números a nivel mundial tal, los RCD representan el 30% de todos los residuos sólidos generados a nivel mundial. China en el

año 2019 produjo alrededor de 2300 millones de RCD convirtiéndose en el mayor productor del mundo, por encima de EE. UU y la Unión Europea [9]. El sector de la construcción contribuye a muchos de los impactos ambientales ya que esta industria es un importante consumidor mundial de recursos. Se estima que el 40% de la energía total y el 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub> provienen de esta industria. De igual forma, los residuos que provienen de la industria de la construcción (RCD), se constituyen en un grave problema ambiental, debido a que su inadecuada producción y disposición provoca diversos impactos negativos, como la contaminación del agua, suelo y aire, degradación de ecosistemas y salud humana.

En el Perú la contaminación generada por desechos plásticos se ha ido incrementando poco a poco. En la conocida ciudad de Callao del departamento de Lima se producen aproximadamente el 46% del total de residuos plásticos del país. Además, se suman aproximadamente 3000 000 000 de bolsas plásticas, lo que equivale a 6 mil bolsas por minuto [10] causando un gran impacto ambiental negativo pues al ser materiales no biodegradables y al no tener una adecuada gestión terminan en su mayoría siendo arrojados a las calles, acequias, ríos, parques, etc. ocasionando la destrucción de ecosistemas, deterioro de las ciudades, resultando de esta manera un gran problema en la actualidad.

Asimismo, en el Perú, la contaminación causada por los RCD es muy notoria, pues en Lima, capital del Perú se observan sectores que han quedado abandonados sin considerar ningún criterio de protección ambiental a causa de estos RCD, pues grandes masas de estos residuos son desechadas día a día, llegando a contaminar incluso a mares y ríos [8].

En el departamento de Lambayeque, la ausencia de conciencia sobre la gestión sostenible de residuos plásticos y los RCD en los pobladores de sus distritos traen consigo un mayor uso insostenible de dichos materiales; tal es el tema del distrito de Ferreñafe donde debido a la falta de conciencia, al crecimiento del sector construcción, al uso excesivo del plástico y la no existencia de fábricas que puedan tratar de manera adecuada estos residuos provocan una fuerte amenaza contra la salud de sus habitantes, aumento de la temperatura en el ecosistema y una notable contaminación paisajística, disminuyendo con esto el turismo en la ciudad (Ver anexo N°01).

Frente a esta problemática surge la pregunta: ¿Cómo varían las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto adicionándoles un 5%, 10% y 15% de residuos plásticos y cómo varían

las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto adicionándoles un 5%, 10% y 15% de RCD, en el distrito de Ferreñafe, 2020?

La actual investigación se justifica por la ausencia de información sobre la utilización del polímero PET (Polietileno Tereftalato) y la poca información del uso de RCD en elementos usados para la construcción en Lambayeque, no hay un conocimiento de las propiedades y los beneficios que el PET y el RCD puedan aportar a estos elementos, por lo cual al no saber esto trae como consecuencia que el material quede inerte, ya que la reutilización y el reciclaje en Lambayeque es muy limitado, y por lo general el PET y los RCD terminan en botaderos sin obtener un mayor valor agregado.

Con esta investigación se pretende disminuir el problema de contaminación ambiental generado a causa del PET y el RCD, los cuales son causantes de enfermedades, destruyen la imagen de las ciudades pues generalmente son desechados a las vías públicas, ríos, acequias y debido a que demoran muchos años en desintegrarse, y a la falta de gestión por parte de las autoridades en el distrito de Ferreñafe, para reutilizar estos residuos, estos se descomponen en las calles y se acumulan formando grandes montículos. Se propone que estos residuos sean reciclados y reutilizados como una adición a la mezcla tradicional del concreto en proporciones que puedan reemplazar parte de los agregados; contribuyendo de esta manera a que disminuya la sobreexplotación de esas materias primas, respecto al ámbito económico se disminuirán los costos de la fabricación del concreto, entonces también la fabricación de los ladrillos de concreto, siendo accesibles a poblaciones con déficit económicos.

Los RCD y residuos plásticos (PET) son depositados en parques, carreteras, ciudades, etc., siendo potencialmente focos infecciosos de enfermedades para los pobladores del distrito de Ferreñafe. Por ello, si los RCD y PET son sacados de la zona y transformados en agregados reciclados, beneficiarían a la población pues se les dará uso pasando a formar parte de los materiales de construcción y dejaran de contaminar, contribuyendo con la economía circular.

La escuela de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de Lambayeque, se interesa en investigaciones que brinden solución ante problemas ingenieriles, como es el caso de desarrollar alternativas que disminuyan los costos de construcción y que de esta manera permita dar una solución a un problema ambiental que se viene desarrollando desde muchos años atrás, con la siguiente investigación se busca dar una alternativa de solución para reducir el impacto al ambiente, fundándonos en la ejecución del

reaprovechamiento; que permita la elaboración y el diseño de unidades de albañilería de concreto con plástico PET y el diseño de unidades de albañilería de concreto con RCD triturado como materia prima.

Con esta solución se buscará que exista una relación equilibrada entre el medioambiente, calidad en los materiales de construcción y economía para los pobladores del distrito de Ferreñafe, teniendo entornos naturales más sostenibles.

Como objetivo general del presente trabajo de investigación tenemos determinar y comparar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto adicionándoles un 5%, 10% y 15% de residuos plásticos, y de ladrillos de concreto adicionándole un 5%, 10% y 15% de RCD, como objetivos específicos se plantean los siguientes, determinar las propiedades físicas de los agregados naturales y los agregados reciclados a través de ensayos de contenido de humedad, peso unitario, granulometría, peso específico, absorción; desarrollar diseños de mezcla de un concreto con agregados naturales y un concreto con agregados reciclado (PET y RCD), planteando una relación óptima de sustitución de agregado natural por el reciclado; elaborar la mezcla de concreto adicionándole residuos plásticos como parte de los agregados; elaborar la mezcla de concreto adicionándole RCD como parte de los agregados; determinar la consistencia de la mezcla de concreto hecho con residuos plásticos como parte de los agregados y RCD; elaborar ladrillos de concreto adicionándoles residuos plásticos como parte de los agregados; elaborar ladrillos de concreto adicionándoles RCD como parte de los agregados; determinar la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto con residuos plásticos; determinar la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto con RCD; determinar la resistencia a la compresión en pilas; determinar la resistencia a la compresión diagonal en muretes de ladrillos; realizar el análisis de costo unitario de la fabricación de estos nuevos ladrillos y verificar la rentabilidad económica.

## Revisión de Literatura

### Antecedentes Internacionales

Nepomuceno, Isidoro, y Catarino describen como se comporta el concreto elaborado a base de áridos reciclados de residuos de cerámico (RCD) en reemplazo del agregado grueso, se realizaron estudios a los agregados y posteriormente ellos realizaron cinco tipos de mezclas de concreto las cuales contienen el 0, 10, 30, 50 y 75% de agregado reciclado cerámico, estos se realizaron bajos los mismos estándares de calidad en el país de Portugal. Posteriormente a ello se fabricaron 8 probetas cúbicas de 0.15 m de lado, 3 probetas cilíndricas de 0.15 m de diámetro y 0.30 m de alto y 3 probetas prismáticas de 0.15 x 0.15 x 0.60 m de cada uno de cinco diseños de mezcla, para luego realizar los ensayos a la resistencia a la compresión, a la resistencia a la flexión, a la resistencia a la tracción. Los resultados mostraron la posibilidad del reemplazo parcial de agregados convencionales por los agregados reciclados de cerámico, a pesar de que el desempeño mecánico del concreto se reduce con el aumento de la sustitución de agregados convencionales por los agregados reciclados de cerámico [11].

Infante y Valderrama [12], describen la problemática que provoca la industria de la construcción en el país de Chile debido a la gran contaminación que genera, desde el momento de la extracción de la materia prima, hasta el proceso constructivo de las edificaciones. En Chile uno de los materiales de construcción más usado es el concreto debido a sus grandes características que este posee, sin embargo, su uso conlleva a grandes costos medioambientales por el gran consumo de CO<sub>2</sub> que se libera en su fabricación. Por otra parte, los residuos sólidos (RS) generan un gran impacto negativo al ambiente, como es el caso de los plásticos, pues demoran mucho tiempo en degradarse y por lo general terminan en botaderos causando contaminación visual, contaminación a las aguas subterráneas, etc. En la investigación se evaluó la reutilización del material plástico reemplazando al árido fino en la producción de bloques de concreto. Evaluaron el efecto que causa adicionar Polietileno Tereftalato (PET), proveniente de la reutilización o reciclaje de las botellas plásticas en el concreto como aditivo en reemplazo a la arena para después analizar sus consecuencias. Elaboraron un total de 60 probetas prismáticas 12 de ellas sin adicionarles plástico y las restantes con una adición de PET de 5%, 10%, 15% y 20%; Según los resultados de esta investigación se nota que la densidad disminuye constantemente a razón de aumentar el PET, se nota que respecto a la resistencia a la flexión de las probetas con PET son muy constantes y presentan una leve disminución de resistencia, también se aprecia que todo el conjunto de probetas que contienen agregado

reciclado PET obtienen una leve disminución en la resistencia a la compresión relacionándola con la probeta patrón. Concluyen que el reemplazo del 10% de PET por el agregado fino es el que mejor se comporta y se asemeja más a la muestra patrón. Económicamente el ladrillo es viable pues se reemplazan agregados, disminuyendo costos de producción. Concluyeron que la adición de PET en el hormigón reduce el uso de recursos naturales en la fabricación de los materiales de construcción pues usa residuos que son de desechados en Chile, como el plástico, que impacta negativamente al medio ambiente. Se abren nuevas oportunidades de investigación acerca de los materiales de construcción sustentables y sostenibles.

Los autores [13], afirman que el concreto es el material que más se utiliza en el ámbito de la construcción, cada año se consumen miles de millones de toneladas de materiales con el propósito de su fabricación, pero su uso provoca un impacto nocivo al ambiente pues se libera gran cantidad de gases de efecto invernadero como es el caso del CO<sub>2</sub> para su elaboración, transporte, etc. también requiere un gran consumo de agua, agregados sobreexplotando estos recursos. Por otro lado, narran que el uso intensivo de materiales plásticos causa muchos problemas respecto al manejo de sus desperdicios, pues son materiales no biodegradables y no hay una correcta gestión de estos residuos sólidos, causando uno de los trascendentales problemas ambientales mundialmente. En la investigación se planteó la fabricación del concreto sustituyendo el agregado grueso por un plástico multicapa (PET, OPP y PVC) proveniente de CRESE (Empresa de recolección de residuos sólidos en la ciudad de Córdoba, Argentina), se analizaron y seleccionaron con criterios tecnológicos los materiales plásticos reciclados, también se desarrolló la dosificación para concreto fino sostenible incorporándole agregados provenientes de residuos plásticos. Diseñaron tres (03) grupos de concreto: concreto estampado sin plástico (HP 0); un concreto con una sustitución del 10% del volumen de agregado grueso para plástico multicapa (HPN 30) y el otro con un reemplazo del 20% (HPN 58). En el estado fresco: Se usó el método del Abrams cone. Resultados de la liquidación: HP 0: 5,00 cm; HPN 30: 3,00 cm; HPN 58: 2,00 cm. El asentamiento del concreto con la adición de plástico es menor que el concreto y disminuye inversamente a medida que se le aumenta el porcentaje de plástico, manteniendo así la cohesión. En el estado endurecido: Se realizaron ensayos a la compresión, a los 07 días de edad, la resistencia a la compresión presenta deflaciones de un orden del quince por ciento en el concreto con residuos plástico, A los 28 y 90 días de, la discrepancia en la resistencia a la compresión entre el concreto y el concreto con la adición de 20% de plástico es significativa. Sin embargo, los resultados cumplen la resistencia a la compresión mínima requerida para un concreto ligero para ser utilizado con

objetivos estructurales, de acuerdo con ACI 318. Se observó una disminución del 10% de la Huella Ecológica (HE) del concreto con el reemplazo del agregado grueso por plástico multicapa con respecto al concreto convencional a nivel mundial. La HE del concreto con plástico es 9.8 he/habitante/año. Concluyeron que los áridos reciclados de plásticos son convenientes para ser utilizados en la industria de la construcción. Por lo que en este caso de estudio se muestra una herramienta que crea la posibilidad de conocer una opción más verosímil en la etapa de diseño del proyecto; Una vez que se conocen los datos de inversión económica y los costos de explotación, es posible elaborar diseños con diferentes opciones de concreto para calcular la huella ecológica y analizar cuál tendrá el menor impacto ambiental. Es posible probar diferentes materiales con el objetivo de descubrir cuáles darán la mayor eficiencia ecológica.

García, Bracho y López [14], describen una nueva problemática, “los residuos plásticos” Como resultado de la producción y el uso de productos plásticos del uso a corto plazo de usuarios de este tipo de usuario que aumenta y, según un estimado del 50% del plástico, se produce el uso de producción única para las aplicaciones, de las aplicaciones, de El 20 al 25% se usa en la construcción y el resto está produciendo otros productos, como electrónica, muebles y vehículos. Plastma tiene la mayor presencia de desechos son polietileno, PVC y PET, ya que son el mayor intercambio de materiales diarios como un propósito común, se ha incrementado como un reemplazo efectivo para el reemplazo efectivo. El uso de desechos plásticos se está construyendo para Úselos y reutilizando, evaluando el impacto de agregar PVC y PET en las propiedades mecánicas del manual, se realizarán bloques mixtos, ya que se han incluido diferentes desechos en diferentes concentraciones. Se utilizan bloques cargados con PET reciclado elaborado en eco-block según la siguiente fórmula: 49% arena, 8% cemento, 16% agua y 27% PET reciclado, según los resultados obtenidos en el ensayo Esto demuestra que la adición de residuo redujo la masa de los bloques, aumentando las cargas y por lo tanto la resistencia a la compresión que soportan, con valores que superan el bloque libre de residuos hasta en 10 unidades.

Los autores [15], afirman que el sector de la construcción es la mayor productora de RCD's o como ellos los llaman (construction and demolition waste) y también que solicita grandes cantidades de recursos naturales; sin embargo, estos recursos no son aprovechados adecuadamente y terminan en el ambiente degradando los ecosistemas. Para este trabajo primero se hará la obtención e identificación de agregados, elementos usados en construcción

y concretos simples reutilizados; después de ello el uso de estos elementos reciclados en la construcción de un módulo de vivienda escala real. Los materiales fueron producidos a base de restos cerámicos no homogéneos mezclados en el Estado de Quintana Roo del país de México y fueron sometidos a ensayos tanto físicos como mecánicos básicos en laboratorio. Se produjeron la cantidad de veinticinco bloques huecos que poseen tres vacíos, de quince x veinte x cuarenta centímetros. Se hicieron un total de dieciocho mezclas de material reutilizado para elaborar cuatrocientos cincuenta unidades y 6 mezclas de áridos naturales para fabricar 150 unidades. Se fabricaron un total de 30 mosaicos de 30 x 30 x 2 cm. Luego también se elaboraron un total de 150 mosaicos reciclados y 60 mosaicos naturales. Se obtuvieron resultados que fueron de 24.40 y 27.10 kg/cm<sup>2</sup> para los bloques reciclados y naturales respectivamente, obteniendo ambos una clasificación tipo "C", Los resultados promedios obtenidos fueron de 40.800 kg/cm<sup>2</sup> para mosaicos reciclados y 42.100 kg/cm<sup>2</sup> para el caso de los naturales. En ambas situaciones se cumplió con suficiente amplitud la norma que indica un mínimo de 20.2 kg/cm<sup>2</sup> para el módulo de ruptura. Se concluyó que, tanto las unidades recicladas y naturales clasificaron positivo u correcto en cuanto a sus medidas y como tipo C en cuanto a su resistencia axial con 24.40 kg/cm<sup>2</sup> y 27.10 kg/cm<sup>2</sup> cada una.

### **Antecedentes Nacionales**

Léctor y Villarreal [16], narran el deterioro ambiental a causa de los residuos plásticos en el Perú, debido a que no se les da un buen uso a estos desechos. En la investigación se planteó la elaboración de concreto convencional adicionándole material plástico reciclado triturado (PET) en reemplazo de un porcentaje de agregados, también se evaluaron las propiedades mecánicas del PET, las características adheridas en una mezcla de concreto convencional, definieron la dosificación de la mezcla patrón y las mezclas de concreto con diferentes porcentajes de agregado plástico. Como resultados se obtuvieron que para un concreto de 175 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión se obtuvo un asentamiento de 4.00", 3.50", 2.00" y 1.50" para las mezclas de concreto con 0, 5, 10 y 15% de PET, se obtuvo también una resistencia a la compresión promedio a los 28 días de 183.15 kg/cm<sup>2</sup>, 143.92 kg/cm<sup>2</sup>, 120.42 kg/cm<sup>2</sup>, 94.34 kg/cm<sup>2</sup> para las mezclas de concreto con 0, 5, 10 y 15% de PET respectivamente. Al cinco por ciento de PET la resistencia se redujo en 21.42 %, al 10.00 % de PET la resistencia se redujo en 34.25 % y al 15.00 % de PET la resistencia se redujo en un porcentaje del 48.49; para un concreto de f'c: 210.00 kg/cm<sup>2</sup> se consiguió un Slump de 4", 2.5", 2" y 1" para las mezclas de concreto con 0%, 5%, 10% y 15% respectivamente. Se obtuvo una resistencia promedio a los

28 días de 215.19 Kg/cm<sup>2</sup>, 183.76 Kg/cm<sup>2</sup>, 145.74 Kg/cm<sup>2</sup>, 111.30 Kg/cm<sup>2</sup> para las mezclas de concreto con 0%, 5%, 10% y 15% respectivamente al 5 % de PET la resistencia bajó en 14.61 %, al 10 % de PET la resistencia disminuyó en 32.28% y al 15% de PET la resistencia se redujo en 48.28%. La investigación concluyó en que el manejo del diseño de las mezclas disminuye con la adición de residuos de reciclaje, por eso es recomendable no usar grandes porcentajes de material reciclado PET.

Los Autores [17] investigaron en la ciudad de Arequipa las propiedades de un ladrillo ecológico utilizando PET y ceniza como parte de sus agregados, buscando dar solución al problema ambiental, para ello reemplaza parte de los agregados naturales por PET y ceniza, se realizaron siete (7) diseños de mezcla con diferentes cantidades de PET y ceniza y se fabricaron los ladrillos para posteriormente ser ensayados. Se obtuvieron resultados favorables en cuanto a la resistencia a la compresión pues se alcanzó un valor de 21.13 MPa superando a lo dictaminado en la NTP 0.70 donde menciona que el ladrillo tipo V debe tener una resistencia mínima de 17.60 MPa.

Después de realizar una búsqueda exhaustiva de información sobre la temática de esta investigación en el distrito de Ferreñafe, se llegó a la conclusión que en dicha localidad no se encuentran antecedentes investigativos para tal tema.

## **Bases Teórico Científicas**

### **Residuos Sólidos**

Residuo sólido es definido según el Decreto Legislativo N° 1278, como una sustancia, material, cosa u objeto que proviene en consecuencia del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su usuario se deshace, los cuales deben ser dirigidos prevaleciendo la reutilización de los residuos y en último caso, su disposición final [18].

Los residuos sólidos encierran a cada restante o desecho en fase sólida o semisólida. Dicho de otro modo, los residuos sólidos son cualquier material o producto que ya no tiene valor de uso pero que ocasionalmente sigue teniendo valor agregado y pueden volver a aprovecharse.

Los residuos sólidos se pueden clasificar en base a su originalidad en: Residuos caseros, residenciales, Residuos de limpieza, Residuos de comercios, Residuos provenientes de los hospitales, Residuos industriales, RCD's, Residuos de la agricultura y ganadería, entre otros.

Los residuos sólidos se clasifican de acuerdo a su peligrosidad en: residuos peligrosos y residuos no peligrosos.

### **Residuos sólidos no peligrosos**

Los residuos sólidos no peligrosos son todos aquellos reducidos resultados de las labores cotidianas los humanos ya sea en su casa, trabajo, viaje o en cualquier otro sitio y ocasionado de su actividad, que no ostenta ningún tipo de inseguridad para la salud del hombre ni para el ambiente.

Dentro de estos residuos encontramos:

- Residuos Orgánicos.
- Residuos Plásticos (PET, otros).
- Cartón.
- Vidrio.
- Envases metálicos.
- Papel.
- Textiles.
- Etc.

### **Plástico PET**

El plástico PET cuyo nombre científico es Polietileno Tereftalato, es definido como aquel material resistente, de peso ligero y de poliéster claro a la vista. Se usa principalmente para elaborar recipientes destinados a ser envases de bebidas suaves, agua, jugos, bebidas con porcentaje de alcohol, limpiadores caseros, comestibles, aceites, y otros [19].

El PET es una materia prima plástica que se deriva del petróleo, siendo su modelo a la de un poliéster aromático. Su nombre técnico es politereftalato de etileno, o polietilentereftalato; el PET es un tipo de plástico, este tipo de plástico tiene una gran demanda en la industria de la alimentación.

El PET es elaborado comenzando en el petróleo crudo, gas y aire. Cuyos componentes son un 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire.

Los envases PET están asociados normalmente a los envases para bebidas (gaseosas, energizantes, etc.), los descartables de plástico para bebidas utilizan habitualmente este polímero termoplástico debido a sus increíbles propiedades físicas y por la elevada variedad y cantidad de recipientes que se pueden fabricar con dicho material [20, 21].

El PET se puede reciclar de la siguiente manera, los recipientes PET pueden ser reconsiderados varias veces a través de diversos procesos de recogida y selección. Distintas técnicas de lavado y extrusión además de la limpieza a 280 °C consiguen que la mayor cantidad de los recipientes PET sean reciclados incorporándose nuevamente a la cadena de producción y disminuyendo así su impacto al medioambiente, siendo el primer producto en el reciclado [20].

Podemos obtener PET de la siguiente manera

- Empaques.
- Botellas de gaseosas, botellas de frugos, etc.
- Fibras de ropa, fibras de telas.
- Útiles Escolares.
- Piezas plásticas.
- Electrodomésticos.
- Etc.

### ***Propiedades del plástico PET***

En frecuencia los plásticos se identifican por su elevada resistencia respecto de su densidad, aislamiento térmico, etc.

Específicamente el PET muestra las consecutivas particularidades relevantes:

- Excelente conducta frente a esfuerzos permanentes.
- Elevada resistencia al deterioro.
- Positiva resistencia química.
- Excelente comportamiento térmico.

**Tabla 1: Properties of PET**

<b>Datos Técnicos del PET</b>		
<b>Propiedades Mecánicas</b>		
Peso Específico	134	g/cm <sup>3</sup>
Resistencia ala Tracción	825	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Flexión	1450	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	28550	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al desgaste por roce	MUY BUENA	
Absorción a la Humedad	0.95	%
<b>Propiedades Químicas</b>		
Resistencia a ácidos débiles a Temperatura Ambiente	BUENA	
Comportamiento a la combustión	BUENA	
Propagación de llama	Mantiene la llama	
<b>Propiedades Térmicas</b>		
Temperatura de Fusión	225	C °
Conductividad Térmica	BAJA	
Temperatura de deformabilidad por Calor	170	C °

*Fuente: Machinable Plastics, 2017.*

Teniendo en cuenta los antecedentes mencionados se puede manifestar que el PET tiene características convenientes para usarlo como componente alterno en la mezcla del concreto.

### **Textura**

Según el autor [22], la textura es una propiedad que caracteriza al área de una pieza. Se puede considerar tocando el material y también mediante el sentido de la vista, por lo consecuente, perjudica su estética. Se trata de variaciones iterativas y fortuitas del área nominal de la pieza y las particularidades más usuales que logran determinarla son:

### **Rugosidad**

Es la característica que se utiliza numerosas veces y se usa con el fin de establecer a la textura de la superficie. Esta valora aquellas pequeñas desorientaciones verticales del área nominal, las que usualmente están definidas por las particularidades del plástico, el proceso de transmutado de la pieza o las contribuidas por el propio recubrimiento [22].

### **Ondulación**

Queda definido como aquellos desvíos de separaciones mucho mayor. Normalmente es considerado como un desperfecto del recubrimiento ocasionado por una equivocada extensibilidad de este [22].

## **Densidad**

La densidad se concreta como la densidad de la parte plástica en ella como forma moldeada, generalmente expresada como gravedad específica del material [23].

Densidad del PET: 1.38 g/cm<sup>3</sup>

## **Tamaño**

Son las extensiones de una cosa, a sus medidas de longitud y de anchura, si es el caso de ser un objeto unidimensional. Si por el contrario es bidimensional, su tamaño está determinado por el área, y si tienen tres dimensiones, por su corpulencia [23]. Se usará el tamizado para determinar el correcto tamaño del PET a usar.

## **Residuos de construcción y demolición (RCD)**

Los residuos de construcción y demolición son todos aquellos desechos que resultan a lo largo de la ejecución de un proyecto de obra civil. Integran a todos los residuos generados durante el proceso que se esté realizando, pudiendo ser un reforzamiento o demolición, se encuentran compuestos principalmente por residuos de concreto, cerámicos, maderas, metales entre otros.

Se consideran a todos aquellos residuos que son generados a partir de procesos constructivos, remodelación, demolición, rehabilitación de edificaciones e infraestructura [24]. Podemos encontrar:

- Concreto.
- Madera.
- Cerámicos.
- Plástico.
- Aglomerado Asfáltico.
- Mampostería.
- Etc.

## **Clasificación de los RCD**

Los residuos de construcción y demolición (RCD), según el Decreto Supremo N°019-2016-VIVIENDA, en su artículo 7, se clasifican en:

**Tabla 2:** Clasificación de RCD.

<b>Residuos Peligrosos</b>	<b>Residuos No Peligrosos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restos de madera tratada, envases de removedores de pintura, aerosoles</li> <li>- Envases de removedores de grasas, adhesivos, líquidos para pintura.</li> <li>- Envases de pinturas, pesticidas, contrachapados de madera, colas, lacas.</li> <li>- Restos de tubos fluorescentes, transformadores, condensadores, etc.</li> <li>- Restos de PVC (sólo luego de ser sometidos a temperaturas mayores a 40°C)</li> <li>- Restos de planchas de fibrocemento con asbesto, pisos de vinilo asbesto, paneles divisorios de asbesto.</li> <li>- Envases de solventes</li>   <li>- Envases de preservantes de madera</li> <li>- Restos de cerámica, baterías. Filtros de aceite, envases de lubricantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b><u>Instalaciones</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobiliario fijo de cocina</li> <li>• Mobiliario fijo de cuartos de ba</li> </ul> </li> <li>- <b><u>Cubiertas</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tejas</li>   <li>• Tragaluces y claraboyas</li> <li>• Soleras prefabricadas</li> <li>• Tableros</li> <li>• Placas sándwich</li> </ul> </li> <li>- <b><u>Fachadas</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puertas</li>   <li>• Ventanas</li> <li>• Revestimientos de piedra</li> <li>• Elementos prefabricados de hormigón</li> </ul> </li> <li>- <b><u>Particiones interiores</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mamparas</li> <li>• Tabiquerías móviles o fijas</li> <li>• Barandillas</li> <li>• Puertas</li> <li>• Ventanas</li> </ul> </li> <li>- <b><u>Acabados interiores</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cielo raso (escayola)</li> <li>• Pavimentos flotantes</li> <li>• Alicatados</li> <li>• Elementos de decoración</li> </ul> </li> <li>- <b><u>Estructura</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vigas y pilares</li> <li>• Elementos prefabricados de hormigón</li> </ul> </li> </ul>

*Fuente:* R.N.E. [24].

De esta manera los RCD que se reutilizarán para esta investigación son restos de concreto, restos de mampostería y restos de cerámicos.

### **Concreto**

El concreto es un material heterogéneo elaborado a través de la composición de cemento Portland más agua más áridos (fino y grueso) y aditivos según el caso que puede ser utilizado para elementos estructurales o no estructurales [24, 25].

Entre el material aglomerante (es decir el cemento) y el agua se origina una reacción química uniendo las partículas de los compuestos, y constituyendo un material heterogéneo. En ocasiones se suman ciertas sustancias, denominadas aditivos, que optimizan o cambian algunas propiedades del concreto [26]. Además, se le agregan áridos, al inmiscuir estos compuestos y

elaborar lo que es llamado como hormigón u concreto, se añade de forma paralela un quinto colaborador representado por el aire.

### **Tipos de concreto**

#### **Concreto Simple:**

El concreto simple es aquella mezcla de cemento Portland, áridos tanto el fino como el grueso y agua. En dicha mezcla el árido grueso debe quedar completamente recubierto por la pasta de cemento y el árido fino deberá repletar aquellas zonas entre el árido grueso y a la vez estar cubierto en su totalidad por la misma pasta [26].

*Concreto Simple: C. + Ag. fino + A.g. grueso + Agua*

#### **Concreto Armado:**

Es aquel concreto que lleva una armadura conformada por un conjunto de aceros como refuerzo, estos aceros tienen la función específica de resistir la tracción en la estructura o aumentar la resistencia a la compresión del concreto [26].

*Concreto Armado: C. + A.g. fino + A.g. grueso + Agua + Acero*

#### **Concreto Estructural:**

Se nombra así aquel concreto que, al ser dosificado, surtido, trasladado y ubicado conforme con las especificaciones acordadas, éste precisa y garantiza una resistencia mínima preestablecida en el diseño, y garantiza una apropiada durabilidad [26].

#### **Concreto Ciclópeo:**

Este concreto es aquel que a diferencia del concreto normal está completado con un porcentaje de piedras desplazadoras, éstas con un tamaño límite de 10 pulgadas y alcanzando hasta el 30.00 % del volumen total como máximo. Las piedras deben ser introducidas habiendo pasado una elección y un lavado previo, con el requerimiento preciso de que cada una de ellas, en su ubicación final deba estar completamente envuelta de concreto simple, de no ser este el caso causaría inconvenientes a futuro, pues quedarían vacíos [26].

Para nuestro caso no usaremos este tipo de mezcla, sin embargo se menciona.

## Componentes del Concreto

### Cemento:

El cemento es un material aglutinante que tiene propiedades de cohesión y adherencia, permitiendo de esta manera la mezcla de fragmentos minerales entre sí, constituyendo un todo compacto. Además, este material también posee la propiedad de fraguar y endurecer si se le adhiere agua [25].

### Agua:

Es el material que junto al cemento forman la pasta, es usada para elaborar concreto y para curar el concreto, dicha agua tiene que cumplir los requisitos mínimos de acuerdo con la NTP 339.088. Es fundamental para la elaboración de concreto pues interviene de manera importante en la fase fresca y endurecida [24, 25].

### Agregados:

Los agregados también llamados áridos, son partículas inorgánicas de origen artificial o natural, son la parte discontinua del concreto que unidos a la pasta de cemento forman el concreto [25]. Dentro de los agregados encontramos el agregado fino y el agregado grueso.

- ✓ *Agregado fino:* Es aquel agregado derivado del proceso de disgregación natural o artificial de dimensiones mínimas, que pasan por el tamiz 3/8" (9.52 mm) y que no pasa el tamiz N°200 (0.074 mm) según la Norma Técnica Peruana 400.037 [24].

**Tabla 3:** Husos Granulométricos para el Ag. Fino.

Tamiz Estándar	% en peso del material que pasa el tamiz
3/8"	100
#4	95 a 100
#8	80 a 100
#16	50 a 85
#30	25 a 60
#50	10 a 30
#100	2 a 10

*Fuente:* N.T.P 400.37 [24]

- ✓ *Agregado grueso*: Agregado que permanece retenido en el tamiz N° 04 (4.75mm) que procede de haberse desintegrado de manera natural o artificial y que están dentro de los lineamientos determinados en la norma NTP 400.037 [24].

**Tabla 4:** Husos Granulométricos para el Ag Fino.

TABLA 5 GRANULOMETRÍA DEL CONFITILLO	
MALLA ASTM	% en peso del material que pasa el tamiz
1/2"	100
3/8"	85 a 100
#4	10 a 30
#8	0 a 10
#16	0 a 5

*Fuente:* N.T.P 400.37 [24]

El concreto lo podemos encontrar en dos estados, el estado fresco y el estado endurecido. En la fase fresca el concreto parece una masa, es blando, fluido y es fácil de trabajar y moldear, por otro lado, cuando se encuentra en el estado endurecido, el concreto ya ha fraguado, ha ganado resistencia y ha endurecido [27].

### **Propiedades mecánicas del concreto**

Podemos mostrar las primordiales propiedades del concreto en el estado fresco:

- Trabajabilidad
- Consistencia
- Compacidad
- Segregación

En la etapa endurecida el concreto ostenta las sucesivas propiedades:

- Resistencia mecánica, durabilidad e impermeabilidades

### **Trabajabilidad:**

Propiedad del concreto que desarrolla el nivel de maniobramiento, transporte y colocación con el mínimo de trabajo y una máxima homogeneidad entre los agregados y el cemento, para ser terminado sin que se presente segregación [25].

La trabajabilidad se determinará por las particularidades y proporciones de los agregados (el tamaño, la textura del agregado).

### Consistencia:

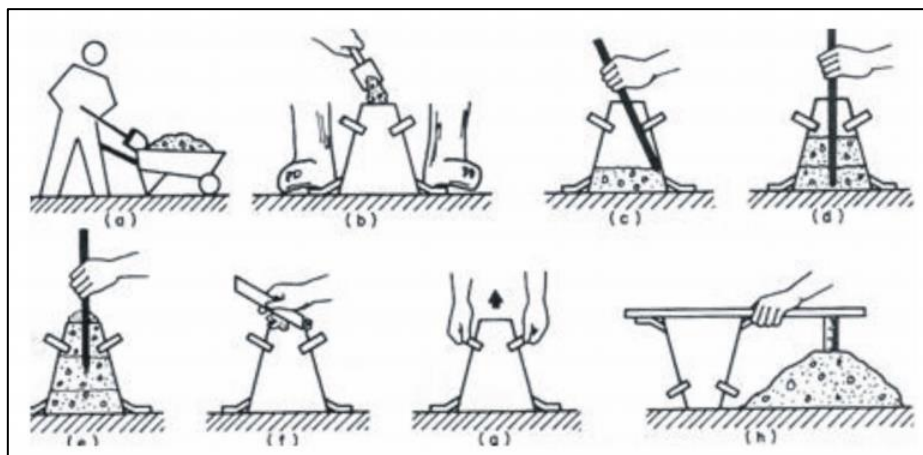
Propiedad del concreto la cual determina la humedad que tiene la mezcla de concreto con el grado de fluidez de misma, o sea cuando la mezcla tiene más agua y es más húmeda, el concreto será más fluido al momento de su vaciado, cabe resaltar que la trabajabilidad, no es consistencia.

**Tabla 5: Tolerancias ASTM C94**

ESPECIFICACIONES		Tolerancias ASTM C 94/C 94M NTP 339.114
Asentamiento nominal	2'' (50mm) y menos	± ½'' (15 mm)
	2'' a 4'' (50mm a 100mm)	± 1'' (25 mm)
	Más de 4'' (100mm)	±1 ½'' (40mm)
Asentamiento "máximo" o "no debe exceder"	3'' (75mm) o menos	En exceso 0'' (0mm)
		En defecto 1 ½'' (40mm)
	Más de 3'' (75mm)	En exceso 0'' (0mm)
		En defecto 2 ½'' (65mm)
Tiempo de conservación en estos rangos (responsabilidad productor)		30 min desde llegada a obra

La propiedad de la consistencia depende de la cantidad total de agua de la mezcla y de las peculiaridades del agregado, para calcular la consistencia del concreto se determinará mediante el ensayo de Asentamiento según la NTP 339.035 el cual requerirá de un tronco de cono, también llamado Cono de Abrams, el cual se llenará de concreto en tres partes, cada parte se llenará y compactará adecuadamente, las dimensiones de los diámetros de este cono son 200 mm y 100 mm y su altura de 300 mm, este ensayo indica que tan fluida o seca está la mezcla cuando se encuentra en estado fresco [25, 28].

A continuación, en la figura 1 podemos observar el procedimiento que se realiza para la determinación de la consistencia de la mezcla, comenzando con el vaciado de la mezcla en el cono, seguido del varillado según normativa, finalizado dicho proceso se pasa a retirar el cono y a realizar la medición de la altura en pulgadas de arriba hacia abajo.



**Fig. 1:** Ensayo de Cono-de Abrams.

### **Peso Unitario:**

Es la densidad del concreto, se precisa como la dependencia entre el volumen de los sólidos en la mezcla de hormigón al volumen total de una unidad cúbica. El Peso unitario del concreto puede ser expresado en  $\text{kg/m}^3$ , el objetivo de la prueba del peso unitario es precisar el peso de un  $\text{m}^3$  de hormigón y determinar el rendimiento de este material. Según la NTP 339.046 el peso unitario del concreto se encuentra entre  $2240\text{kg/m}^3$  a  $2460\text{kg/m}^3$  [24, 25].

### **Resistencia a la compresión del concreto**

Es la característica mecánica más importante del concreto. Lo podemos dimensionar como la capacidad que tiene el concreto para resistir una carga (una fuerza) por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, comúnmente en  $\text{kg/cm}^2$ , Mega Pascales y en libras por pulgada cuadrada (Psi) [29].

La Resistencia a la Compresión también se logra precisar a manera de la máxima medida de la resistencia a la sollicitación axial de especímenes de concreto.

La resistencia a compresión que logra el concreto,  $f'_c$ , está en determinado por medio de la relación agua-cemento ( $a/c$ ) de la mezcla, el tamaño de granos de los agregados y del máximo tamaño del agregado, de la edad que tiene el concreto [30]. Para determinar la resistencia a la compresión del Concreto se realizarán pruebas a la resistencia a la compresión, el cual debe cumplir la NTP 339.034.

## Unidad de Albañilería

Según la Norma Técnica E070 se nombra ladrillo a la unidad cuyas medidas dimensionales y su peso admite ser manejada con una sola mano. Se nombra bloque a toda aquello que por sus dimensiones y debido a su peso necesita de las dos manos para su maniobramiento [24].

Según la Norma Técnica **E070** los ladrillos de concreto serán utilizados consecutivamente después de haber logrado su Resistencia Especificas y su estabilidad volumétrica. [24].

### Clasificación para fines estructurales

Para efectos de diseño estructural, las unidades de mampostería poseerán los siguientes atributos indicados en la tabla 6 la cual es mostrada debajo:

**Tabla 6:** Clases de Unidades de Albañilería.

CLASES DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máximo en %)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f'b$ mínimo en Mpa (Kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Más de 150mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.9(50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.9(70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.3(95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.7(130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.6(180)
Bloque P (1)	±4	±3	±2	4	4.9(50)
Bloque NP (2)	±7	±6	±4	8	2.0(50)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes  
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

*Fuente:* Tomado del R.N.E E. 070 [24].

Todas las clases de unidades de albañilería de la anterior tabla son puntualizadas por el Ingeniero San Bartolomé en el año de 1994, de la manera siguiente:

- *Tipo I:* Aquellos mampuestos que poseen una resistencia y durabilidad muy baja; solo aptos para ser usados bajo escenarios que no requieran de exigencias altas (moradas de 1 o 2 pisos), evadiendo el contacto directo con el suelo o la lluvia.

- *Tipo II:* En esta clase se encuentran los ladrillos de baja resistencia y durabilidad; aptos para emplearse bajo situaciones de servicio moderadas.
- *Tipo III:* Son ladrillos de mediana durabilidad y resistencia, idóneos para utilizarse en edificaciones ostentadas bajo escenarios de intemperismo.
- *Tipo IV:* Estos ladrillos son de elevada resistencia y durabilidad; idóneos para ser usados bajo circunstancias de servicio rigurosas. Consiguen estar sometidos a contextos de intemperismo moderado, en contacto con el agua, con lluvias intensas, suelo, etc.
- *Tipo V:* Tienen una resistencia y durabilidad alta; listo para utilizarse en condiciones de servicio muy duras, pueden estar sometidos a condiciones de intemperismo parecidas al Tipo IV.

### **Clasificación por su materia prima y fabricación**

De acuerdo con este tipo de clasificación tenemos:

- Unidades de arcilla
- Unidades de concreto
- Unidades sílico-calcáreas

### ***Clasificación por sus huecos***

Según la Norma E070 tenemos:

- *Unidades sólidas:* Es aquella cuya de sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de apoyo, posee un área igual o mayor al 70% del área total de ese plano.
- *Unidades huecas:* Es aquella cuya de sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de apoyo, posee un área menor al 70% del área total de ese plano.
- *Unidades de albañilería alveolares:* Poseen alveolos con la finalidad de alojar refuerzo vertical. Son usados en la construcción de muros armados
- *Unidades tubulares:* Posee huecos paralelos a la superficie de asiento.

### **Propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería**

Dentro de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería tenemos: el alabeo, la variación dimensional, la absorción, resistencia a la compresión.

## Prismas de Albañilería

La N.T.P. E070 manda a realizar la elaboración de pequeños prismas de albañilería simple llamados Pilas y Muretes, bajo las mismas condiciones para de esta manera calcular tanto la resistencia a la compresión  $f'm$  y al corte  $v'm$ . Se hallarán los valores de manera empírica o a través de pruebas de prismas, de acuerdo con la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según lo siguiente:

**Tabla 7: Resistencias Características.**

RESISTENCIA CARÁCTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS MÁS DE 5 PISOS		
	ZONA SÍSMICA			ZONA SÍSMICA			ZONA SÍSMICA		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$f'm$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$v'm$	A	A	A	B	B	A	B	B	A

*A: Hallada de forma experimental, sabiendo la calidad del ladrillo y del mortero.  
B: Halladas de las pruebas de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante pruebas de laboratorio de acuerdo con lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621.*

*Fuente: Tomado del Reglamento Nacional de Edificaciones [24].*

### Compresión axial de pilas de albañilería

La muestra para hallar la resistencia a la compresión de la albañilería está estandarizada, y consiste en un prisma de unidades asentadas una encima de otra.

La altura mínima y la esbeltez de los prismas de ladrillos la relación alto vs ancho del prisma estará entre los valores 2.00 y 5.00. El valor  $f'm$  se obtiene observando la Tabla:

**Tabla 8: Componentes de Correlación  $f'm$  por esbeltez**

Factores de corrección $f'm$ por esbeltez							
Esbeltez	1.3	1.5	2	2.5	3	4	5
Factor	0.75	0.86	1	1.04	1.07	1.15	1.22

*Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E. 070 [24].*

### Mecanismos de falla en compresión axial

- A partir de aproximadamente 71% de la carga última empiezan a surgir aberturas erguidas en los ladrillos. Las iniciales se sitúan apartadas de los

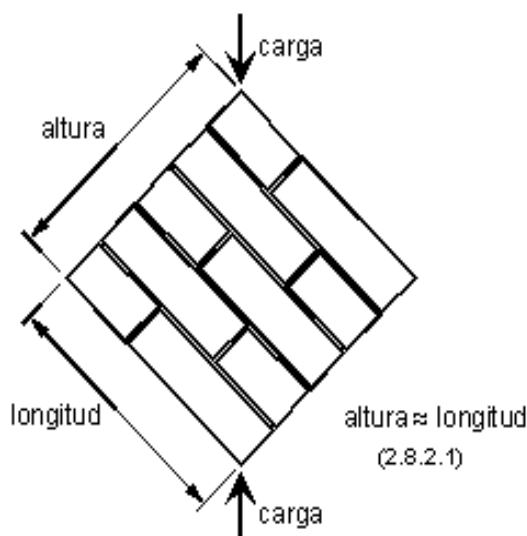
efectos restrictivos del cabezal de carga y hacia el eje del prisma, y van acompañadas de ruidos crujientes.

- La carga máxima, última, acontece cuando el adelanto y multiplicación de estas grietas verticales son sustantivos.

El tipo del ladrillo, la falla sucede por tracción transversal. Entonces, aquellos que poseen huecos u hoyos importantes y sufren duras acumulaciones de esfuerzos transversales, que reducen la resistencia y conducen a fallas frágiles [26].

### Compresión diagonal de muretes de albañilería

Acá se determina la resistencia característica a corte puro  $v'm$ , y se actúa según lo especificado en la norma NTP 399.621. El espécimen patrón es un murete cuadrado cuyo lado nominal mide como mínimo sesenta centímetros. Según la norma E.070, el valor de  $v'm$  para diseño no superará el valor de  $0.317 \times [(f'm)^{1/2}]$  MPa. La resistencia  $v'm$  en muretes se conseguirá como el valor medio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

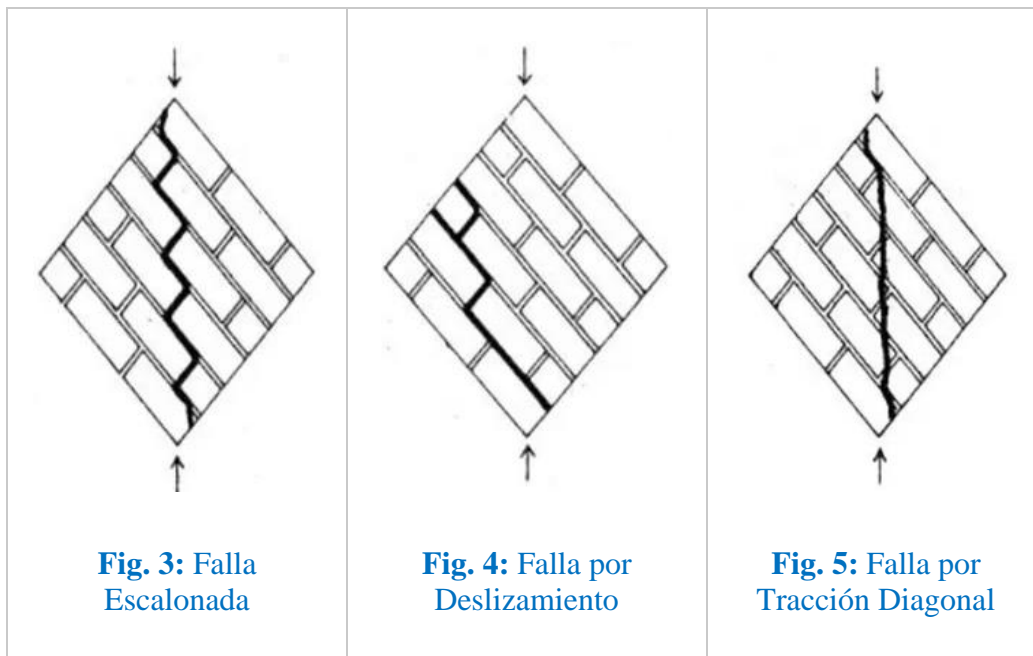


**Fig. 2:** Murete sometido a carga Diagonal

#### *Modos de falla en tracción diagonal*

El modo de falla del espécimen es ordinariamente por corte o por tracción diagonal. Esto sucede de manera frágil al originarse la primera abertura.

Cuando los ladrillos son huecos, o de muy pequeña resistencia, el testigo puede fallar por aplastamiento producido por la compresión diagonal; esta falla puede ser explosiva [31].



### *Módulo de Corte*



**Fig. 6:** Muros de Albañilería simples después de la prueba de corte

El módulo de corte alcanza a ser obtenido de cálculos efectuadas en la prueba de corte, de la igualdad:

$$G_m = \frac{V_m}{s}$$

Dónde:

- $V_m$ : esfuerzo de corte
- $\epsilon$ : suma de deformaciones unitarias verticales y horizontales en  $V_m$ .

En ensayos ejecutados en muretes a escala natural sometidos a cargas de corte se estableció que  $G_m$ , aumenta grandemente con la precompresión, reflejando la conducta no lineal de la albañilería. Se logran obtener valores aproximados de  $G_m$  de la relación:

$$G_m = \frac{E_m}{2(1 + \nu)}$$

### **Ladrillos de Concreto**

Los ladrillos elaborados de concreto son aquellos elementos elaborados a base de la mezcla de concreto y que son premoldeados, se encuentran ubicados dentro de la categoría de mampuestos, en obra se manipulan con una sola mano.

Los ladrillos de concreto son empleados en la construcción de paredes para casas.

### **Materiales de los ladrillos de concreto**

Los materiales usados para la elaboración de los ladrillos de concreto estarán constituidos básicamente por cemento, agregados u áridos y agua que cumplan los requisitos para concretos; se deberá considerar la relación agua/cemento, baja, con la finalidad de darle características impermeables [32].

### **Diseño de mezclas de ladrillo de concreto**

Los Autores [32], a partir de investigaciones y experiencias obtenidas, se plantearon el estudio de tres dosificaciones en volumen:

- 1C: 4 Arena G: 2 Agregado Grueso.
- 1C: 5 Arena G: 2 Agregado Grueso.
- 1C: 5 Arena G: 3 Agregado Grueso.

Usualmente los autores desarrollaron empíricamente estas tandas añadiendo agua hasta que sea trabajable la mezcla de concreto, no confundir con que sea una mezcla fluida.

### **Ladrillos de Concreto con PET**

Los ladrillos con adición porcentual de PET son conceptualizados como unidades de mampostería elaboradas con agregados PET reciclados como componente de sus agregados [33]. Lo estudiado en esta indagación son ladrillos de concreto los cuales fueron vibrados con un reemplazo en el porcentaje de agregados por hojuelas o fibras de plástico PET reciclados.

### **Ladrillos de Concreto con RCD**

Los ladrillos con adición porcentual de RCD son conceptualizados como unidades de mampostería elaboradas con agregados reciclados obtenidos de los RCD como componente de sus agregados [33]. Lo estudiado en esta indagación son ladrillos de concreto los cuales fueron vibrados con un reemplazo en el porcentaje de agregados por agregados reciclados a base de RCD, específicamente residuos de concreto, ladrillo, cerámicos y tejas.

Los ladrillos de concreto propuestos por esta investigación se diseñarán para tener un  $f'c$  mayor a 130 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Vibrado de los ladrillos de concreto**

Los ladrillos fueron fabricados utilizando un molde, un trompo eléctrico para el correcto mezclado del concreto y una mesa vibradora. El vibrado hace que los vacíos que pueden generarse por el mismo proceso de llenado del molde disminuyan y/o desaparezcan, permitiendo que los ladrillos vibrados alcancen resistencias más altas, cabe resaltar que es de suma importancia el tiempo de vibrado (vibration time) pues un corto tiempo no elimina de manera correcta los vacíos y un exceso de vibrado perjudica su resistencia mecánica obtenida.

El tiempo de vibrado se recomienda que debe de ser hasta ver la lechada de cemento en la parte superior del molde.

### **Definición de términos básicos**

#### **Residuo Sólido**

Material, inorgánico u orgánico, y de naturaleza compacta, es el resultado del consumo de bienes o servicios controlados por su propietario hasta que sea desechado pues ha terminado su vida útil.

## **Residuos Plásticos**

Los residuos plásticos son todos los desechos que producimos los humanos en nuestras actividades comunes cuyo componente principal es el plástico y de los que nos tenemos que deshacer ya que han perdido su valor.

## **Reciclaje**

Consiste en separar los materiales aprovechables de lo no aprovechable, dándole un nuevo uso es decir reutilizarlo nuevamente, puede ser teniendo su misma función o una nueva función [26].

## **RCD**

Residuos generados a lo largo de los procesos de construcción, demolición, remodelación, entre otros, de diferentes infraestructuras.

## **Concreto**

Producto artificial elaborado a base de la mezcla de cemento Portland, agregado fino, agua y agregado grueso.

## **Concreto Reciclado**

Producto artificial elaborado a base de la mezcla de cemento Portland, agregado fino, agua y agregado grueso y agregados reciclados

## **Propiedades Mecánicas**

Son aquellas propiedades que se refieren al comportamiento de un material ante las fuerzas ejercidas sobre este, por eso son muy significativos al elegir el compuesto del que debe estar elaborado un objeto determinado.

## **Resistencia a la Compresión**

Es la capacidad que tiene el concreto para resistir una carga (fuerza) por unidad de área.

## **Unidades de Albañilería**

Elementos utilizados para muros portantes, tabiques, etc. Aquí encontramos los ladrillos y bloques, pudiendo ser sólidos, alveolares, tubulares y/o huecos.

### **Ladrillo**

Unidad cuya superficie y pesaje concede al operador su manipulación con una mano.

### **Ladrillo con PET**

Elemento de albañilería a base de concreto, contiene dentro de sus materiales un porcentaje variable de residuos de PET.

### **Ladrillo con RCD**

Elemento de albañilería a base de concreto, contiene dentro de sus materiales un porcentaje variable de residuos de RCD.

## **Ensayos de Laboratorio**

A lo largo de la presente investigación, fue necesario realizar distintas pruebas u ensayos a los distintos materiales como son los agregados, la mezcla de concreto y los ladrillos de concreto. Estos ensayos fueron tanto físicos como mecánicos

### **Ensayos a agregados naturales**

#### **- Granulometría**

La normativa utilizada en el siguiente ensayo es [34] se dicta el método para calcular de la distribución del tamaño de las partículas del agregado fino, grueso por tamizado es decir su gradación. El tamizado se realiza en las siguientes mallas, de 9,5 mm (3/8"), 4,75 mm (N°4), 2,36 mm (N° 8), 0,84 mm (N° 16), 0,600 mm (N° 30), 0,30 mm (N° 50), 0,150 mm (N° 100) y 0,075 mm (N°200). Por último, se registra el peso en cada tamiz del material retenido para su posterior análisis.

Los instrumentos usados para este ensayo son los que se mencionan a continuación:

- ✓ Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Balanzas.
- ✓ Tamices.
- ✓ Depósitos para agregados.
- ✓ Instrumentos de limpieza.

El ensayo se procedió a realizar como dispone la normativa, la cual nos recomienda tomar una muestra de los agregados y ponerlas al horno por 24 horas, debemos tener en cuenta que para el árido fino se requerirá una cantidad de muestra mínima de 300g y para el agregado grueso una cantidad mínima de 1000g.

Obtenemos mediante el tamizado el peso retenido por cada malla, y para obtener el porcentaje de peso retenido usamos la siguiente fórmula,

$$\% \text{ Peso retenido} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso Seco}} \times 100\%$$

#### - **Humedad**

La normativa utilizada en el siguiente ensayo es **NTP 339.185 / ASTM C566**, se utiliza para hallar el porcentaje de humedad evaporada total en una muestra de árido fino o grueso mediante el secado y se aplica en la corrección de las proporciones de las tandas de los ingredientes para producir concreto.

Los instrumentos usados para este ensayo son los que se mencionan a continuación:

- ✓ Horno, Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Balanza con sensibilidad al 0.1%.
- ✓ Recipientes para muestras.

En base a esto, tomamos los agregados y los ponemos al horno por 24 horas, cabe resaltar que para el agregado fino se requerirá una muestra mínima de 500g y para el agregado grueso una muestra mínima de 1500g.

Secar la muestra por completo en el depósito con ayuda de la fuente de calor elegida, luego se retira del horno y se registra el peso del muestreo evitando la pérdida de las partículas,

Finalmente se retira del horno y se pesa la muestra, posteriormente se continúa con el cálculo de proporción de humedad.

Obtenemos el contenido de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Contenido de Humedad} = \frac{\text{Masa Original Muestra} - \text{Masa de la Muestra seca}}{\text{Masa de la Muestra seca}}$$

#### - **Peso unitario**

La normativa utilizada en el siguiente ensayo es **NTP 400.017**, el ensayo calcula la masa por unidad de volumen o densidad y los vacíos en los aridos finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación, para calculos de las relaciones masa/volumen para conversiones en busca.

Los instrumentos usados para este ensayo son los que se mencionan a continuación:

- ✓ Balanza con sensibilidad al 0.1%.
- ✓ Recipientes.
- ✓ Varillas apisonadoras.

El ensayo se procedió a realizar como dispone la normativa, para el Peso Unitario Compacto la cual nos recomienda rellenar el recipiente en 3 capas compactando cada una. Gracias a este proceso, las partículas de árido se disponen de forma compacta. Compactar cada una de las capas dejando caer el recipiente 50 veces en la forma descrita, 25 veces por cada extremo opuesto. Para el Peso Unitario Suelto nos recomienda llenar el recipiente hasta el reboce con una pala o cucharón, descargando el agregado desde una altura no superior a 50 mm por encima del borde superior del mismo.

Obtenemos la densidad del Agregado con la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad del Agregado} = \frac{(\text{Masa del material} + \text{recipiente}) - \text{Masa del Recipiente}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

Obtenemos el Peso Unitario con la siguiente fórmula:

$$M_{\text{sss}} = M \left[ 1 + \frac{A}{100} \right]$$

M<sub>ss</sub> es la densidad de masa en condición SSD, kg/m<sup>3</sup>; y A es el Porcentaje de absorción, determinado.

- **Peso específico agregado grueso.**

La normativa usada es la NTP 400.021, tiene por objeto el cálculo de la densidad media de partículas de árido grueso, una propiedad comúnmente utilizada para calcular el volumen ocupado por los agregados en varias mezclas que contienen agregados.

Los instrumentos usados para este ensayo son los que se mencionan a continuación:

- ✓ Balanza con sensibilidad al 0.15%.
- ✓ Recipientes.
- ✓ Horno.
- ✓ Tanque de Agua.

La muestra agregada se sumergió en agua durante  $24 \pm 4$  h para llenar significativamente los vacíos. Luego se retira la muestra del agua, se seca la superficie del agua sobre las partículas y se determina el peso. Seguido, el volumen de la muestra será determinado por el método del desplazamiento de agua. Finalmente, las muestras se secan y se determina su masa. Usando los valores de masa hallados y la fórmula para este método de prueba, se pueden calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

- **Peso específico agregado fino.**

La normativa revisada para el ensayo es la **NTP 400.022 / ASTM C128**, su finalidad es dar un procedimiento para el cálculo de la densidad promedio de las partículas de árido fino.

La muestra agregada se colocó en agua durante  $24 \pm 4$  h para llenar significativamente los vacíos. Luego se retira del agua, el agua superficial se seca sobre los gránulos y se determina el peso. Luego, la muestra (o parte de la muestra) se coloca en un recipiente de medición y el volumen de la muestra se determina utilizando métodos gravimétricos o volumétricos. Por último, la muestra se secó en estufa y se volvió a pesar. Usando los valores de masa obtenidos y usando las fórmulas de este método de prueba, se puede calcular la densidad, la densidad relativa (densidad) y la absorbancia.

Los instrumentos usados para este ensayo son los que se mencionan a continuación:

- ✓ Balanza con sensibilidad al 0.15%.
- ✓ Recipientes.
- ✓ Horno.
- ✓ Picnómetro.

## **Materiales y Métodos**

### **Tipo y nivel de investigación**

La siguiente investigación es de tipo experimental, pues se estudiará cómo se manifiesta el fenómeno de adicionar 5%, 10% y 15% de residuos plásticos (PET) como parte de los agregados a ladrillos de concreto y cómo se manifiesta el fenómeno de adicionar 5%, 10% y 15% de RCD como parte de los agregados a ladrillos de concreto con la finalidad de determinar las propiedades físicas y mecánicas de estos ladrillos.

### **Diseño de investigación**

El diseño al cual se ajustará nuestro estudio será un diseño Experimental puro, porque se manipula intencionalmente las variables, luego se mide el efecto que tiene la variable independiente (residuos plásticos y RCD), sobre la dependiente que son las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto.

### **Población, muestra, muestreo**

#### **Población**

La población perteneciente al presente trabajo de investigación pertenece a todos ladrillos de concreto adicionándoles PET y a todos los ladrillos de concreto adicionándoles RCD, los ladrillos de concreto con agregados reciclados serán elaborados por el autor de esta investigación.

#### **Muestra**

La muestra para usar serán ladrillos de concreto con medidas convencionales de 22cm x 13cm x 9cm de largo, ancho y alto respectivamente; aceptados para edificaciones. Al ser un material relativamente desconocido para utilizar en ladrillos de concreto, plástico PET y RCD la población se obtuvo de la siguiente manera.

Una cantidad de cinco ladrillos para ensayos físicos por cada una de las 07 mezclas (cabe resaltar que es una muestra patrón, tres mezclas adicionando residuos plásticos y otras tres mezclas adicionando RCD triturado), con tres ladrillos adicionales por errores de producción; de esta manera se muestran todas las cantidades en la tabla 9 que se ve a continuación:

**Tabla 9:** Muestra de Ladrillos con Agregado reciclado PET.

<b>Ladrillos de Concreto</b>	<b>0% de PET</b>	<b>5% de PET</b>	<b>10% de PET</b>	<b>15% de PET</b>
Ensayos físicos	5 unidades +3	5 unidades +3	5 unidades +3	5 unidades +3
Resistencia a la compresión	5	5	5	5
Compresión Axial de Pilas de Albañilería	3 pilas de 3 ladrillos	3 pilas de 3 ladrillos	3 pilas de 3 ladrillos	3 pilas de 3 ladrillos
Corte en Muretes	3 muretes de 60x60 cm (45 ladrillos)	3 muretes de 60x60 cm (45 ladrillos)	3 muretes de 60x60 cm (45 ladrillos)	3 muretes de 60x60 cm (45 ladrillos)
	<b>67 unidades</b>	<b>67 unidades</b>	<b>67 unidades</b>	<b>67 unidades</b>

**Tabla 10:** Muestra de Ladrillos con Agregado reciclado de RCD.

<b>Ladrillos de Concreto</b>	<b>5% de RCD</b>	<b>10% de RCD</b>	<b>15% de RCD</b>
Ensayos Físicos	5 unidades +3	5 unidades +3	5 unidades +3
Resistencia a la compresión	5 unidades	5 unidades	5 unidades
Compresión Axial de Pilas de albañilería	3 pilas de 3 ladrillos	3 pilas de 3 ladrillos	3 pilas de 3 ladrillos
Corte en Muretes	3 muretes de 60x60 cm (45 ladrillos)	3 muretes de 60x60 cm (45 ladrillos)	3 muretes de 60x60 cm (45 ladrillos)
	<b>67 unidades</b>	<b>67 unidades</b>	<b>67 unidades</b>



## Muestreo

El muestreo ejecutado para la investigación presente fue el MUESTREO NO PROBABILÍSTICO, pues se elaboraron ladrillos de concreto adicionando porcentajes de PET como parte de sus agregados, y porcentajes de RCD como parte de sus agregados en diferentes dosificaciones para la investigación.

## Criterios de selección

Los ladrillos de concreto han sido elaborados en función a una resistencia mayor a 130 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que se optará por cada uno de los diseños de 140 y 175 kg/cm<sup>2</sup>. Se seleccionarán al azar cada ladrillo para realizar sus pruebas y ensayos físicos y mecánicos.

Las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto mejorarán al adicionarles un 5%, 10% y 15% de residuos plásticos y al adicionarle un 5%, 10% y 15% de RCD, además cumplirán los requisitos de la norma técnica peruana E.070.

## Operacionalización de variables

**Tabla 13:** Cuadro de Operación de Variables.

VARIABLE		DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD	ENSAYO DE MEDICIÓN
DEPENDIENTE	PROPIEDADES FÍSICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO	PROPIEDADES FÍSICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO	% de Absorción	%	Ensayo de Absorción
			Alabeo	cm	Ensayo de Alabeo
	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO	PROPIEDADES MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO	Resistencia a la compresión del ladrillo	kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo a la Compresión
			Resistencia a la compresión en Pilas de Albañilería.	kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo Axial de Pilas de Albañilería.
			Resistencia a la compresión Diagonal.	kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo Compresión Diagonal.
	INDEPENDIENTE	% DE AGREGADO DE PET RECICLADO	5%-10%-15%	Cantidad de Agregado PET	% Peso
% DE AGREGADO OBTENIDO DE LOS RCD		5%-10%-15%	Cantidad de Agregado PET	% Peso	Balanza

Adicionalmente tenemos las siguientes variables intervinientes:

**Tabla 14:** Cuadro de Variables Intervinientes.

VARIABLE INTERVINIENTE	ENSAYO
PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO RECICLADO	Ensayo de Granulometría
	Ensayo de Humedad
	Ensayo de Peso Específico
PROPIEDAD QUÍMICA DEL AGREGADO OBTENIDOS DE RCD	Ensayo de contenido de impurezas inorgánicas.
	Ensayo de contenido sales solubles.

### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la presente investigación se usó la técnica de observación directa, puesto que se observó directamente el comportamiento que tienen los ladrillos a los cuales se le adicionaron agregado PET y los ladrillos a los cuales se les adicionó RCD como parte de los agregados.

Los instrumentos utilizados en esta investigación fueron la Ficha de Recolección de datos de laboratorio, los cuales fueron procesados en una ficha Excel.

**Tabla 15:** Cuadro de Variables Intervinientes.

Técnicas	Instrumento	Observaciones
Pruebas Estandarizadas	Fichas de Recolección de datos o Fichas de Laboratorio	Uso de equipos y materiales
Observación directa	Sentido de la visión	

### Procedimientos

Primero, se realiza una recopilación de datos (antecedentes de otras investigaciones realizadas sobre el adicionamiento de PET y el adicionamiento de RCD en la mezcla tradicional de concreto) con la finalidad de contar con una sólida base teórica, que permita llevar a cabo sin inconvenientes la tesis.

### **Cuantificación del Plástico PET**

Se realizará la verificación y cuantificación del Plástico PET de la siguiente manera:

- Se hará el conteo de la cantidad de botellas PET que se encuentran ubicadas en los 3 lugares seleccionados como puntos para la obtención de dicho material, para una estimación más precisa (Ver Anexo).

### **Obtención del Agregado Reciclado PET**

- Se procede a obtener el agregado reciclado PET, a través del recojo y acopio de éste.
- Una vez recolectado los residuos de Plástico PET en costales, se procede a transportarlos a través de una camioneta hacia el lugar donde se dará el proceso de limpieza (incluye lavado) y compactación.

### **Trituración del Agregado Reciclado PET**

- La trituración se realizará de manera mecánica mediante una trituradora de plástico.

### **Obtención del Agregado Reciclado proveniente de los RCD**

Los RCD se obtuvieron de la demolición de diversas viviendas ubicados en el distrito de Ferreñafe, Lambayeque los cuales yacen como montículos depositados en 3 puntos con aproximadamente 2505 m<sup>3</sup> de este material c/u. Los residuos se acomodaron en costales, para su transporte hacia el lugar donde se procederá a triturar.

Se utilizará residuos de concreto, residuos de mampostería y residuos de cerámicos para esta investigación, los cuales se separarán y seleccionarán in situ.

### **Trituración del Agregado Reciclado proveniente de los RCD**

El proceso de trituración se realizará mediante la ayuda de herramientas manuales.

Posterior a la realización de la limpieza al material, se ubican los residuos de construcción y demolición sobre un saco, se regulariza al diámetro de agregado que se solicita para al diseño a trabajar, es necesario decir que para la presente caso fue material pasante de 3/8", y por último se almacenan los aridos finos y gruesos derivados del proceso de la trituración con la finalidad de llevarlos hacia el laboratorio, lugar en donde se efectuarán los ensayos convenientes.

### **Obtención de los Agregados Naturales**

Se obtienen los agregados naturales de la cantera “Tres Tomas”, ubicada en la provincia de Ferreñafe.

### **Ensayos a los Agregados Naturales**

Se realizan los estudios al árido fino y al árido grueso con los que se trabajarán para que de esta manera se puedan tabular sus propiedades e identificar si desempeñan los requisitos necesarios para que con ellos se fabrique la mezcla de concreto para las unidades de concreto con agregados reciclados.

### **Ensayos a los agregados reciclados**

Se procede a ejecutar ensayos de humedad, ensayos de peso específico, ensayos de sales a los agregados reciclados según corresponda.

### **Diseños de Mezcla**

Se procede a elaborar el diseño de mezcla para ladrillos de concreto con PET como parte de sus agregados, el diseño de mezcla para ladrillos de concreto con RCD como parte de sus agregados y el diseño de mezcla para ladrillos de concreto sin agregados reciclados, todos estos con un  $f'c$  mayor a 130 kg/cm<sup>2</sup>. Estas mezclas serán evaluadas en estado fresco determinando, asentamiento. También se evaluará en estado endurecido para obtener su resistencia a compresión de la unidad de albañilería.

### **Elaboración de Ladrillos**

Se elaborarán los ladrillos con agregados convencionales, los ladrillos de concreto con agregado reciclado PET y los ladrillos de concreto con agregado reciclado provenientes de los RCD. Se curarán constantemente los ladrillos durante siete días.

### **Determinación de Propiedades de los Ladrillos**

Se determinan las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas mediante ensayos de laboratorio y se verificarán que cumplan los parámetros que rige la Norma Técnica E070 Albañilería para ladrillos tipo IV. Se anotarán los resultados de los diferentes

ensayos en sus fichas de recolección de datos para y luego ser pasadas y procesadas en el programa EXCEL.

### **Comparación con la muestra patrón**

Se comparan las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con agregado PET y con agregado proveniente de RCD como parte de sus agregados con la muestra patrón.

Se realiza el trabajo de gabinete consolidando los datos obtenidos y haciéndoles una evaluación estadística para por obtener ordenar nuestros resultados.

Finalmente, se esbozaron las conclusiones y recomendaciones durante el desarrollo final de la tesis.

### **Materiales Utilizados**

Para llevar a cabo esta investigación es necesario tener en cuenta los materiales que se usarán. Para nuestro caso usaremos los siguientes:

- Agregados de la Cantera Tres Tomas – Cantera La Victoria.
- Cemento Portland de uso general – Cemento Pacasmayo.
- PET triturado.
- RCD triturado.

### **Equipos Utilizados**

Para llevar a cabo esta investigación es necesario tener en cuenta los equipos que se usarán. Para nuestro caso usaremos los siguientes:

- Molde metálico azul para ladrillo de concreto.
- Trompo eléctrico para mezcla de concreto.
- Mesa vibradora de 3HP de potencia, motor trifásico 220V, 50 Hertz y 3000 revoluciones por minuto.
- Prensa universal de compresión axial.
- Balanza con aproximación de 0.1 g.
- Horno
- Tamices ASTM (1/2”, 3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100).

## Matriz de consistencia

**TÍTULO:** Comparación y determinación de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto adicionando residuos plásticos y ladrillos de concreto adicionando RCD, Ferreñafe 2020

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	POBLACIÓN Y MUESTRA	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
¿Cómo varían las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto adicionándoles un 5%, 10% y 15% de residuos plásticos y de ladrillos adicionándoles RCD, en el distrito de Ferreñafe, 2020?	<b>GENERAL:</b> Determinar y comparar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto adicionándoles un 5%, 10% y 15% de residuos plásticos, y de ladrillos de concreto adicionándole un 5%, 10% y 15% de RCD.	Las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto mejorarán al adicionarles un 5%, 10% y 15% de residuos plásticos y al adicionarle un 5%, 10% y 15% de RCD, además cumplirán los requisitos de la norma técnica peruana E.070	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	Propiedades físicas del ladrillo de concreto	% de Absorción	Técnica: Observación Directa. Instrumento: Ficha de recolección de datos.	<b>POBLACIÓN:</b>  560 ladrillos de concreto adicionándoles PET y RCD como parte de sus agregados.	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b>  Investigación de tipo experimental.
					Alabeo			
			PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO	Propiedades mecánicas del ladrillo de concreto	Resistencia a la compresión del ladrillo			
					Resistencia a la compresión en Pilas de Albañilería.			
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>		% de agregado de pet reciclado	Cantidad de Agregado PET (5-10-15%)	Técnica: Observación Directa. Instrumento: Ficha de recolección de datos.			
			% de agregado obtenido de los rcd	Cantidad de Agregado RCD (5-10-15%)				
	<b>VARIABLES INTERVINIENTES:</b>		Propiedades físicas del agregado Reciclado PET	Ensayo de Granulometría				
				Ensayo de Humedad				
			Propiedad química del agregado obtenido de los RCD	Ensayo de Peso Específico				
				Ensayo de contenido de impurezas inorgánicas.				
		Ensayo de contenido sales solubles.						
<b>ESPECÍFICOS:</b>							<b>MUESTRA:</b>  Como muestra se obtuvieron 240 ladrillos de concreto adicionándoles residuos plásticos, y 240 ladrillos de concreto adicionándoles RCD.	<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b>  Diseño Experimental.
- Determinar las propiedades mecánicas de los agregados naturales y los agregados reciclados a través de ensayos de contenido de humedad, peso unitario, granulometría, peso específico, absorción.								
- Elaborar la mezcla de concreto adicionándole residuos plásticos como parte de los agregados.								
- Elaborar la mezcla de concreto adicionándole RCD como parte de los agregados								
- Elaborar ladrillos de concreto hecho con residuos plásticos como parte de los agregados.								
- etc								

### **Consideraciones éticas**

Los aspectos éticos se reflejan en la citación de todos los documentos adoptados como base para el desarrollo de esta tesis, teniendo en cuenta la ética de la investigación, así como la voluntad de investigar, admitir errores, introspección. el pensamiento crítico, la capacidad de ver el trabajo de otras personas y la responsabilidad social, así como la presentación de resúmenes debidamente firmados por el técnico de laboratorio donde se realizaron.

Además, en esta tesis se lleva a cabo la constancia fotográfica de los resultados obtenidos y el desarrollo experimental.

También se debe considerar la validez a la hora de buscar información, diseñar resultados de investigación y publicar, entendiendo lo descrito, afirmamos nuestra formación ética basada en el respeto, la honestidad, la integridad y la legitimidad en el desarrollo y difusión de nuestra investigación.

## Resultados y Discusión

### Resultados

#### Ensayos Realizados en Laboratorio

##### Ensayos a Agregados Naturales

Se seleccionaron agregados de las canteras de Tres Tomas y La Victoria.



**Fig. 7: Confitillo**



**Fig. 8: Arena Gruesa**

La arena gruesa es de la cantera La Victoria y el confitillo fue de la cantera Tres Tomas. Se realizó ensayos a los agregados naturales, se detallan a continuación:

##### *Granulometría.*

Se utilizaron tamices como detalla la normatividad.

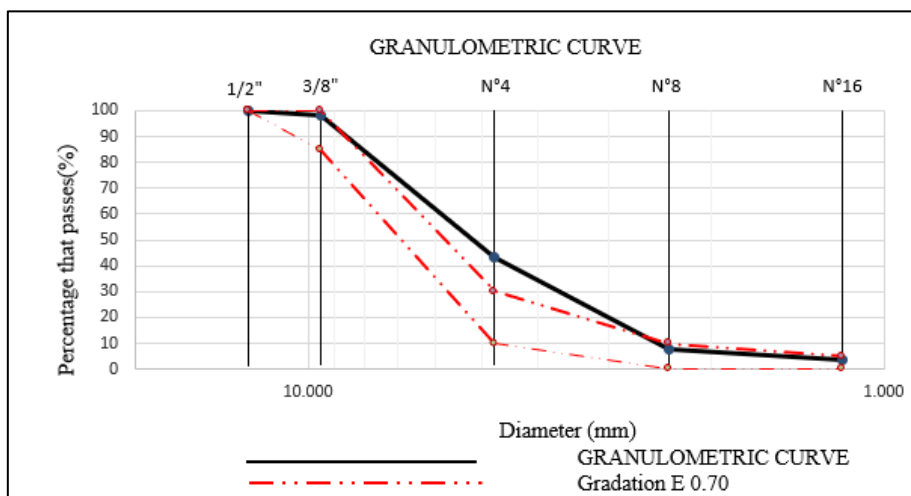


**Fig. 9: Tamizado manual**



**Fig. 10: Tamices.**

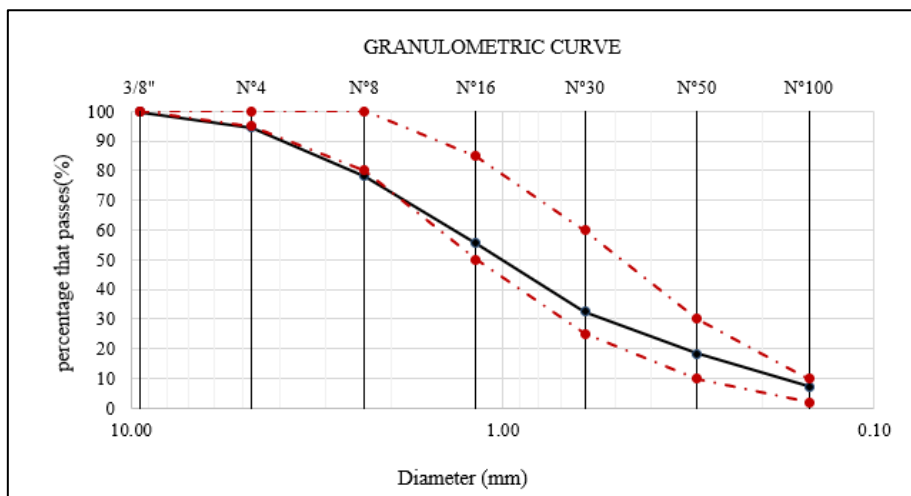
Curva Granulométrica para el Agregado Grueso:



**Fig. 11:** Curva Granulométrica – Agregado Grueso.

Se observa que sobrepasa el límite superior.

Curva Granulométrica para el Agregado Fino:



**Fig. 12:** Curva Granulométrica – Agregado Grueso.

Se observa que se encuentra dentro de los límites establecidos.

**Humedad.**

**Tabla 16:** Contenido de Humedad.

	Cont. Hum. (%)	
	Agrega.do Fino	Agregado Grueso
Cont. de hum. (%)	0.70	0.28

Se lograron conseguir los datos que se exponen en la tabla precedente, luego de realizar el ensayo tal y como detalla la normatividad.



**Fig. 13:** Agregado en Horno.

Cálculos del contenido de humedad

**Tabla 17:** C.H. Agregado Grueso.

W. húmedo	(gr.)	5000.00
W. seco	(gr.)	4986.00
W de depósito	(gr.)	0.00
Cont. de humedad	(%)	0.28

**Tabla 18:** C.H. Agregado Fino.

W. húmedo	(gr.)	1000.00
W. seco	(gr.)	993.00
W de depósito	(gr.)	0.00
Contenido de humedad	(%)	0.70



**Fig. 14:** Pesaje del Ag. fino.

**Peso unitario.****Tabla 19: Peso Unitario.**

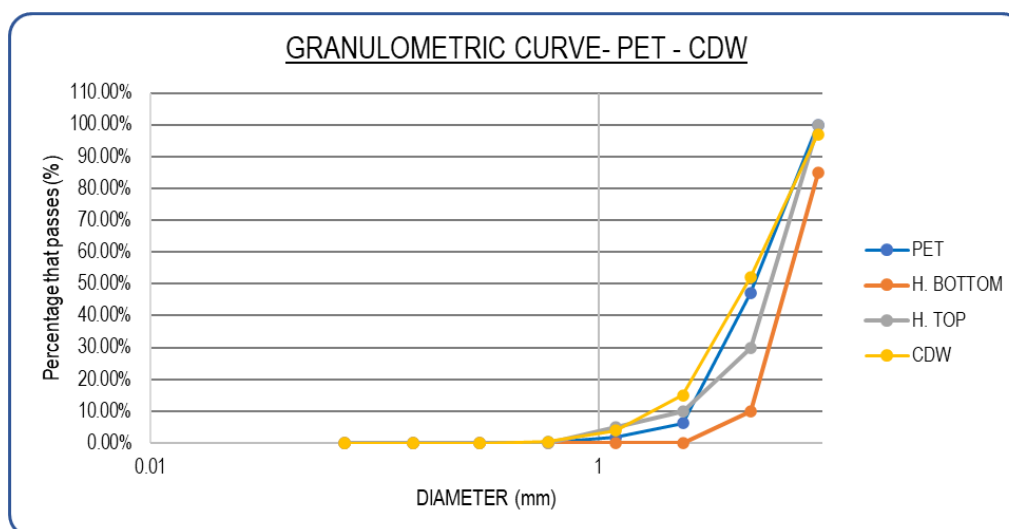
Peso unitario		
	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso U. Suelto Seco	1554	1459
Peso U. Compactado Seco	---	1541

**Peso específico agregado grueso.****Tabla 20: Peso Específico Agregado Grueso**

Ps Espec. de Masa	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.611
% de Absorción	%	1.059

**Peso específico agregado fino.****Tabla 21: P.E. Agregado Fino**

Ps Espec. de Masa	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.649
% de Absorción	%	1.281

**Ensayos a Agregados Reciclados****Granulometría****Fig. 15: Granulometric Curve – PET - RCD.**

Se observa que su granulometría coincide para reemplazar el agregado grueso o confitillo, es por eso por lo que, tanto el PET como el RCD se utilizarán como reemplazo del agregado grueso en nuestro diseño de mezcla para la fabricación de los ladrillos de concreto.

### ***Peso específico agregado PET y RCD***

**Tabla 22: Peso Específico Agregado PET y RCD**

Peso Específico de Masa - PET	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.30
Peso Específico de Masa - RCD	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.27

### ***Peso Unitario del agregado PET y RCD***

**Tabla 23: Peso Unitario del Agregado PET y RCD**

gr/cm <sup>3</sup>	PET	RCD
P. U. Suelto Seco	0.295	1.32
P. U. Compactado Seco	0.375	1.50

### **Diseño de Mezcla**

Después de conseguir los resultados del laboratorio de los áridos, se procedió a realizar el diseño de mezcla para la unidad de albañilería. Se realizó el diseño de mezcla para una resistencia a la compresión de 140 y 175 kg/cm<sup>2</sup> con la finalidad de que las unidades de albañilería logren alcanzar una resistencia promedio de 130 kg/cm<sup>2</sup>. Se muestra a continuación el diseño de mezcla de las dos variantes, las cuales fueron elaboradas con el Método del ACI.

#### *Diseño de Mezcla f'c: 140 kg/cm<sup>2</sup>*

En una bls de 1ft <sup>3</sup>	<b>Proporción en Peso</b>	1.00	4.62	2.03	32.0	Lt/bls
En una bls de 1ft <sup>3</sup>	<b>Proporción en Volumen</b>	1.00	4.25	2.07	32.0	Lt/bls

#### *Diseño de Mezcla f'c: 175 kg/cm<sup>2</sup>*

En una bls de 1ft <sup>3</sup>	<b>Proporción en Peso</b>	1.00	3.46	2.10	29.6	Lt/bls
En una bls de 1ft <sup>3</sup>	<b>Proporción en Volumen</b>	1.00	3.34	2.16	29.6	Lt/bls

Teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por diversas bibliografías se realizaron ladrillos de prueba los cuales se rompieron a los 7 días y se llegó a la conclusión de que se trabajará con el diseño de mezcla para un  $f'c$  de 175.00 kg/cm<sup>2</sup>.

La dosificación final con la que se trabajó es de: 1:3.46:2.10 + 29.6 L de agua. Luego se reemplazará porcentaje de agregado grueso por agregados PET y RCD.

### ***Proceso de Mezclado de Concreto***

La mezcla de concreto fue preparada de la siguiente manera:

- Primero se humedecieron los instrumentos con los que se va a realizar la mezcla, esto con el fin de que no absorban el agua destinada para la mezcla.
- Se colocó el agregado fino junto a una cuarta parte del volumen del agua, estos se mezclan por aproximadamente 30 segundos.
- Seguido se coloca el agregado grueso y se deja mezclar por 30 segundos.
- Se coloca el cemento junto a la cuarta parte del volumen de agua y se deja mezclar por 30 segundos.
- Luego se coloca la mitad del agua de diseño y se deja mezclar por un tiempo de 2 minutos.

### ***Elaboración de Ladrillos de Concreto.***

Se elaboró teniendo en cuenta la dosificación de 1:3.46:2.10 + 29.6 Lts/bls en volumen.

Se utilizaron las siguientes herramientas:

- Un trompo mezclador electico.
- Baldes.
- Batea.
- Badilejo.
- Palana.
- Molde de ladrillo.
- Meza Vibradora.



**Fig. 16:** Molde metálico 2 unidades.



**Fig. 17:** Mezcladora Eléctrica.

Se usaron los siguientes materiales.

- Cemento Portland Tipo I.
- Arena gruesa.
- Confitillo.
- Agua propia de la zona.
- PET triturado
- RCD triturado.



**Fig. 18:** Cemento de uso general



**Fig. 19:** Agua.

Teniendo la mezcla de concreto, se procede a llenar el molde del ladrillo y a ser vibrado en la mesa vibradora, el vibrado disminuye el porcentaje de vacíos ayudando a una mejor compactación.



**Fig. 20:** Llenado de molde

Los ladrillos fueron fabricados utilizando un molde, un trompo eléctrico para el correcto mezclado del concreto y una mesa vibradora. El vibrado hace que los vacíos que pueden generarse por el mismo proceso de llenado del molde disminuyan y/o desaparezcan, permitiendo que los ladrillos vibrados alcancen resistencias más altas.

El tiempo de vibrado se recomienda que debe de ser hasta ver la lechada de cemento en la superficie del molde lleno.



**Fig. 21:** Vibrado de ladrillo.

Se elaboraron 7 tipos de ladrillos de concreto, los cuales se detallan en la tabla 24:

**Tabla 24:** Nomenclatura de ladrillos de concreto.

Tipo	Porcentaje
T0	Patrón
<b>T1</b>	5% PET
<b>T2</b>	10% PET
<b>T3</b>	15% PET
<b>T4</b>	5% RCD
<b>T5</b>	10% RCD
<b>T6</b>	15% RCD

Como se detalla en la tabla T0 son ladrillos de concreto con agregados naturales la cual será nuestra muestra patrón, T1, T2 y T3 serán ladrillos de concreto a los cuales se les reemplazará parte de sus agregados por PET triturado y T3, T4 y T5 serán ladrillos de concreto a los cuales se les reemplazará parte de sus agregados por RCD triturado.

- Se fabricaron una cantidad de 67 ladrillos patrón.
- Se fabricaron una cantidad de 67 ladrillos con un valor porcentual del 5% de PET en reemplazo del árido grueso.
- Se fabricaron una cantidad de 67 ladrillos con un valor porcentual del 10% de PET en reemplazo del árido grueso.
- Se fabricaron una cantidad de 67 ladrillos con un valor porcentual del 15% de PET en reemplazo del árido grueso.
- Se fabricaron una cantidad de 67 ladrillos con un valor porcentual del 5% de RCD triturado en reemplazo del árido grueso.
- Se fabricaron una cantidad de 67 ladrillos con un valor porcentual del 10% de RCD triturado en reemplazo del árido grueso.
- Se fabricaron una cantidad de 67 ladrillos con un valor porcentual del 15% de RCD triturado en reemplazo del árido grueso.



**Fig. 22:** Ladrillos de concreto 5% PET.

### Ensayos

Se realizará los siguientes ensayos físicos a cada uno de los tipos de muestras: Muestra patrón, Con 5% de PET, Con 10% de PET, Con 15% de PET, Con 5% de RCD, Con 10% de RCD, Con 15% de RCD en reemplazo del agregado natural respectivamente.

El número de ensayos que se realizarán por cada tipo de Ladrillo es de:

**Tabla 25:** Cantidad de Ensayos.

Ensayos	Cantidad
Alabeo	10
Variación Dimensional	10
Absorción	10
Compres. Axial Unidad	10
Compres. Axial de Prismas	04
Compres. Diagonal Muretes	03

### *Variación Dimensional y Alabeo*

Para hallar los valores de la variación dimensional y el alabeo de las unidades elaboradas se seguirá lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

Los resultados promedios obtenidos los podemos ver a través de la siguiente tabla:

**Tabla 26: Variación Dimensional y Alabeo.**

Especimen	Variación Dimensional						Alabeo
	Largo.	Ancho.	Alto.	Largo.	Ancho.	Alto.	
	mm.	mm.	mm.	%	%	%	mm.
T0_P	220.58	130.17	90.06	0.26%	0.13%	0.06%	0.52
T1_P	220.93	130.41	90.04	0.42%	0.32%	0.04%	0.45
T2_P	220.81	130.07	90.03	0.37%	0.05%	0.04%	0.60
T3_P	220.90	130.05	90.06	0.41%	0.04%	0.07%	0.65
T4_P	220.99	130.40	90.02	0.45%	0.31%	0.02%	0.38
T5_P	220.84	130.10	90.07	0.38%	0.07%	0.08%	0.60
T6_P	220.84	130.05	90.05	0.38%	0.04%	0.06%	0.68



**Fig. 23: Medición**



**Fig. 24: Pie de Rey.**

### ***Absorción***

Se calculó la absorción de 10 unidades por cada tipo de muestra de los ladrillos, para lo cual se analizó un total de 70 ladrillos, como se muestra detalladamente en la sección de anexos.

Los resultados promedios obtenidos del ensayo físico de absorción los podemos ver a través de la siguiente tabla:

**Tabla 27:** Absorción de la unidad de albañilería.

Espécimen	Absorción
T0_P	4.75
T1_P	5.11
T2_P	5.14
T3_P	5.59
T4_P	4.45
T5_P	5.02
T6_P	5.25

**Fig. 25:** Unidad en Horno**Fig. 26:** Absorción.

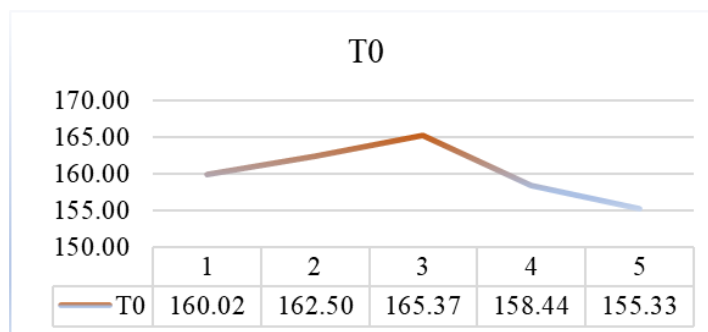
### *Resistencia a la Compresión de la Unidad de Albañilería.*

Se realizó la rotura de la unidad de albañilería de cada uno de los siete tipos de muestras. Se calculó la resistencia a la compresión de cinco (05) unidades por cada tipo de ladrillo, a los 28 días, obteniendo los siguientes resultados promedios.

- Para la muestra T0:

**Tabla 28:** R.C.T0

ESPECIMEN		f'b
N°		kg/cm2
T0	1	160.02
	2	162.50
	3	165.37
	4	158.44
	5	155.33
<b>T0_P</b>		<b>160.33</b>

Gráfico 1: Resist. a la Comp.  $f'b$  - T0

- Para la muestra T1:

**Tabla 29: R.C.T1**

ESPECIMEN		f'b
N°		kg/cm2
T1	1	126.05
	2	127.59
	3	125.46
	4	126.66
	5	128.06
<b>T1_P</b>		<b>126.76</b>

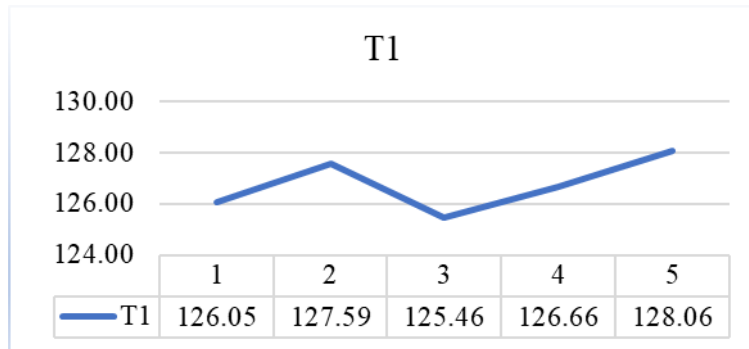


Gráfico 2: Resist. a la Comp.  $f'b$  - T1

- Para la muestra T2:

**Tabla 30: R.C.T2**

ESPECIMEN		f'b
N°		kg/cm2
T2	1	118.89
	2	121.34
	3	116.94
	4	119.66
	5	120.85
<b>T2_P</b>		<b>119.54</b>

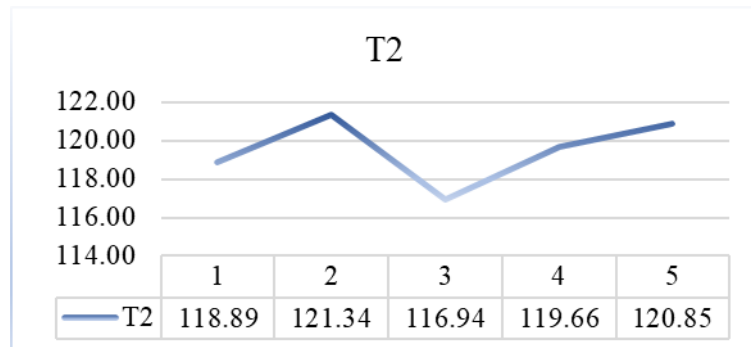


Gráfico 3: Resist. a la Comp.  $f'b$  - T2

- Para la muestra T3:

**Tabla 31: R.C.T3**

ESPECIMEN		f'b
N°		kg/cm2
T3	1	105.41
	2	106.18
	3	104.42
	4	107.29
	5	107.48
<b>T3_P</b>		<b>106.16</b>

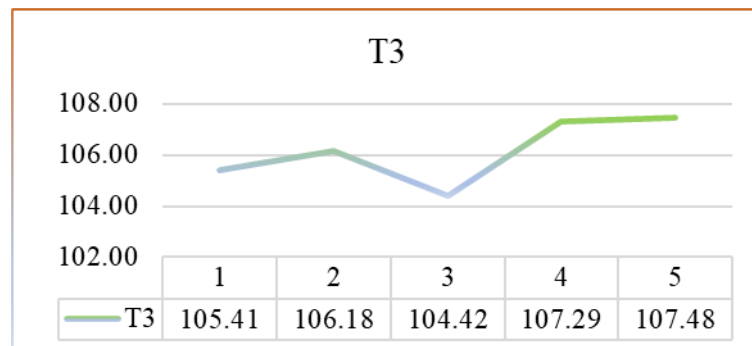


Gráfico 4: Resist. a la Comp.  $f'b$  - T3

- Para la muestra T4

**Tabla 32: R.C.T4**

ESPECIMEN		f'b
N°		kg/cm2
T4	1	144.92
	2	146.18
	3	143.87
	4	147.58
	5	147.80
<b>T4_P</b>		<b>146.07</b>

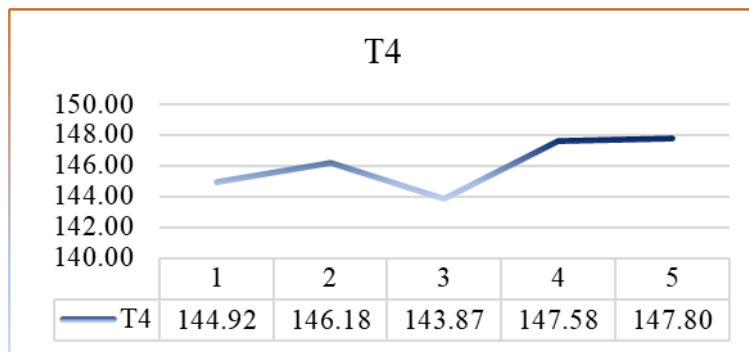


Gráfico 5: Resist. a la Comp.  $f'b$  – T4

- Para la muestra T5

**Tabla 33: R.C.T5**

ESPECIMEN		f'b
N°		kg/cm2
T5	1	121.66
	2	120.12
	3	122.25
	4	121.05
	5	119.00
<b>T5_P</b>		<b>120.82</b>

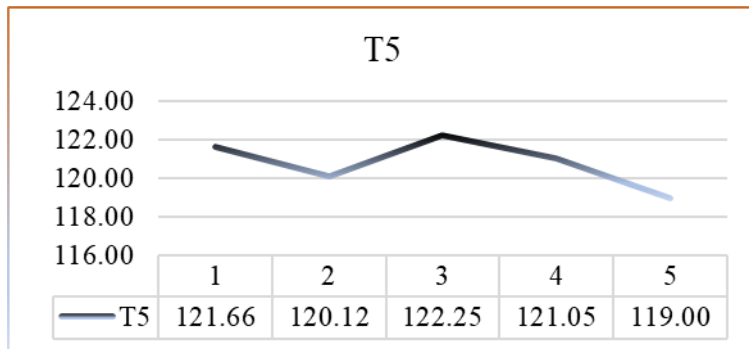


Gráfico 6: Resist. a la Comp.  $f'b$  – T5

- Para la muestra T6:

**Tabla 34: R.C. T6**

ESPECIMEN		f'b
N°		kg/cm2
T6	1	125.65
	2	124.88
	3	126.64
	4	123.77
	5	123.58
<b>T6_P</b>		<b>124.90</b>

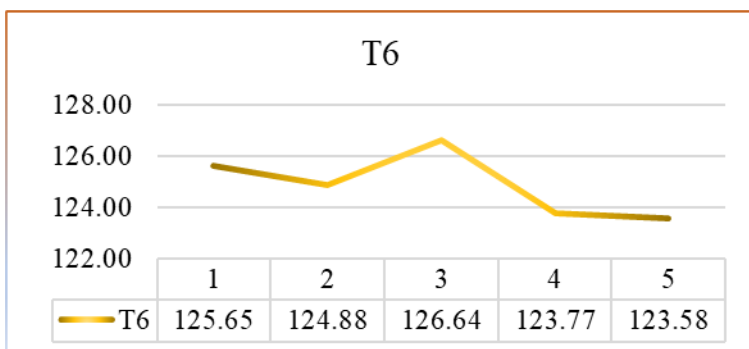


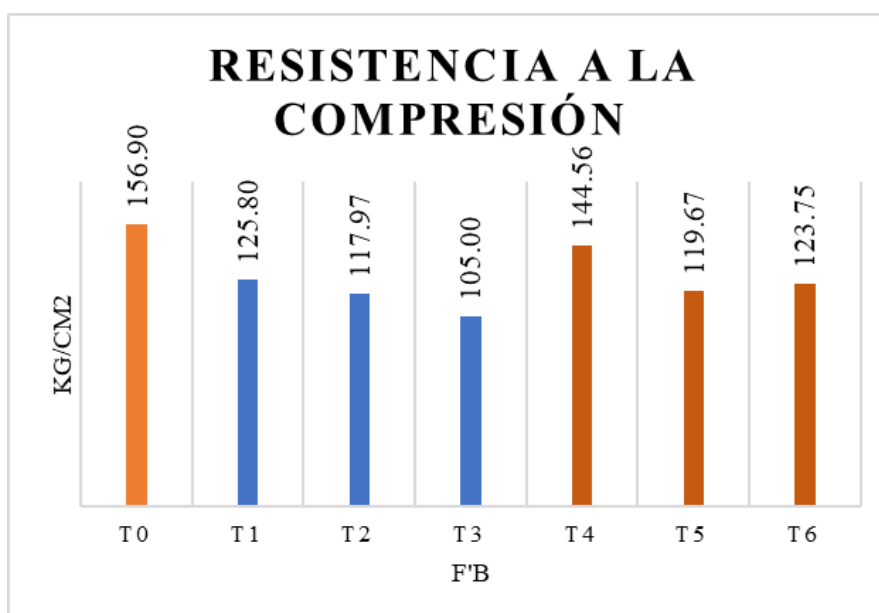
Gráfico 7: Resist. a la Comp.  $f'b$  – T6

Comparamos resultados promedios en la siguiente tabla:

**Tabla 35:** Resist.a la compres. de la unidad de albañilería.

Espécimen	$f'b$	$\sigma$	$f'b - \sigma$
T0_P	160.33	3.43	<b>156.90</b>
T1_P	126.76	0.96	<b>125.80</b>
T2_P	119.53	1.56	<b>117.97</b>
T3_P	106.15	1.15	<b>105.00</b>
T4_P	146.07	1.51	<b>144.56</b>
T5_P	120.82	1.15	<b>119.67</b>
T6_P	124.90	1.15	<b>123.75</b>

Gráfico 8: Resist. a la Compres. de la unid. de albañil.



Se aprecia una comparación entre todas las resistencias promedio de las muestras ensayadas, notamos que las barras de color rojo, es decir las muestras T4, T5 y T6 se acerca más a la muestra patrón T0.

Adicionalmente se ve que las barras azules describen un comportamiento similar al aumentar el porcentaje de agregado reciclado, es decir disminuyen sus características.

### ***Construcción y Ensayos de Muretes***

Se construyeron 3 muretes con dimensiones de 0.60m de altura, 0.60m de ancho y 0.13m de espesor por cada tipo de muestra.

Obteniendo un total de 21 muretes, las cuales fueron ensayadas.



**Fig. 27:** Elaboración de Murete.



**Fig. 28:** Murete.

Los muretes fueron ensayadas a los 21 y 28 días de elaboradas, obtenemos los siguientes resultados:

A los veintiún (21) días se ensayó un murete de cada tipo.

**Tabla 36:** Compresión Diagonal en muretes a los 21 días.

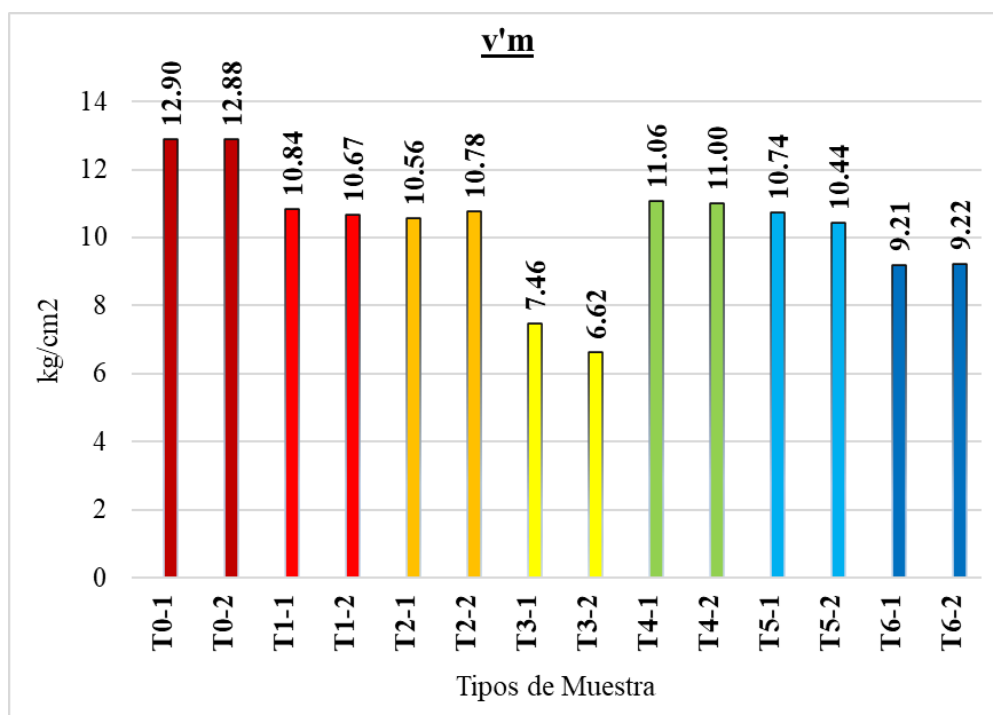
Tipo	Asentado	Ensayo	Edad	l	h	t	Ab	P	Vm	Vm
	Días	Días	Días	mm.	mm.	mm.	mm <sup>2</sup>	N.	Mpa.	kg/cm <sup>2</sup>
T0	24/09	15/10	21	590	600	130	77408	127383	1.16	12.46
T1	24/09	15/10	21	570	600	130	76107	106144	0.99	10.56
T2	24/09	15/10	21	570	600	130	76100	109460	1.02	10.89
T3	24/09	15/10	21	571	600	130	76135	76028	0.71	7.56
T4	24/09	15/10	21	571	600	130	76133	110853	1.03	11.02
T5	24/09	15/10	21	570	600	130	76113	105065	0.98	10.45
T6	24/09	15/10	21	570	600	130	76100	92803	0.86	9.23

A los 28 días se ensayaron dos (02) muretes de cada tipo de muestra de ladrillo, como se detalla a continuación:

**Tabla 37: Compresión Diagonal en muretes a los 28 días.**

Tipo	Edad	l	h	t	Ab	P	Vm	Vm
	Días	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	N	Mpa	kg/cm <sup>2</sup>
T0-1	28	590	600	130	77416	138576	1.27	12.90
T0-2	28	592	600	130	77472	138370	1.26	12.88
T1-1	28	570	600	130	76115	114443	1.06	10.84
T1-2	28	571	600	130	76097	112619	1.05	10.67
T2-1	28	571	601	130	76174	111589	1.04	10.56
T2-2	28	570	600	130	76084	113796	1.06	10.78
T3-1	28	570	600	130	76125	78774	0.73	7.46
T3-2	28	570	601	130	76097	69886	0.65	6.62
T4-1	28	570	600	130	76125	116788	1.08	11.06
T4-2	28	570	600	130	76087	116092	1.08	11.00
T5-1	28	570	600	130	76139	113404	1.05	10.74
T5-2	28	570	600	130	76099	110245	1.02	10.44
T6-1	28	570	600	130	76118	97197	0.90	9.21
T6-2	28	570	600	130	76078	97266	0.90	9.22

Gráfico 9: Compresión Diagonal en muretes a los 28 días.



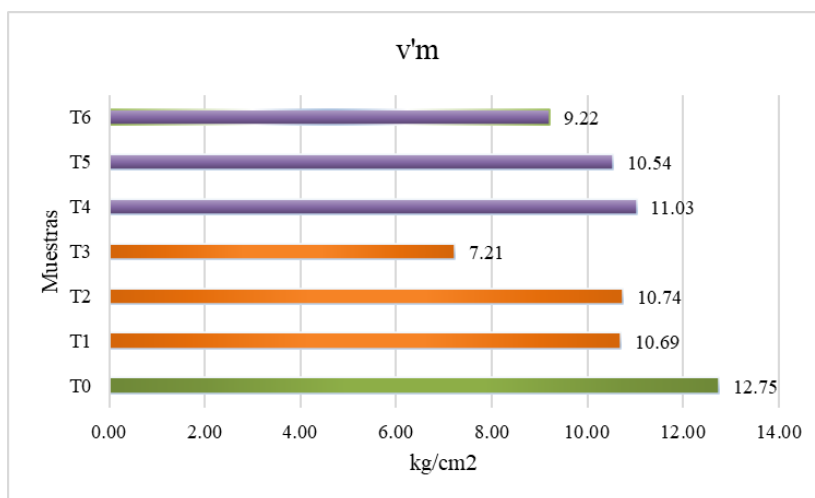
Luego obtenemos el promedio:

**Tabla 38:** Compresión Diagonal en muretes a los 28 días - Promedios.

Espécimen	v'm
T0_P	12.75
T1_P	10.69
T2_P	10.74
T3_P	7.21
T4_P	11.03
T5_P	10.54
T6_P	9.22

Obtenemos la siguiente gráfica, de la cual podemos deducir que la muestra patrón T0 resiste más que todas las demás muestras, seguida de muestra T4 y por la muestra T2.

Gráfico 10: Corte en muretes a los 28 días - Promedios.



### ***Construcción y ensayos de Prismas***

Se construyeron 3 pilas con dimensiones de 0.30m de altura, 0.22m de ancho y 0.13m de espesor por cada tipo de muestra.

Obteniendo un total de 21 pilas, las cuales fueron ensayadas.

Las pilas fueron ensayadas a los 21 y 28 días de elaboradas, una se ensayó a los 21 días y 2 adicionales se ensayaron a los 28 días, así con cada una de las muestras elaboradas.



**Fig. 29:** Elaboración de Prisma.



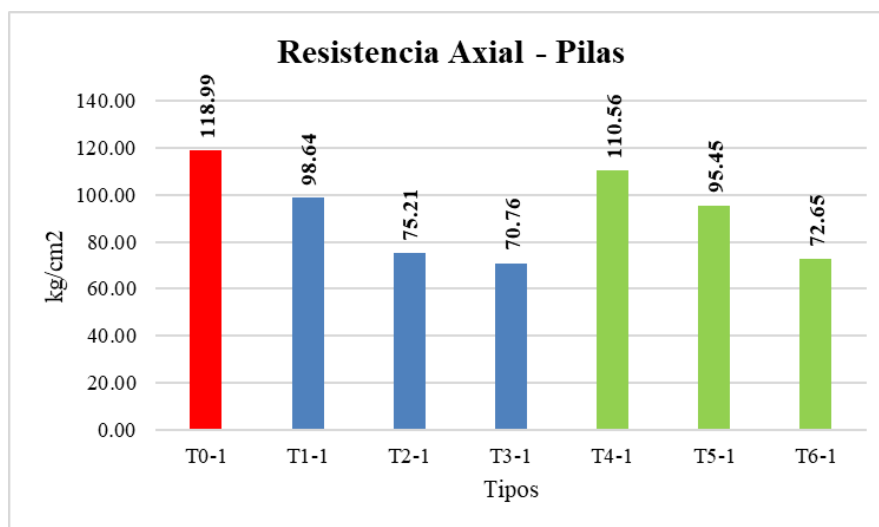
**Fig. 30:** Prisma T4.

Se detallan los resultados de las resistencias de compresión axial a los 21 días.

**Tabla 39:** Compresión Axial a los 21 días.

Muestra	Edad	lp	tp	hp	Área	hp/tp	Carga	$f_m$	Factor	$f_{mt}$	$f_{mt}$
	Días	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>		N	Mpa	Correc.	Mpa	kg/cm <sup>2</sup>
T0-1	21	220	130	300	28556	2.31	309630	10.84	1.025	11.11	118.99
T1-1	21	220	130	300	28524	2.31	256370	8.99	1.025	9.21	98.64
T2-1	21	220	130	300	28569	2.31	195790	6.85	1.025	7.02	75.21
T3-1	21	220	130	300	28575	2.31	184240	6.45	1.025	6.61	70.76
T4-1	21	220	130	300	28556	2.31	287690	10.07	1.025	10.33	110.56
T5-1	21	220	130	300	28575	2.31	248540	8.70	1.025	8.91	95.45
T6-1	21	220	130	300	28556	2.31	189050	6.62	1.025	6.79	72.65

Gráfico 11: Compresión Axial a los 21 días.

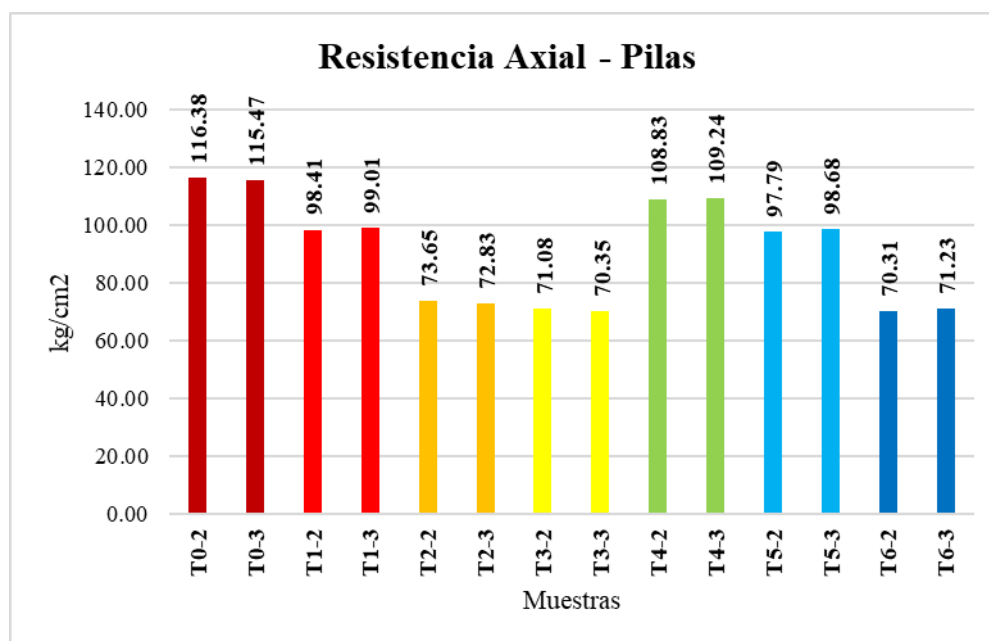


A los 28 días se ensayaron dos (02) pilas de cada tipo de muestra de ladrillo, como se detalla a continuación:

**Tabla 40: Compresión Axial a los 28 días.**

Muestra	Edad	long	esp	alt	Área	hp/tp	Carga	$f_{mt}$	$f_{mt}$
	Días	mm.	mm.	mm.	mm <sup>2</sup>		N	Mpa	kg/cm <sup>2</sup>
T0-2	28	220	130	300	28613	2.31	318700	11.41	116.38
T0-3	28	220	130	300	28642	2.31	316500	11.32	115.47
T1-2	28	220	130	300	28607	2.31	269440	9.65	98.41
T1-3	28	220	130	300	28622	2.31	271200	9.71	99.01
T2-2	28	220	130	300	28600	2.31	201600	7.22	73.65
T2-3	28	220	130	300	28642	2.31	199630	7.14	72.83
T3-2	28	220	130	300	28607	2.31	194600	6.97	71.08
T3-3	28	220	130	300	28622	2.31	192700	6.90	70.35
T4-2	28	220	130	300	28620	2.31	298100	10.67	108.83
T4-3	28	220	130	300	28648	2.31	299500	10.71	109.24
T5-2	28	220	130	300	28613	2.31	267800	9.59	97.79
T5-3	28	220	130	300	28622	2.31	270300	9.68	98.68
T6-2	28	220	130	300	28620	2.31	192600	6.90	70.31
T6-3	28	220	130	300	28622	2.31	195100	6.98	71.23

Gráfico 12: Compresión Axial a los 28 días.



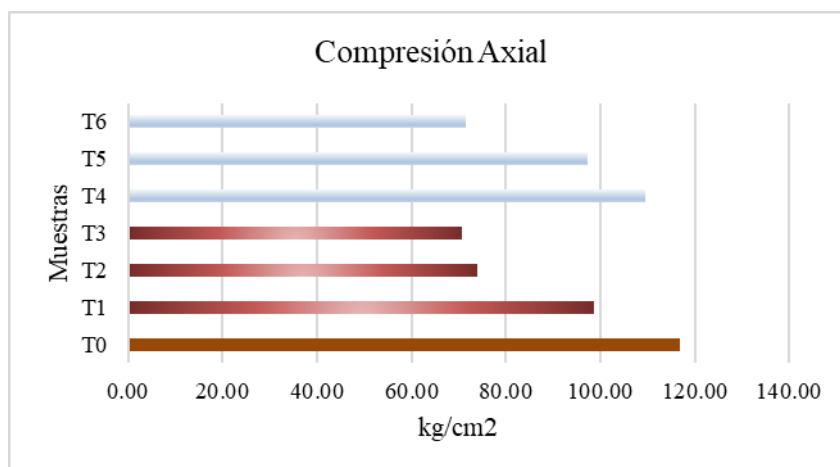
Luego obtenemos el promedio:

**Tabla 41:** Compresión Axial en pilas a los 28 días - Promedios.

Espécimen	f'm
T0_P	116.95
T1_P	98.69
T2_P	73.90
T3_P	70.73
T4_P	109.54
T5_P	97.31
T6_P	71.40

Obtenemos la siguiente gráfica, de la cual podemos deducir que la muestra patrón T0 resiste más que todas las demás muestras, seguida de muestra T4 y por la muestra T2.

Gráfico 13: Compresión de pilas a los 28 días - Promedios.



### ***Costo unitario de la fabricación de estos nuevos ladrillos.***

El costo unitario se trabaja como si fuera cualquier concreto, puesto que se reemplazó parte del confitillo (agregado grueso) por PET y por RCD.

a) C e m e n t o	313	Kg/m <sup>3</sup>
b) A g u a	218	Lt/m <sup>3</sup>
c) A r e n a	1084	Kg/m <sup>3</sup>
d) C o n f i t i l l o	658	Kg/m <sup>3</sup>

Cantidad de los materiales que se usarán por metro cúbico, según el diseño de mezcla.

Al tener los porcentajes de reemplazo, se determina la cantidad de kilogramos que se reemplazará por PET y RCD.

**Tabla 42: Porcentajes de reemplazo.**

	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>	
<u>PET</u>	32.92	65.83	98.75	Kg/m <sup>3</sup>
<u>RCD</u>	32.92	65.83	98.75	Kg/m <sup>3</sup>

***Para un ladrillo sin agregados reciclados***

a) C e m e n t o	313	Kg/m <sup>3</sup>
b) A g u a	218	Lt/m <sup>3</sup>
c) A r e n a	1084	Kg/m <sup>3</sup>
e) C o n f i t i l l o	658	Kg/m <sup>3</sup>

Por ladrillo:

Volumen:	0.0028	m <sup>3</sup>	Para 1000 ladrillos
a) C e m e n t o	0.89	Kg	887.36
b) A g u a	0.62	Lt	618.45
c) A r e n a	3.07	Kg	3069.61
e) C o n f i t i l l o	1.86	Kg	1863.92

Costo	574.17
	14.84
	34.76
	35.69
<b>659.47 S/.</b>	

El costo por la fabricación de 1000 ladrillos es de **659.47 S/.**

***Para un ladrillo con 5% de PET***

a) C e m e n t o	313	Kg/m <sup>3</sup>
b) A g u a	218	Lt/m <sup>3</sup>
c) A r e n a	1084	Kg/m <sup>3</sup>
d) P e t	32.92	Kg/m <sup>3</sup>
e) C o n f i t i l l o	625	Kg/m <sup>3</sup>


Por ladrillo:

Volumen:	0.0028	m <sup>3</sup>	Para 1000 ladrillos
a) C e m e n t o	0.89	Kg	887.36
b) A g u a	0.62	Lt	618.45
c) A r e n a	3.07	Kg	3069.61
d) P e t	0.09	Kg	93.20
e) C o n f i t i l l o	1.77	Kg	1770.73

Costo	574.17
	14.84
	34.76
	0.00
	33.91
<b>657.69 S/.</b>	


El costo por la fabricación de 1000 ladrillos es de **657.69 S/**.

***Para un ladrillo con 10% de PET***

a) C e m e n t o	313	Kg/m <sup>3</sup>		
b) A g u a	218	Lt/m <sup>3</sup>		
c) A r e n a	1084	Kg/m <sup>3</sup>		
d) P e t	65.83	Kg/m <sup>3</sup>		
e) C o n f i t i l l o	592	Kg/m <sup>3</sup>		
Por ladrillo: 				
Volumen:	0.0028	m <sup>3</sup>	Para 1000 ladrillos	Costo
a) C e m e n t o	0.89	Kg	887.36	574.17
b) A g u a	0.62	Lt	618.45	14.84
c) A r e n a	3.07	Kg	3069.61	34.76
d) P e t	0.19	Kg	186.39	0.00
e) C o n f i t i l l o	1.68	Kg	1677.53	32.12
				<b>655.90 S/.</b>

El costo por la fabricación de 1000 ladrillos es de **655.90 S/**.


***Para un ladrillo con 15% de PET***

a) C e m e n t o	313	Kg/m <sup>3</sup>		
b) A g u a	218	Lt/m <sup>3</sup>		
c) A r e n a	1084	Kg/m <sup>3</sup>		
d) P e t	98.75	Kg/m <sup>3</sup>		
e) C o n f i t i l l o	560	Kg/m <sup>3</sup>		
Por ladrillo: 				
Volumen:	0.0028	m <sup>3</sup>	Para 1000 ladrillos	Costo
a) C e m e n t o	0.89	Kg	887.36	574.17
b) A g u a	0.62	Lt	618.45	14.84
c) A r e n a	3.07	Kg	3069.61	34.76
d) P e t	0.28	Kg	279.59	0.00
e) C o n f i t i l l o	1.58	Kg	1584.33	30.34
				<b>654.12 S/.</b>

El costo por la fabricación de 1000 ladrillo es de **654.12 S/**.


De igual manera para el caso del RCD, se tienen los siguientes valores:

***Para un ladrillo con 5% de RCD***

a) Cemento	313	Kg/m <sup>3</sup>		
b) Agua	218	Lt/m <sup>3</sup>		
c) Arena	1084	Kg/m <sup>3</sup>		
d) RCD	32.92	Kg/m <sup>3</sup>		
e) Confitillo	625	Kg/m <sup>3</sup>		
Por ladrillo: 				
Volumen:	0.0028	m <sup>3</sup>	Para 1000 ladrillos	Costo
a) Cemento	0.89	Kg	887.36	574.17
b) Agua	0.62	Lt	618.45	14.84
c) Arena	3.07	Kg	3069.61	34.76
d) RCD	0.09	Kg	93.20	0.00
e) Confitillo	1.77	Kg	1770.73	33.91
				<b>657.69 S/.</b>

El costo por la fabricación de 1000 ladrillos es de **657.69 S/.**

***Para un ladrillo con 10% de RCD***

a) Cemento	313	Kg/m <sup>3</sup>		
b) Agua	218	Lt/m <sup>3</sup>		
c) Arena	1084	Kg/m <sup>3</sup>		
d) RCD	65.83	Kg/m <sup>3</sup>		
e) Confitillo	592	Kg/m <sup>3</sup>		
Por ladrillo: 				
Volumen:	0.0028	m <sup>3</sup>	Para 1000 ladrillos	Costo
a) Cemento	0.89	Kg	887.36	574.17
b) Agua	0.62	Lt	618.45	14.84
c) Arena	3.07	Kg	3069.61	34.76
d) RCD	0.19	Kg	186.39	0.00
e) Confitillo	1.68	Kg	1677.53	32.12
				<b>655.90 S/.</b>

El costo por la fabricación de 1000 ladrillos es de **655.90 S/.**

**Para un ladrillo con 15% de RCD**

a) C e m e n t o	313	Kg/m <sup>3</sup>
b) A g u a	218	Lt/m <sup>3</sup>
c) A r e n a	1084	Kg/m <sup>3</sup>
d) R C D	98.75	Kg/m <sup>3</sup>
e) C o n f i t i l l o	560	Kg/m <sup>3</sup>

Por ladrillo:

Volumen:	0.0028	m <sup>3</sup>	Para 1000 ladrillos	Costo
a) C e m e n t o	0.89	Kg	887.36	574.17
b) A g u a	0.62	Lt	618.45	14.84
c) A r e n a	3.07	Kg	3069.61	34.76
d) R C D	0.28	Kg	279.59	0.00
e) C o n f i t i l l o	1.58	Kg	1584.33	30.34
				<b>654.12 S/.</b>

El costo por la fabricación de 1000 ladrillo es de **654.12 S/.**

**Verificar la rentabilidad económica**

La rentabilidad económica de los nuevos ladrillos es notoria, ya que reemplazar agregados que tienen un costo por agregados que relativamente hablando no cuestan, se genera un ahorro un beneficio para el comprador.

Se muestra un cuadro donde se ve reflejada la rentabilidad económica:

**Tabla 43: Rentabilidad Económica**

	5%	10%	15%	
PATRÓN	0.659 S/.	0.659 S/.	0.659 S/.	1 ladrillo
PET	0.658 S/.	0.656 S/.	0.654 S/.	
RCD	0.658 S/.	0.656 S/.	0.654 S/.	
PATRÓN	659.47 S/.	659.47 S/.	659.47 S/.	1000 ladrillos
PET	657.69 S/.	655.90 S/.	654.12 S/.	
RCD	657.69 S/.	655.90 S/.	654.12 S/.	
PATRÓN	3,297.36 S/.	3,297.36 S/.	3,297.36 S/.	5000 ladrillos
PET	3,288.44 S/.	3,279.51 S/.	3,270.59 S/.	
RCD	3,288.44 S/.	3,279.51 S/.	3,270.59 S/.	

## **Discusión de Resultados**

Para ser objetivos al momento de analizar los resultados conseguidos, se tendrá en cuenta la norma peruana.

### **Análisis de los Agregados Naturales**

La granulometría del árido fino se hizo siguiendo los parámetros dictaminados por la N.T.P. 400.12 [24], la curva granulométrica se encuentra dentro de los parámetros dictados por la normativa ya mencionada. El módulo de fineza es de 3.38 (Ver anexo N°10), el cual podemos calcular realizando la sumatoria de los pesos retenidos acumulados delimitados por la malla 3/8; 4; 8; 16; 30; 50 y 100; divididos entre 100.

La granulometría del árido grueso (confitillo) no se encuentra dentro de los husos mencionados por la norma E.070 para confitillo, en la Fig.11 se aprecia que la gradación del confitillo usado en esta investigación se encuentra en la parte superior de los límites, es por ello que se puede deducir que no se retiene la cantidad necesaria en la malla N°4 que se requiere para ser un agregado bien gradado, según lo estipulado en la norma E.070.

El p. especí. ( $\gamma$ ) del agregado fino es de 2.649 g/cm<sup>3</sup> (valor detallado en la Tabla 18), por lo cual es un peso específico normal ya que está entre los valores de 2.500 y 2.750 g/cm<sup>3</sup>.

Según los resultados el agregado fino cuenta con un contenido de humedad de 0.70% y un porcentaje de absorción del 1.28%, material optimo pues tiene una absorción menor a 5%.

El peso especí. del árido grueso es de 2.611 g/cm<sup>3</sup> (valor detallado en la Tabla 17), por lo cual es un peso específico normal ya que es mayor al valore de 2.500 g/cm<sup>3</sup>.

Según los resultados el árido grueso cuenta con un contenido de humedad de 0.28% y un porcentaje de absorción del 1.06%, material optimo pues tiene una absorción menor a 3%.

El agregado fino cuenta con un peso unitario suelto igual a 1554 kg/m<sup>3</sup>, este valor al encontrarse dentro del rango de 1400 – 1600 kg/m<sup>3</sup>, entonces se considera correcto para un agregado normal. Este material también cuenta un peso unitario compactado igual a 1672 kg/m<sup>3</sup>, valor el cual se aproxima al rango de 1500 – 1700 kg/m<sup>3</sup> que es considerado correcto para un agregado normal, se considera aceptable.

El agregado grueso cuenta con un peso unitario suelto igual a 1459.00 kg/m<sup>3</sup>, este valor se considera aceptable para el uso de este material. Este material también cuenta un peso unitario compactado igual a 1541.00 kg/m<sup>3</sup>, valor dentro del rango de 1500 – 1700 kg/m<sup>3</sup> el cual es considerado óptimo para un agregado normal, entonces es aceptable.

### **Análisis de los Agregados PET y RCD**

La curva granulométrica del PET y del RCD la podemos identificar en la Fig. N°15, notamos que su granulometría está muy próxima a los lineamientos establecidos por la Norma E070 [35], ítem 3.3.3.b, por lo tanto, se consideró a ambos agregados como reemplazo al agregado grueso o confitillo, también porque se desarrollará un mejor estudio pues al ambas partes estar reemplazando a un agregado se puede realizar una comparación más adecuada, ya que se trabaja bajo condiciones iguales para todos los casos.

El peso específico ( $\gamma$ ) del PET es de 1.30 g/cm<sup>3</sup>, valor cercano a lo que menciona Machinable Plastic respecto a las propiedades mecánicas del PET. Entonces al tener valores cercanos podemos estar seguros de que se desarrolló de manera correcta el ensayo y que el valor obtenido es correcto

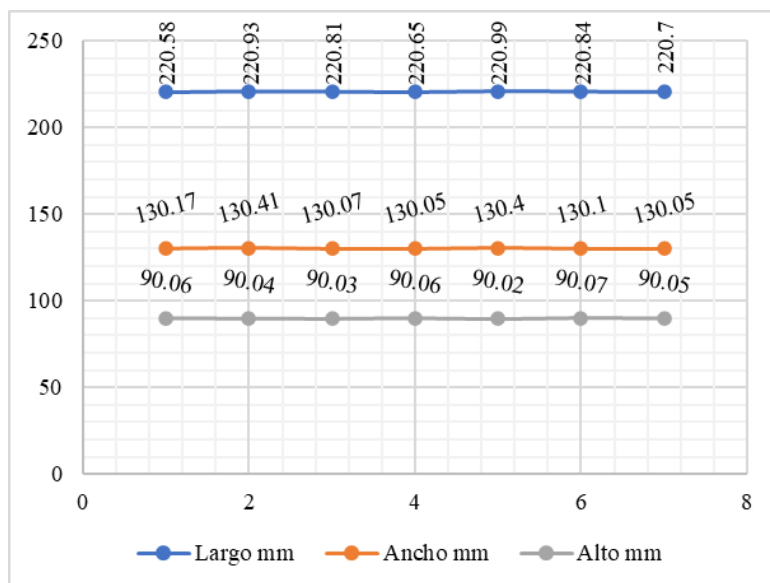
El peso específico ( $\gamma$ ) del RCD es de 2.27 g/cm<sup>3</sup>, valor cercano a los parámetros para ser un agregado óptimo según nuestras referencias descritas líneas detrás.

### **Análisis de los Ensayos Físicos y Mecánicos de los ladrillos de concreto.**

Los ensayos físicos de alabeo y variación dimensional se realizaron conforme a lo que estipula la E.070 [35] y la N.T.P. 339.613. Lo que estipula la norma E.070 en el ítem 3.1.2. es que para ladrillos tipo IV se acepta un alabeo de 4mm, se acepta una variación dimensional de largo, ancho y alto de 3, 2 y 4 mm respectivamente. Al observar la Tabla 24 encontramos los resultados detallados del alabeo y la variación dimensional, donde muestra que el mayor alabeo promedio de todas las muestras de ladrillo es de 0.68 mm y la mayor variación de dimensión es de 0.99 mm. Por lo que se encuentran a los requisitos y clasifican como ladrillos tipo IV.

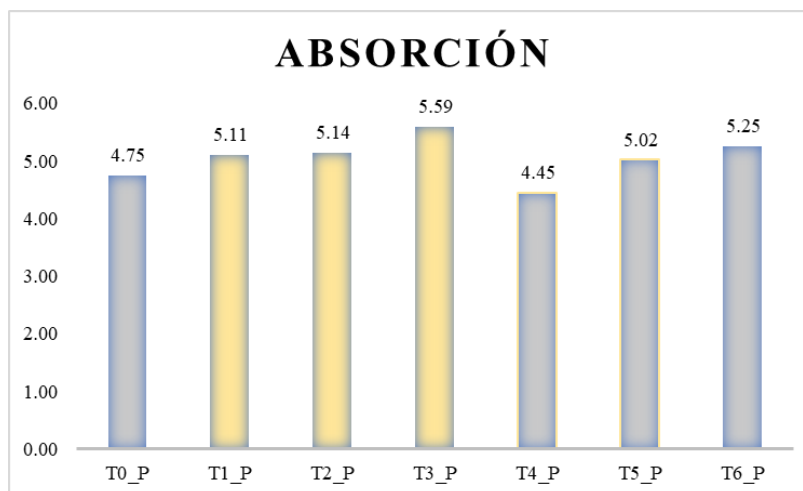
También debemos tener en consideración que al ser estos los valores mayores mostrados (0.99mm y 0.68 mm) se encuentran del rango para ser considerados ladrillos de tipo V. Pero no podemos decir que estos ya sean tipo V, puesto que se tendrán que ver otros ensayos más adelante.

Gráfico 14: Variación de dimensiones.



La absorción según la E.070 estipula que sea menor a doce (12) % en su ítem 3.1.5.b, los resultados logrados los observamos en la parte superior, en la tabla 25, el mayor valor de absorción es de 5.59%, por lo cual es aceptable. En la parte inferior se puede ver la gráfica 15.

Gráfico 15: Resultados de Ensayo de Absorción - Promedios.



Se denota que ningún valor promedio de absorción es mayor a 12%, por lo que la normativa nos dice que el máximo valor no debe superar el doce por ciento para ladrillos de concreto, podemos concluir que nuestras unidades cumplen con ese requisito de la E.070.

Respecto a las propiedades mecánicas del ladrillo, se efectuaron ensayos a la und. de albañilería y a prismas de albañilerías (pilas y muretes).

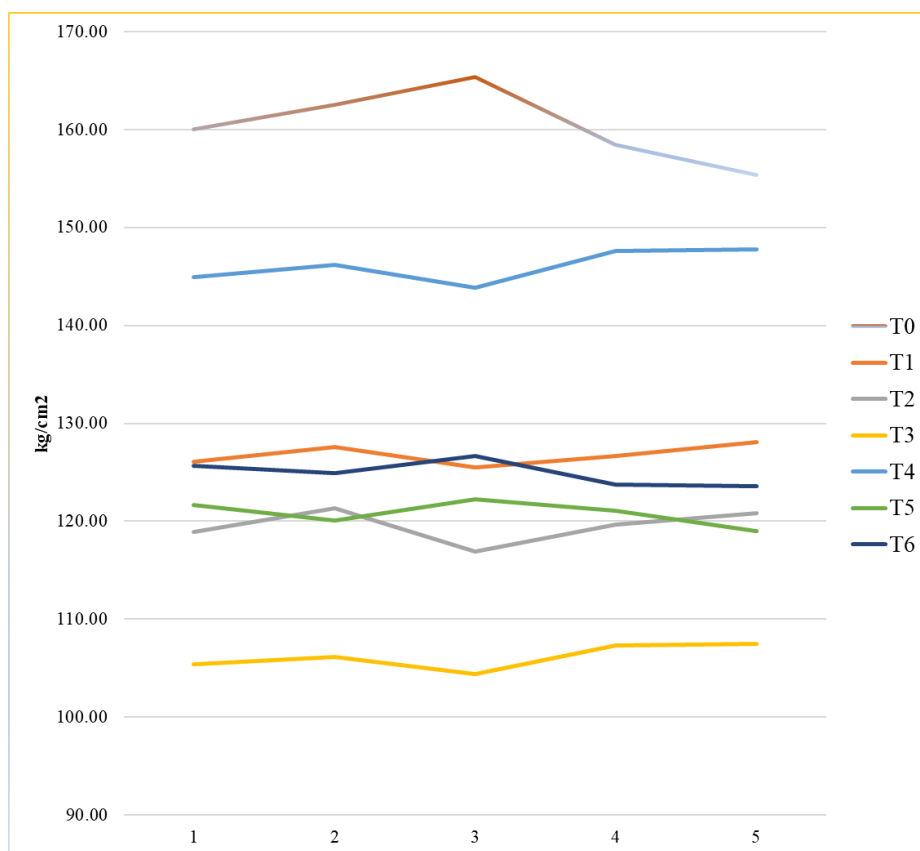
Se rompieron un total de 35 ladrillos, cinco por cada tipo de muestra, siendo la muestra patrón la que mayor resistió la fuerza compresiva ( $f^b$ ), con un valor de 165.37 kg/cm<sup>2</sup>.

Se rompieron un total de 35 ladrillos, cinco por cada tipo de muestra, siendo la muestra patrón la que mayor resistió la fuerza compresiva ( $f^b$ ), con un valor de 165.37 kg/cm<sup>2</sup>.

Comparando las muestras hechas a base de RCD y a base de PET, las fuerzas más grandes que cada una de ellas alcanzaron fueron de 147.80kg/cm<sup>2</sup> y 128.06 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, correspondiendo a las muestras T4 y T1, de la misma manera las muestras que menos fuerza alcanzaron son las muestras T6 y T3 con los valores promedios de 105 kg/cm<sup>2</sup> y 123.75 kg/cm<sup>2</sup>.

Dado los resultados anteriores, la muestra T4 soporta una resistencia característica a la compresión de 144.56 cumpliendo con lo mencionado en la norma E070 de albañilería para ladrillos tipo IV, la que menciona que la  $f^b$  debe ser mayor o igual a 130 kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, la muestra T3 alcanzó una resistencia característica de 125.80 kg/cm<sup>2</sup> cumpliendo la característica para un ladrillo tipo III. La muestra T0 promedio alcanzada fue de 156.90 kg/cm<sup>2</sup>.

Gráfico 16: Comparación de ensayo de compresión.



Se puede observar que en último lugar está la muestra T3 la cual tiene 15% de PET, seguido de T2 y T1, observamos que a medida se aumente el porcentaje de cambio del agregado natural hay una cierta disminución de resistencia en sus propiedades mecánicas.

Se puede observar que en último lugar respecto al RCD está la muestra T6 la cual tiene 15% de RCD, seguido de T5 y T4, observamos que a medida se aumente el porcentaje de cambio del agregado de RCD hay una cierta disminución de resistencia en sus propiedades mecánicas.

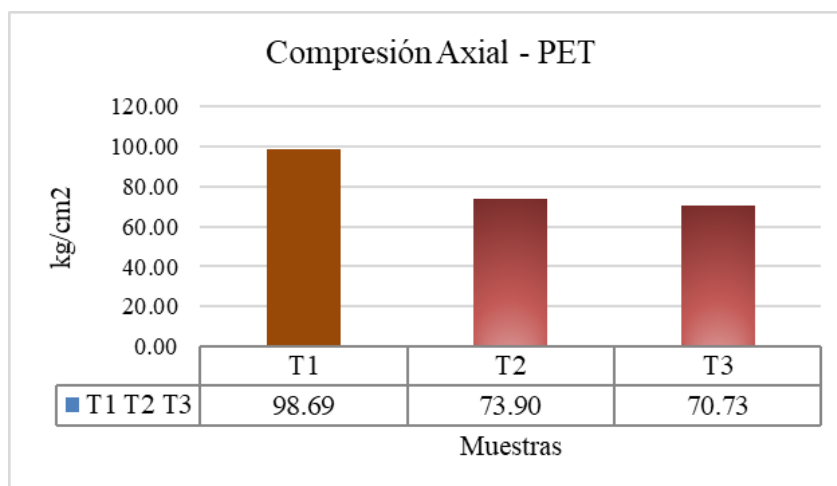
Respecto a la rotura de pilas de albañilería es decir compresión axial, se ensayó una muestra a los 21 días con el fin de tener una data de cada una de las muestras a esa edad, la E070 no impide ensayar a más de 14 días de elaborado el prisma, sin embargo, se tiene que corregir con un factor, para nuestro caso será de 1.025 el cual se multiplicará a la  $f'm$ .

Se obtuvieron valores de 110.56 y 98.64 kg/cm<sup>2</sup> para las muestras T4 y T1 respectivamente a la edad de 21 días. A los 28 días se obtuvieron valores de 109.24 kg/cm<sup>2</sup> y 99.01 kg/cm<sup>2</sup> de  $f'm$ , se nota una tendencia en las ventajas de trabajar con RCD sobre trabajar con PET.

Respecto a la rotura de pilas de albañilería es decir compresión axial, se ensayó una muestra a los 21 días con el fin de tener una data de cada una de las muestras a esa edad, se tuvieron los siguientes valores para T0, T1, T2, T3, T4, T5 y T6 de 118.99, 98.64, 75.21, 70.76, 110.56, 95.45 y 72.65 en kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

El comportamiento de las pilas de albañilería a T1, T2 y T3 muestran un decrecimiento de resistencia conforme a su cantidad de reemplazo de agregado, es decir la cantidad de reemplazo es inversamente proporcional a su resistencia axial.

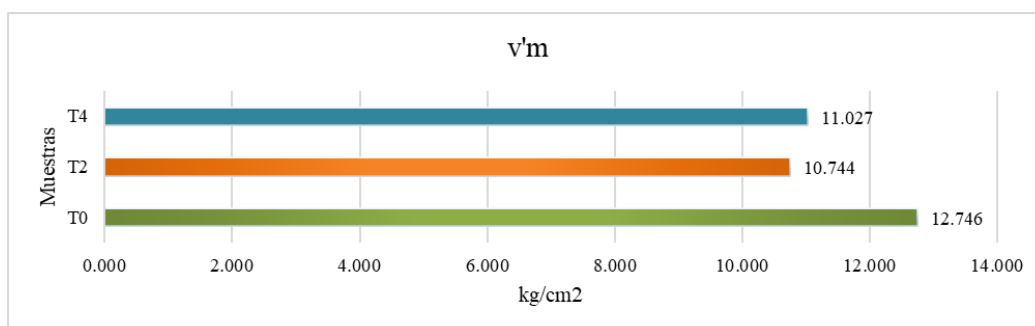
Gráfico 17: Resultados de Ensayos de  $f'm$  - PET.



De igual manera el comportamiento de las pilas de albañilería a T4, T5 y T6 muestran un decrecimiento de resistencia conforme a su cantidad de reemplazo de agregado reciclado, es decir la cantidad de reemplazo es inversamente proporcional a su resistencia axial.

Obtenidos los valores de las pruebas realizadas a compresión diagonal de muretes  $v'm$ , la muestra patrón predomina con un valor de 12.46 seguida de T4 con una carga de 11.02 kg/cm<sup>2</sup> y por T2 con un soporte de 10.89 kg/cm<sup>2</sup>. La muestra T2 con 10 % de PET y la muestra T4 con 5% de RCD predominan en este ensayo sobre las otras muestras.

Gráfico 18: Resultados de Ensayos de Compresión Diagonal.



Respecto a los valores de las otras muestras de  $v'm$  son para T0, T1, T3, T5 y T6 de 116.95, 98.69, 70.73, 97.31, 71.40 kg/cm<sup>2</sup>, de esta manera el mayor valor lo tiene la muestra T0 superando claramente a todas las muestras, y el mínimo valor es de T3.

Respecto a la comparación y rentabilidad económica, podemos decir que los precios disminuyen puesto que le damos uso a material inerte que no tiene valor agregado y disminuimos materia prima para la fabricación de ladrillos de concreto. Cabe resaltar que para mecanizar la siguiente fabricación se deberán tomar en cuenta los valores de maquinaria, transporte y mano de obra, sin embargo para la presente tesis se despreciaron, puesto que se ha priorizado el tema ambiental.

### **Tipo de Falla en el Ensayo de Compresión Diagonal en Muertes**

Como se ha indicado líneas anteriores, cuando los muros de mampostería se someten a compresión diagonal, pueden producirse tres tipos de fallos típicos: Fallo por tracción diagonal (FTD): una grieta en la diagonal del prisma que recorre principalmente las piezas con una dirección por lo general que tiende a ser recta; Fallo por deslizamiento (FPD): este tipo de fallo en las juntas se origina cuando se genera un fallo entre las piezas y el mortero, provocando el

desprendimiento de una junta horizontal. Se da esencialmente por la rotura de la adherencia ladrillo-mortero y tiene una trayectoria aproximadamente escalonada hacia el centro del muro.



**Fig. 31:** Falla en Murete.

**Tabla 44:** Tipo de Falla en Ensayo de Compresión diagonal a los 21 días.

Tipo	Asentado	Ensayo	Edad	Vm	TIPO DE FALLA
	Días	Días	Días	kg/cm <sup>2</sup>	
T0	24/09	15/10	21	12.46	Tracción Diagonal
T1	24/09	15/10	21	10.56	Escalonada
T2	24/09	15/10	21	10.89	Escalonada
T3	24/09	15/10	21	7.56	Tracción Diagonal
T4	24/09	15/10	21	11.02	Tracción Diagonal
T5	24/09	15/10	21	10.45	Escalonada
T6	24/09	15/10	21	9.23	Tracción Diagonal

Se obtuvieron las fallas que se muestran en la Tabla 44, de la cual denotamos que muchas de las fallas fueron del tipo de Falla de **Escalonada**, como se muestra en la Fig. 31, cabe recalcar que el mortero usado era de dosificación en proporción de cemento – arena 1:4; Por lo que se decidió cambiar a un mortero de dosificación cemento – arena 1:3.5 puesto que como se obtuvieron Fallas de tipo **Escalonadas**, se puede decir que sí corresponde a una debilidad de la adhesión entre el ladrillo y el mortero, entonces nuestra hipótesis es correcta, cabe recalcar que el mortero usado era de dosificación en proporción de cemento – arena 1:4. Para los 14 restantes

prismas se decidió cambiar a un mortero de dosificación cemento – arena 1:3.5. Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 45:** Tipo de Falla en Ensayo de Compresión diagonal a los 28 días.

Tipo	Edad	Vm	TIPO DE FALLA
	Días	kg/cm <sup>2</sup>	
T0-1	28	12.90	Tracción Diagonal
T0-2	28	12.88	Tracción Diagonal
T1-1	28	10.84	Tracción Diagonal
T1-2	28	10.67	Tracción Diagonal
T2-1	28	10.56	Tracción Diagonal
T2-2	28	10.78	Escalonada
T3-1	28	7.46	Tracción Diagonal
T3-2	28	6.62	Tracción Diagonal
T4-1	28	11.06	Tracción Diagonal
T4-2	28	11.00	Tracción Diagonal
T5-1	28	10.74	Tracción Diagonal
T5-2	28	10.44	Tracción Diagonal
T6-1	28	9.21	Escalonada
T6-2	28	9.22	Escalonada



**Fig. 32:** Falla por Tracción diagonal en Murete.

En la mayoría de los casos podemos deducir que la falla escalonada y la falla por deslizamiento se dan debido a una baja resistencia del mortero, es decir por tener un mortero pobre el cual presenta exceso de arena en su dosificación o por un mal asentamiento de los ladrillos. Sin embargo ya que nosotros realizamos dos muestra de mortero, tanto de 1:4 y de

1:3.5 y notamos que el mayor número de porcentaje de fallas escalonadas se dan con el mortero 1:4 podemos concluir que sí es debido a una mezcla pobre y esto lleva a una adherencia mala, por lo que lleva a la no correcta ruptura y a la no correcta deducción de la fuerza compresiva de forma diagonal



**Fig. 33:** Murete a Ensayar



**Fig. 34:** Murete a Ensayar



**Fig. 35:** Falla Escalonada



**Fig. 36:** Falla Escalonada



**Fig. 37:** Falla Tracción Diagonal



**Fig. 38:** Falla Tracción Diagonal

## Conclusiones

Para la determinación las características físicas de los agregados naturales y reciclados (PET y RCD) se ensayaron en el laboratorio LEMS Y W&C EIRL, los cuales dieron valores favorables para realizar el diseño de mezcla y la posterior elaboración de los ladrillos de concreto.

La gradación del agregado fino es uniforme y cumple con los límites de los usos granulométricos, el peso específico es de 2.649 g/cm<sup>3</sup>, posee un peso unitario volumétrico suelto de 1554 kg/cm<sup>3</sup> y posee un peso unitario volumétrico compactado de 1672 kg/m<sup>3</sup>. Tiene un contenido de humedad de 0.70% y un porcentaje de absorción del 1.28%; La gradación del agregado grueso cumple solo con una parte de los límites de los usos granulométricos de la Norma Peruana E070, el peso específico es de 2.611 g/cm<sup>3</sup>, posee un peso unitario volumétrico suelto de 1459 kg/cm<sup>3</sup> y posee un peso unitario volumétrico compactado de 1541 kg/m<sup>3</sup>. Tiene un contenido de humedad de 0.28% y un porcentaje de absorción del 1.06%.

La gradación del PET y RCD, convienen ser utilizadas como reemplazo de parte del agregado grueso; el PET presenta un peso específico de 1.30 g/cm<sup>3</sup> y un peso unitario suelto de 0.295 y un peso unitario compactado de 0.375; el RCD presenta un peso específico de 2.27 g/cm<sup>3</sup> y un peso unitario suelto de 1.32 g/cm<sup>3</sup> y un peso unitario compactado de 1.50 g/cm<sup>3</sup>.

Se realizó un diseño de mezcla de 175.00 kg/cm<sup>2</sup>, cuya tanda de materiales es 1:3.46:2.10 + 29.6 l/bls en peso.

El alabeo de las unidades de mampostería de concreto está dentro del rango que cumple la norma E.070, pues el mayor alabeo promedio es de 0.68mm y el mayor alabeo individual es de 1 mm, siendo estos menores a 4mm.

Se concluye que, respecto a la variación dimensional, los ladrillos fabricados poseen una variación máxima de 1.25 mm en el largo siendo menor al valor que estipula la norma E.070 de 2mm. A demás la absorción máxima es de 5.59% menor a 22%, valor que dicta la norma E.070.

Los ladrillos de concreto T4, T5 y T6 elaborados agregándoles RCD en reemplazo de parte de sus agregados poseen una resistencia a la compresión ( $f'_b$ ) de 146.07, 120.82 y 124.90 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. De igual manera los ladrillos de concreto T1, T2 y T3 elaborados agregándoles PET en reemplazo de parte de sus agregados poseen una resistencia a la

compresión ( $f'b$ ) de 126.76, 119.53 y 106.15 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Siendo toso estos menores a la muestra patrón que tiene una resistencia de 160.33 kg/cm<sup>2</sup>.

Se concluye que el ladrillo de concreto T4 (5% de RCD) es el que posee características más favorables en comparación con los demás ladrillos fabricados tanto con PET como con RCD. Además, cumple con la normativa E070 para ladrillo tipo IV.

El ladrillo de concreto T4 alcanzó resistencias muy similares al ladrillo de concreto patrón T0, en resistencia al corte diagonal alcanzó valores de 11.03 kg/cm<sup>2</sup>.

Los ladrillos de concreto T1, T2 y T3 los cuales son adicionados con PET, notamos que, al reemplazar un mayor porcentaje de PET reciclado por agregado natural, disminuye la resistencia alcanzada como notamos en los siguientes resultados 126.76, 119.53 y 106.15 kg/cm<sup>2</sup>, es decir la cantidad de PET es inversamente proporcional respecto a la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería.

El tipo de falla que más se vio al momento de someter a los muretes a una compresión diagonal fue el de Tracción Diagonal.

Los ladrillos que menor resistencias alcanzaron fueron las muestras T3 y T6.

Se concluye que la rentabilidad económica es favorable, pues se disminuyen los costos de producción al reutilizar materiales inertes.

Respondiendo a la pregunta de investigación, concluimos que la muestra T4 es la única que cumple con los requisitos dictados por la norma E.070. para ser ladrillo tipo IV.

## **Recomendaciones**

Se recomienda indagar más sobre los agregados reciclados para la elaboración de la mezcla tradicional de concreto, puesto que hay un gran vacío de conocimiento sobre nuevas tecnologías que sirvan hacia la construcción y no perjudiquen el ambiente.

Se recomienda investigar nuevos porcentajes de reemplazo de agregados, con el fin de aportar al conocimiento y optimizar los porcentajes ya estudiados.

Se recomienda el uso de agregados reciclado en la elaboración de ladrillos de concreto, en reemplazo del agregado grueso en porcentajes bajos para mantener una estabilidad en sus características mecánicas.

Se recomienda elaborar ladrillos de concreto utilizando cantidades mayores al 5% de agregados RCD y PET, para ladrillos no estructurales.

## Referencias Bibliográficas

- [1] S. M. José, «La Verdad,» 4 Diciembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.laverdad.es/ababol/ciencia/problema-plastico-20180602012328-ntvo.html>. [Último acceso: 2 Noviembre 2020].
- [2] J. F. López Aguirre, J. C. Pomaquero Yuquilema y J. L. López Salazar, «Analysis of environmental pollution by plastics in the city of Riobamba,» *Polo del Conocimiento*, vol. 5, n° 12, pp. 725-742, Diciembre 2020.
- [3] «Mongabay latam,» 23 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://es.mongabay.com/2019/08/oceanos-plasticos-y-basura-marina-acaban-con-la-diversidad/>.
- [4] C. C. Zambrano Sánchez, G. B. Latorre Castro y B. J. Carrillo Anchundia, «Polymeric materials and environmental impact: a review,» *Polo del Conocimiento*, vol. 7, n° 6, pp. 596-614, Junio 2022.
- [5] «Plastic & Health,» C. F. I. E. LAW, 2019. [En línea]. [Último acceso: 24 Octubre 2020].
- [6] P. Europe, «Plastics - The Facts 2019,» 2019. [En línea]. [Último acceso: 29 Octubre 2020].
- [7] «Greenpeace,» 2019. [En línea]. Available: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/>. [Último acceso: 21 10 2020].
- [8] «Cifras mundiales acerca del procesamiento de RCD - Residuos de la construcción y demolición,» *POGOTECH*, 2017.
- [9] N. Elshaboury, A. Al-Sakkaf, E. Abdelkader y G. Alfalah, «Construction and Demolition Waste Management Research:A Science Mapping Analysis,» *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, n° 8, pp. 1-25, 2022.
- [10] «Minam,» 4 Marzo 2020. [En línea]. Available: <http://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>. [Último acceso: 10 Octubre 2020].
- [11] M. Nepomuceno, J. Catarino y R. Isidoro, «Mechanical performance evaluation of concrete made with recycled ceramic coarse aggregates from industrial brick waste,» *Construction and Building Materials*, vol. 165, pp. 284-294, 2018.

- [12] J. Infante Alcalde y C. Valderrama Ullo, «Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET),» *Información Tecnológica*, vol. 30, n° 5, p. 12, 2019.
- [13] I. Sanchez Soloaga, A. Oshiro y M. Positieri, «The use of recycled plastic in concrete. An alternative to reduce the ecological footprint,» *Revista de la construcción*, vol. 13, n° 3, pp. 19-26, Diciembre 2014.
- [14] S. García, N. Bracho y W. López, «Estudio del efecto de la adición de residuos plásticos en la fabricación de bloques huecos de concreto,» *Latin American Journal of Metallurgy and Materials*, vol. 7, pp. 55-59, 2017.
- [15] J. A. Domínguez Lepe y E. Martínez, «Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de,» *Ingeniería*, vol. 11, pp. 43-54, 2007.
- [16] M. A. Léctor Lafite y E. J. Villareal Brragán, «Utilización de Materiales Plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote,» Chimbote, 2017.
- [17] J. A. Apaza Atencio, M. F. Portugal Cruz y L. U. M. Tirado Rebaza, «Determining the feasibility of implementing an ecological brick composed of PET and ash from the establishment of sale grilled chickens in the context of Tacna - Peru,» *ARQUITEK*, vol. 19, pp. 10-25, 2021.
- [18] M. d. Ambiente, «MINAM,» Decreto Legislativo N° 1278, [En línea]. Available: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-legislativo-n-1278/>.
- [19] «EUMED,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.eumed.net/>. [Último acceso: 7 11 2020].
- [20] «ARAPACK,» [En línea]. Available: <https://www.arapack.com/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2020].
- [21] «Textos Científicos,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.textoscientificos.com/>. [Último acceso: 10 Octubre 2020].
- [22] «Aimplas,» 30 Septiembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.aimplas.es/blog/ensayos-para-evaluar-texturas-y-defectos-superficiales-en-recubrimientos-plasticos/>. [Último acceso: 10 10 2020].
- [23] «Mexpolimeros,» [En línea]. Available: <https://www.mexpolimeros.com/densidad.html>. [Último acceso: 10 10 2020].

- [24] Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima, 2006.
- [25] E. Rivva López, *Naturalez y Materiales del Concreto*, Lima, 2000.
- [26] A. Frank, *CONCRETO: Generalidades, propiedades y procesos*, 1996.
- [27] «IMCYC,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.imcyc.com/>. [Último acceso: 17 10 2020].
- [28] «Construmática,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.construmatica.com/>. [Último acceso: 7 11 2020].
- [29] «Cemex,» [En línea]. Available: <https://www.cemex.com.pe/>. [Último acceso: 7 11 2020].
- [30] B. Kerkhoff, W. Panarese, S. Kosmatka y J. Tanesi, *Diseño y Control de Mezcla de Concreto*, México, 2004.
- [31] H. Gallegos y C. Casabonne, *Albañilería Estructural*, Lima: 3, 2005.
- [32] J. Arrieta y E. Peñaherrera, «Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora,» Lima, 2001.
- [33] M. Chavez Fuentes, «Características Físico-Mecánicas del Ladrillo de Cemento y Tereftalato de Polietileno.,» 2014.
- [34] I. N. d. D. d. I. C. y. d. I. P. d. I. P. Intelectual, «Norma Técnica Peruana NTP 400.012,» *Diario Oficial El Peruano*, 2001.
- [35] «Norma Técnica E.070 Albañilería,» 2006.
- [36] M. F. Serrano Guzmán, D. D. Pérez Ruiz, L. M. Torrado Gómez y N. Darío Hernández, «Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable: una práctica para protección del ambiente,» *INDUSTRIAL DATA* , vol. 20, n° 1, p. 8, 2017.

**Anexos**

Anexo N° 01: Árbol de problemas.

Anexo N° 02: Ubicaciones de los Residuos de Construcción y Demolición en Ferreñafe.

Anexo N° 03: Ubicaciones de los puntos de Acopio de PET en Ferreñafe.

Anexo N° 04: Ubicación de la Cantera Tres Tomas, Mesones Muro, Ferreñafe

Anexo N° 05: Diseño de Mezcla 175 kg/cm<sup>2</sup>.

Anexo N° 06: Diseño de Mezcla 140 kg/cm<sup>2</sup>.

Anexo N° 07: Variación Dimensional.

Anexo N° 08: Alabeo.

Anexo N° 09: Prensa hidráulica.

Anexo 10: Granulometría Agregado Fino.

Anexo 11: Granulometría Agregado Grueso.

Anexo 12: Granulometría Agregados Reciclados.

Anexo 13: Peso Específico Agregado Grueso.

Anexo 14: Peso Específico Agregado Fino.

Anexo 15: Peso Unitario del Agregado Fino.

Anexo 16: Peso Unitario del Agregado Grueso.

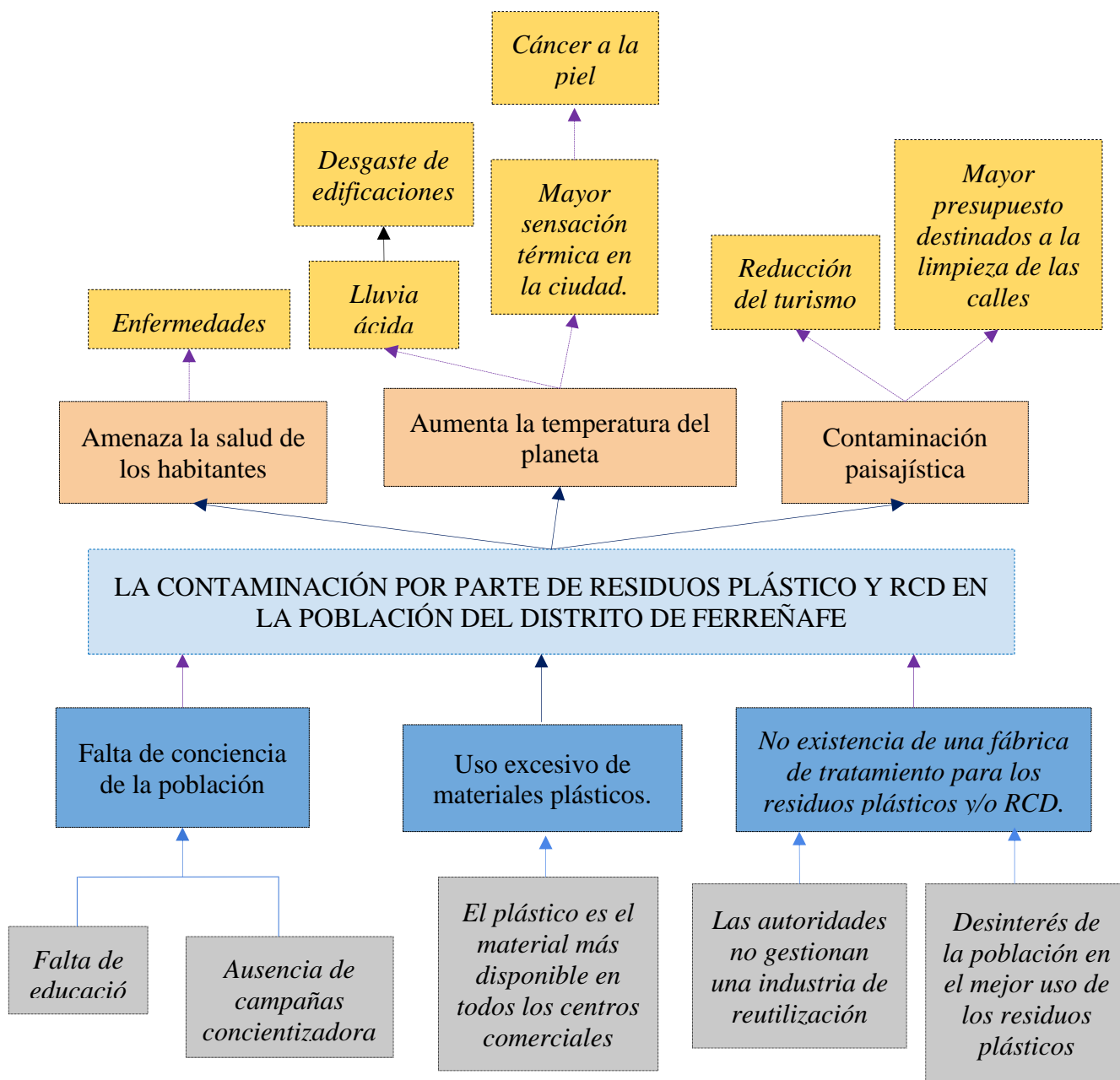
Anexo 17: Panel fotográfico.

Anexo 18: Corte en muretes.

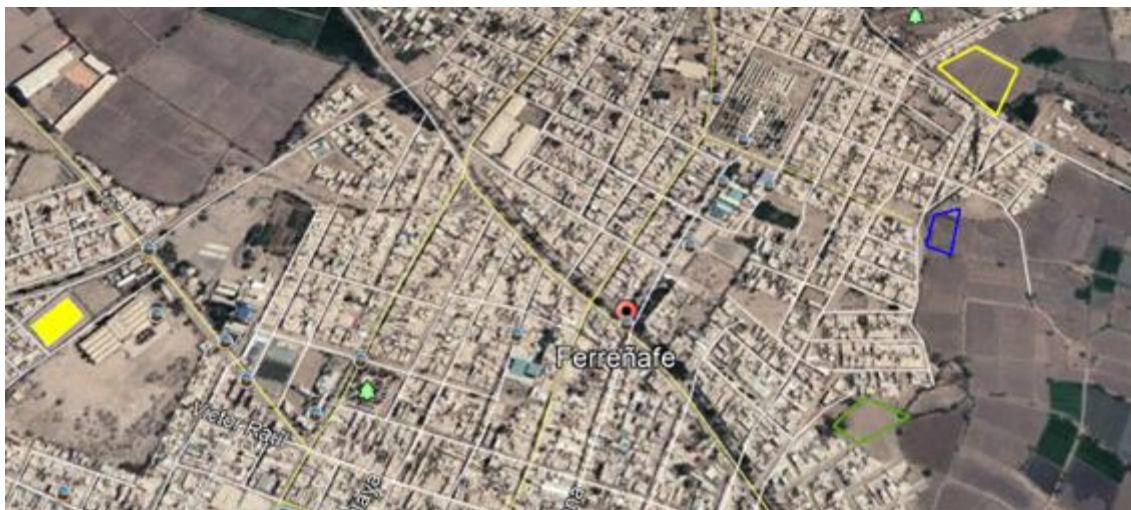
Anexo 19: Pilas de albañilería.

Anexo 20: Unidad de Albañilería.

Anexo N° 01: *Árbol de problemas*



**Anexo N° 02: Ubicaciones de los Residuos de Construcción y Demolición en Ferreñafe**



*Fuente: Google Earth*

- ✓ Ubicación 01: Ubicados en el sector de Alto Perú, a espaldas del molino CR. EIRL
- ✓ Ubicación 02: Sector del Algodonal.
- ✓ Ubicación 03: Sector los Algarrobos.

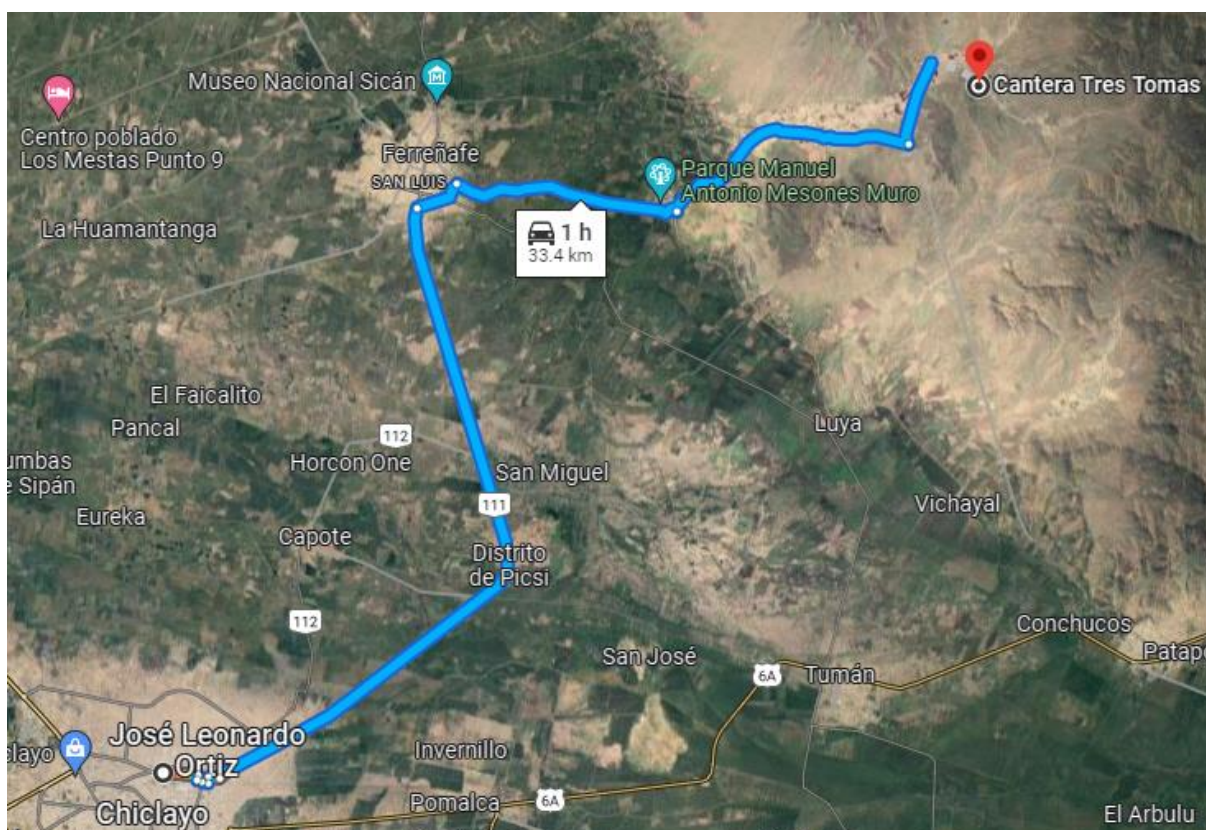
**Anexo N° 03: Ubicaciones de los puntos de Acopio de PET en Ferreñafe**



*Fuente: Google Earth*

- ✓ Ubicación 01: Ubicados en el lote baldío entre Av. Pacífico y Av. Ingeniería.
- ✓ Ubicación 02: Ubicado en la Av. Luis Abelardo Takashasi.
- ✓ Ubicación 03: Entre Av. Rosales y Av. Eucaliptos

#### Anexo N° 04: Ubicación de la Cantera Tres Tomas, Mesones Muro, Ferreñafe



*Fuente: Google Maps.*

Situado en el distrito de Manuel A. Mesones Muro de la provincia de Ferreñafe. La cantera está a una distancia de 9 km aprox. del distrito de Mesones Muro. De dicha cantera se obtuvo el agregado grueso o confitillo para la elaboración de los ladrillos de concreto.



*Fuente: Google Maps.*

Cantera la Victoria ubicada en el km 4 de la Carretera a Chongoyape. Caserío Las Canteras Pátapo, De dicha cantera se obtuvo el agregado fino para la elaboración de los ladrillos de concreto.

## Anexo N° 05: Diseño de Mezcla 175 kg/cm<sup>2</sup>

### DISEÑO DE MEZCLA

**Resistencia del Diseño :**

$f'c =$  **175.00** kg/cm<sup>2</sup>

I.) DATOS DEL AGREGADOS:

**GRUESO** : Cantera - Tres Tomas

**FINO** : Cantera - La Victoria

01.- Tamaño máximo nominal

02.- Peso Unitario suelto seco

03.- Peso Unitario compactado seco

04.- Peso específico de masa seco

05.- Contenido de humedad

06.- Contenido de absorción

11.- Módulo de fineza (adimensional)

	AG	AF	
	3/8"	-----	pulg.
	1459	1554	kg/m <sup>3</sup>
	1541	-----	kg/m <sup>3</sup>
	2611	2649	kg/m <sup>3</sup>
	0.28	0.70	%
	1.06	1.28	%
	-----	3.140	

II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

12.- Resistencia especificada a los 28 días

13.- Contenido de aire atrapado

14.- Relación agua cemento

15.- Asentamiento

16.- Volumen unitario del agua

17.- Volumen del agregado grueso

18.- Peso específico del cemento

30	$F'_{cr}$	228	kg/cm <sup>2</sup>
		3	%
	$R^{a/c}$	0.661	
		2	Pulg.
		207	L/m <sup>3</sup>
		0.426	m <sup>3</sup>
		2980	kg/m <sup>3</sup>

: Potable de la zona

: Pacasmayo Uso general

III.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a) Cemento	313	Kg/m <sup>3</sup>	0.105	m <sup>3</sup>		
b) Agua	207	L/m <sup>3</sup>	0.207	m <sup>3</sup>	Corrección por humedad	
c) Aire	3	%	0.030	m <sup>3</sup>		Agua Efectiva
d) Arena	1077	Kg/m <sup>3</sup>	0.406	m <sup>3</sup>	1084	-6.3
e) Confitillo	656	Kg/m <sup>3</sup>	0.251	m <sup>3</sup>	658	-5.1
	2256		1.000	m <sup>3</sup>		-11.4

IV.) Resultado final de diseño (húmedo)

a) Cemento	313	Kg/m <sup>3</sup>	0.887	kg		0.002574	m <sup>3</sup>	
b) Agua	218	L/m <sup>3</sup>	0.618	0.618	Lt	$F_{cemento}$	7.4	Bolsas
c) Arena	1084	Kg/m <sup>3</sup>	62	3.070	kg	$R^{a/c}$	0.661	Diseño
d) Confitillo	658	Kg/m <sup>3</sup>	38	1.864	kg	$R^{a/c}$	0.697	Obra
	2274			6.439				

V.) Tanda de ensayo **0.0028** m<sup>3</sup>

VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

Proporción en peso :	1.00	3.46	2.10	29.6	Lts/Pie <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.00	3.34	2.16	29.6	Lts/Pie <sup>3</sup>

CEMENTO FINO GRUESO AGUA

## Anexo N° 06: Diseño de Mezcla 140 kg/cm<sup>2</sup>

### DISEÑO DE MEZCLA

**Resistencia del Diseño :**

$f'c =$  **140.00** kg/cm<sup>2</sup>

I.) DATOS DEL AGREGADOS:

**GRUESO** : Cantera - Tres Tomas

**FINO** : Cantera - La Victoria

01.- Tamaño máximo nominal

02.- Peso Unitario suelto seco

03.- Peso Unitario compactado seco

04.- Peso específico de masa seco

05.- Contenido de humedad

06.- Contenido de absorción

11.- Módulo de fineza (adimensional)

	AG	AF	
	3/8"	-----	pulg.
	1459	1554	kg/m <sup>3</sup>
	1541	-----	kg/m <sup>3</sup>
	2611	2649	kg/m <sup>3</sup>
	0.28	0.70	%
	1.06	1.28	%
	-----	3.140	

II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

12.- Resistencia especificada a los 28 días

13.- Contenido de aire atrapado

14.- Relación agua cemento

15.- Asentamiento

16.- Volumen unitario del agua

17.- Volumen del agregado grueso

18.- Peso específico del cemento

30	$F'_{cr}$	182	kg/cm <sup>2</sup>
		3	%
	$R^{a/c}$	0.742	
		2	Pulg.
		207	L/m <sup>3</sup>
		0.426	m <sup>3</sup>
		2980	kg/m <sup>3</sup>

: Potable de la zona

: Pacasmayo Uso general

III.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a) C e m e n t o	279	Kg/m <sup>3</sup>	0.094	m <sup>3</sup>		
b) A g u a	207	Lt/m <sup>3</sup>	0.207	m <sup>3</sup>	Corrección por humedad	
c) A i r e	3	%	0.030	m <sup>3</sup>		Agua Efectiva
d) A r e n a	1107	Kg/m <sup>3</sup>	0.418	m <sup>3</sup>	1115	-6.5
e) C o n f i t i l l o	656	Kg/m <sup>3</sup>	0.251	m <sup>3</sup>	658	-5.1
	2253		1.000	m <sup>3</sup>		-11.6

IV.) Resultado final de diseño (húmedo)

a) C e m e n t o	279	Kg/m <sup>3</sup>		0.789	kg	0.002574	m <sup>3</sup>
b) A g u a	219	Lt/m <sup>3</sup>	0.619	0.619	Lt	6.6	Bolsas
c) A r e n a	1115	Kg/m <sup>3</sup>	63	3.157	kg	0.742	Diseño
d) C o n f i t i l l o	658	Kg/m <sup>3</sup>	37	1.864	kg	0.784	Obra
	2271			6.430			

V.) Tanda de ensayo **0.0028** m<sup>3</sup>

VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

Proporción en peso :	1.00	4.00	2.36	33.3	Lts/Pie <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.00	3.86	2.43	33.3	Lts/Pie <sup>3</sup>

CEMENTO FINO GRUESO AGUA

**Anexo N° 07: Variación Dimensional****Dimensiones de Ladrillo:***Alto: 9 cm**Largo: 22 cm**Ancho: 13 cm***T0: Muestra Patrón**

ESPECIMEN		LARGO					ANCHO					ALTO					
N°		L1	L2	L3	L4	L5	A1	A2	A3	A4	A5	H1	H2	H3	H4	H5	
T0	1	220.30	219.80	220.10	219.70	219.98	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	90.15	90.25	90.05	90.16	
	2	221.35	220.20	220.30	219.80	220.41	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
	3	220.15	220.00	220.00	220.00	220.04	131.20	130.80	130.30	130.70	130.75	89.85	89.88	89.97	90.01	89.93	
	4	219.80	220.30	220.10	219.70	219.98	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	90.15	90.25	90.05	90.16	
	5	221.35	220.30	220.90	221.80	221.09	129.70	130.50	130.20	129.80	130.05	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
	6	220.15	220.00	220.00	220.00	220.04	131.20	130.80	130.30	130.70	130.75	89.85	89.88	89.97	90.01	89.93	
	7	220.30	219.80	220.10	219.70	219.98	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	90.15	90.25	90.05	90.16	
	8	221.30	220.30	220.80	221.80	221.05	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
	9	222.10	221.60	222.80	222.50	222.25	129.50	129.10	131.10	130.70	130.10	90.15	90.20	90.20	90.10	90.16	
	10	221.35	220.30	220.70	221.60	220.99	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
					<b>220.58</b>						<b>130.17</b>						<b>90.06</b>
					<b>0.26%</b>						<b>0.13%</b>						<b>0.06%</b>

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**T1: Con 5% de PET**

ESPECIMEN		LARGO					ANCHO					ALTO					
N°		L1	L2	L3	L4	L5	A1	A2	A3	A4	A5	H1	H2	H3	H4	H5	
T1	1	220.80	220.80	221.30	221.80	221.18	130.10	130.70	130.50	130.90	130.55	90.10	90.00	89.90	90.20	90.05	
	2	220.10	221.60	220.80	221.50	221.00	129.50	129.10	131.10	130.70	130.10	90.15	90.20	90.20	90.10	90.16	
	3	221.70	220.50	222.10	220.90	221.30	131.20	132.10	131.50	132.20	131.75	89.90	90.00	90.10	89.80	89.95	
	4	220.10	220.80	221.60	220.20	220.68	129.80	130.10	130.50	129.50	129.98	90.10	90.00	90.15	89.95	90.05	
	5	219.80	220.30	220.10	219.70	219.98	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	90.15	90.25	90.05	90.16	
	6	220.80	222.10	221.20	221.80	221.48	129.90	130.70	129.70	129.50	129.95	89.95	89.80	90.10	89.95	89.95	
	7	222.20	222.70	222.70	222.90	222.63	131.10	130.00	129.50	129.70	130.08	90.05	90.10	90.15	90.00	90.08	
	8	220.10	219.80	220.50	220.40	220.20	131.20	130.80	130.30	130.70	130.75	89.85	89.88	89.97	90.01	89.93	
	9	219.70	219.90	220.20	219.50	219.83	130.90	131.30	130.70	131.10	131.00	90.05	90.12	89.98	90.04	90.05	
	10	221.30	220.30	220.80	221.80	221.05	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
					<b>220.93</b>						<b>130.41</b>						<b>90.04</b>
					<b>0.42%</b>						<b>0.32%</b>						<b>0.04%</b>

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**T2: Con 10% de PET**

ESPECIMEN		LARGO					ANCHO					ALTO					
N°		L1	L2	L3	L4	L5	A1	A2	A3	A4	A5	H1	H2	H3	H4	H5	
T2	1	220.00	220.20	220.30	219.80	220.08	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
	2	219.80	220.30	220.10	219.70	219.98	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	90.15	90.25	90.05	90.16	
	3	220.80	222.10	221.20	221.80	221.48	129.90	130.70	129.70	129.50	129.95	89.95	89.80	90.10	89.95	89.95	
	4	221.30	220.30	220.80	221.80	221.05	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.95	90.07	
	5	220.10	219.80	220.50	220.40	220.20	131.20	130.80	130.30	130.70	130.75	89.85	89.88	89.97	90.01	89.93	
	6	220.10	220.00	220.20	222.10	220.60	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
	7	220.30	219.80	220.10	219.70	219.98	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	90.15	90.25	89.95	90.14	
	8	220.80	222.10	221.20	221.80	221.48	129.90	130.70	129.70	129.50	129.95	89.95	89.80	90.10	89.95	89.95	
	9	222.10	221.60	222.80	222.50	222.25	129.50	129.10	131.10	130.70	130.10	90.15	90.20	90.20	89.95	90.13	
	10	221.30	220.30	220.80	221.80	221.05	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
						220.81						130.07					
						0.37%						0.05%					

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**T3: Con 15% de PET**

ESPECIMEN		LARGO					ANCHO					ALTO					
N°		L1	L2	L3	L4	L5	A1	A2	A3	A4	A5	H1	H2	H3	H4	H5	
T3	1	221.30	220.30	220.80	221.80	221.05	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
	2	220.30	219.80	220.10	219.70	219.98	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	90.15	90.25	90.05	90.16	
	3	221.30	220.30	220.80	221.80	221.05	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
	4	229.80	220.30	220.10	219.70	222.48	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	90.15	90.25	90.05	90.16	
	5	220.00	220.20	220.30	219.80	220.08	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
	6	220.00	220.00	220.00	220.00	220.00	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
	7	220.00	220.20	220.30	219.80	220.08	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
	8	221.20	220.80	221.30	220.80	221.03	130.10	130.70	130.50	130.90	130.55	90.10	90.00	89.90	90.20	90.05	
	9	222.10	221.60	222.80	222.50	222.25	129.50	129.10	131.10	130.70	130.10	90.15	90.20	90.20	90.10	90.16	
	10	221.30	220.30	220.80	221.80	221.05	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
						220.90						130.05					
						0.41%						0.04%					

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**T4: Con 5% de RCD**

ESPECIMEN		LARGO					ANCHO					ALTO					
N°		L1	L2	L3	L4	L5	A1	A2	A3	A4	A5	H1	H2	H3	H4	H5	
T4	1	221.30	220.30	220.80	221.80	221.05	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
	2	220.10	219.80	220.50	220.20	220.15	131.20	130.80	130.30	130.70	130.75	89.85	89.88	89.97	90.01	89.93	
	3	221.70	220.50	222.10	220.90	221.30	131.20	132.10	131.50	132.20	131.75	89.90	90.00	90.10	89.80	89.95	
	4	223.10	222.80	222.60	222.20	222.68	129.80	130.10	130.50	129.50	129.98	90.10	90.00	90.15	89.95	90.05	
	5	219.80	220.30	220.10	219.70	219.98	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	90.15	90.25	90.05	90.16	
	6	221.30	220.30	220.80	221.80	221.05	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
	7	222.20	222.70	222.70	222.90	222.63	131.10	130.00	129.50	129.70	130.08	90.05	90.10	90.15	90.00	90.08	
	8	220.10	219.80	220.50	220.20	220.15	131.20	130.80	130.30	130.70	130.75	89.85	89.88	89.97	90.01	89.93	
	9	220.00	219.65	220.20	219.50	219.84	130.90	131.30	130.70	131.10	131.00	90.05	90.12	89.98	90.04	90.05	
	10	221.35	220.30	220.70	221.60	220.99	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
						220.99						130.40					
						0.45%						0.31%					

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**T5: Con 10% de RCD**

ESPECIMEN		LARGO					ANCHO					ALTO					
N°		L1	L2	L3	L4	L5	A1	A2	A3	A4	A5	H1	H2	H3	H4	H5	
T5	1	220.05	220.25	220.30	219.85	220.11	130.00	130.22	130.00	130.12	130.09	90.00	90.12	90.70	90.88	90.43	
	2	219.85	220.30	220.15	219.75	220.01	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	89.88	90.25	90.18	90.13	
	3	220.90	222.15	221.20	221.85	221.53	129.90	130.70	129.70	129.50	129.95	89.95	89.80	90.10	89.95	89.95	
	4	221.35	220.30	220.90	221.80	221.09	129.70	130.50	130.20	129.80	130.05	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
	5	220.15	219.80	220.50	220.20	220.16	131.20	130.80	130.30	130.70	130.75	89.85	89.88	89.97	90.01	89.93	
	6	220.16	220.00	220.20	222.25	220.65	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
	7	220.32	219.80	220.10	219.70	219.98	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	90.01	90.25	90.05	90.13	
	8	220.90	222.10	221.25	221.55	221.45	129.90	130.70	129.70	129.50	129.95	89.95	89.80	90.10	90.01	89.97	
	9	222.10	221.60	222.80	222.50	222.25	129.50	129.10	131.10	130.70	130.10	90.15	90.20	90.20	90.10	90.16	
	10	221.35	220.35	220.85	221.85	221.10	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
						220.84						130.10					
						0.38%						0.07%					
												90.07					
												0.08%					

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**T6: Con 15% de RCD**

ESPECIMEN		LARGO					ANCHO					ALTO					
N°		L1	L2	L3	L4	L5	A1	A2	A3	A4	A5	H1	H2	H3	H4	H5	
T6	1	222.10	220.35	220.65	222.20	221.33	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
	2	220.30	220.85	220.10	220.70	220.49	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	90.15	90.25	90.05	90.16	
	3	221.35	220.30	220.80	221.80	221.06	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
	4	219.80	220.80	220.10	219.70	220.10	130.20	129.80	130.00	130.40	130.10	90.20	90.15	90.25	90.05	90.16	
	5	221.35	220.20	220.30	219.80	220.41	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
	6	220.15	220.50	220.00	220.00	220.16	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
	7	220.16	220.20	220.30	219.80	220.12	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
	8	221.80	220.80	221.30	220.80	221.18	130.10	130.70	130.50	130.90	130.55	90.10	90.00	89.90	90.20	90.05	
	9	222.10	221.60	222.80	222.50	222.25	129.50	129.10	131.10	130.70	130.10	90.15	89.90	90.10	90.15	90.08	
	10	222.30	220.30	220.80	221.80	221.30	129.70	130.00	130.00	129.80	129.88	89.95	90.20	90.18	89.77	90.03	
						220.84						130.05					
						0.38%						0.04%					
												90.05					
												0.06%					

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**Norma E. 070**

- Variación máxima permitida

Alto: 4.00 mm

Ancho: 4.50 mm

Largo: 3.00 mm

**Anexo N° 08: Alabeo****T0: Muestra Patrón**

N°		ALABEO
T0	1	0.50
	2	0.00
	3	1.00
	4	0.50
	5	0.00
	6	1.00
	7	0.50
	8	0.00
	9	1.00
	10	0.70
		<b>0.52</b>

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**T1: Con 5% de PET**

N°		ALABEO
T1	1	0.00
	2	1.00
	3	1.00
	4	0.00
	5	0.00
	6	1.00
	7	0.00
	8	1.00
	9	0.50
	10	0.00
		<b>0.45</b>

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**T2: Con 10% de PET**

N°		ALABEO
T2	1	1.00
	2	0.00
	3	1.00
	4	1.00
	5	0.00
	6	0.50
	7	0.50
	8	1.00
	9	1.00
	10	0.00
		<b>0.60</b>

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**T3: Con 15% de PET**

N°		ALABEO
T3	1	0.50
	2	0.50
	3	1.00
	4	1.00
	5	0.00
	6	0.00
	7	1.00
	8	0.50
	9	1.00
	10	1.00
		<b>0.65</b>

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**T4: Con 5% de RCD**

N°		ALABEO
T4	1	0.70
	2	0.40
	3	0.50
	4	0.00
	5	0.00
	6	0.70
	7	0.00
	8	1.00
	9	0.50
	10	0.00
		<b>0.38</b>

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**T5: Con 10% de RCD**

N°		ALABEO
T5	1	0.00
	2	1.00
	3	0.50
	4	0.50
	5	1.00
	6	0.00
	7	1.00
	8	0.50
	9	0.50
	10	1.00
		<b>0.60</b>

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**T6: Con 15% de RCD**

N°		ALABEO
T6	1	0.70
	2	0.40
	3	0.00
	4	0.95
	5	1.00
	6	0.50
	7	0.70
	8	1.00
	9	0.50
	10	1.00
		<b>0.68</b>

Los resultados obtenidos están dentro de lo estipulado en la norma.

**Norma E. 070**

- Alabeo máximo permitido

Alabeo máximo: 4.00 mm

## Anexo N° 09: Prensa hidráulica

 <b>CALIBRATEC S.A.C.</b> LABORATORIO DE METROLOGIA		<b>CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS</b> RUC: 20606479680
<i>Área de Metrología</i> <i>Laboratorio de Fuerza</i>		<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>CA - LF - 024 - 2022</b>
Página 1 de 3		
<b>1. Expediente</b>	0117-2022	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
<b>2. Solicitante</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&amp;C E.I.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
<b>4. Equipo</b>	<b>PRESNA DE CONCRETO</b>	
Capacidad	2000 kN	
Marca	AyA INSTRUMENT	
Modelo	STYE-2000B	
Número de Serie	131214	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	MC	
Modelo	STYE-2000B	
Número de Serie	131214	
Resolución	0.01 / 0.1 kN (*)	
Ubicación	NO INDICA	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2022-01-21	
<b>Fecha de Emisión</b>	2022-01-22	<b>Jefe del Laboratorio de Metrología</b>  <b>MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES</b>
		<b>Sello</b>  
☎ 977 997 385 - 913 028 621 ☎ 913 028 622 - 913 028 623 ☎ 913 028 624	☎ Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima ☎ comercial@calibratec.com.pe 🏢 CALIBRATEC SAC	

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 024 - 2022

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.0 °C	26.0 °C
Humedad Relativa	62 % HR	62 % HR

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE 038-21A
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1774-2021

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 2.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 024 - 2022

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)			
%	$F_1$ (kN)	$F_1$ (kN)	$F_2$ (kN)	$F_3$ (kN)	$F_{promedio}$ (kN)
10	100	100.0	99.0	100.0	99.8
20	200	199.0	200.5	201.3	200.2
30	300	298.8	300.4	299.3	299.7
40	400	397.4	399.4	398.8	398.6
50	500	495.8	501.8	502.4	500.5
60	600	597.1	597.4	597.9	597.7
70	700	696.1	696.7	695.7	696.6
80	800	798.9	799.1	799.5	799.1
90	900	898.6	900.1	896.6	898.5
100	1000	1001.0	1002.9	1000.5	1001.3
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo $F$ (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre $U$ ( $k=2$ ) (%)
	Exactitud $a$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Reversibilidad $v$ (%)	Resol. Relativa $\alpha$ (%)	
100	0.21	1.00	-1.30	0.10	0.81
200	-0.08	1.15	0.25	0.05	0.75
300	0.12	0.53	0.07	0.03	0.63
400	0.34	0.50	0.10	0.03	0.61
500	-0.11	1.31	-0.06	0.02	0.85
600	0.39	0.13	-0.18	0.02	0.58
700	0.49	0.14	-0.14	0.01	0.59
800	0.11	0.07	0.02	0.01	0.58
900	0.17	0.38	0.16	0.01	0.60
1000	-0.13	0.25	0.20	0.01	0.58

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ ) 0.00 %

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 622 - 913 028 623  
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC



## Anexo 10: Granulometría Agregado Fino



Certificado INDECOPRI N°00137704 RNP Servicios 5060559

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel - Lambayeque

R.U.C. 20480781334

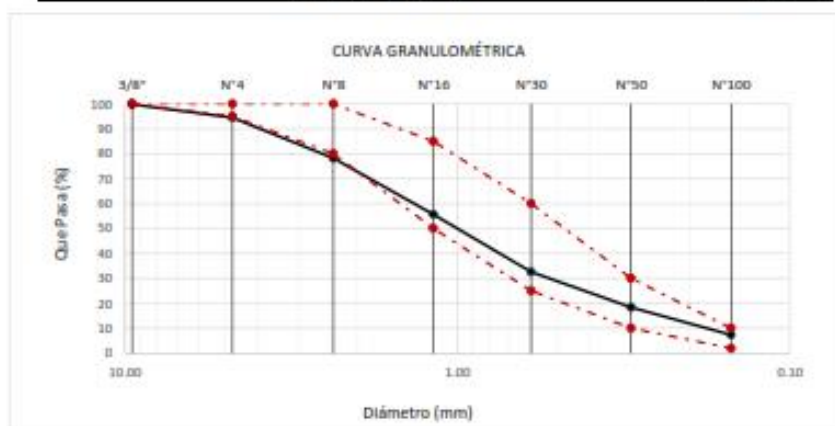
Email: lemswyc@i@gmail.com

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFE-2020".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Jueves, 15 de setiembre del 2022  
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra: ARENA GRUESA

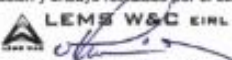
Cantera: LA VICTORIA - PÁTAPO

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.2	0.2	99.8	100
Nº 4	4.750	5.3	5.3	94.5	95 - 100
Nº 8	2.360	16.3	21.8	78.2	80 - 100
Nº 16	1.180	22.6	44.4	55.6	30 - 85
Nº 30	0.600	23.0	67.4	32.6	25 - 60
Nº 50	0.300	14.2	81.6	18.4	10 - 30
Nº 100	0.150	11.1	92.7	7.3	2 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>3.14</b>



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 11: Granulometría Agregado Grueso



Certificado INDECOPRI N°00137704 RNP Servicios 50628589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswycelr@gmail.com

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFA-2020".

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : Jueves, 15 de setiembre del 2022

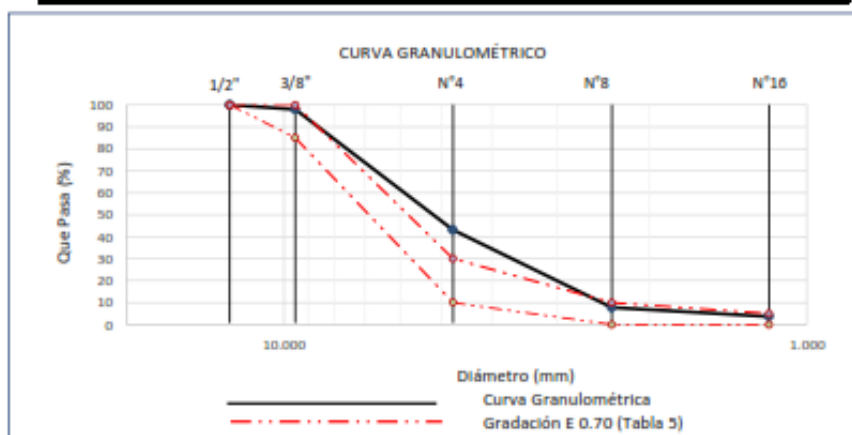
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : CONFITILLO.

Cantera : TRES TOMAS - FERREÑAFA.

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN E 0.70
Pulg.	(mm.)				
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	100
3/8"	9.520	2.1	2.1	97.9	85 - 100
Nº 4	4.750	54.9	56.9	43.1	10 - 30
Nº 8	2.360	35.4	92.3	7.7	0 - 10
Nº 16	1.180	4.0	96.4	3.6	0 - 5



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 12: Granulometría Agregados Reciclad

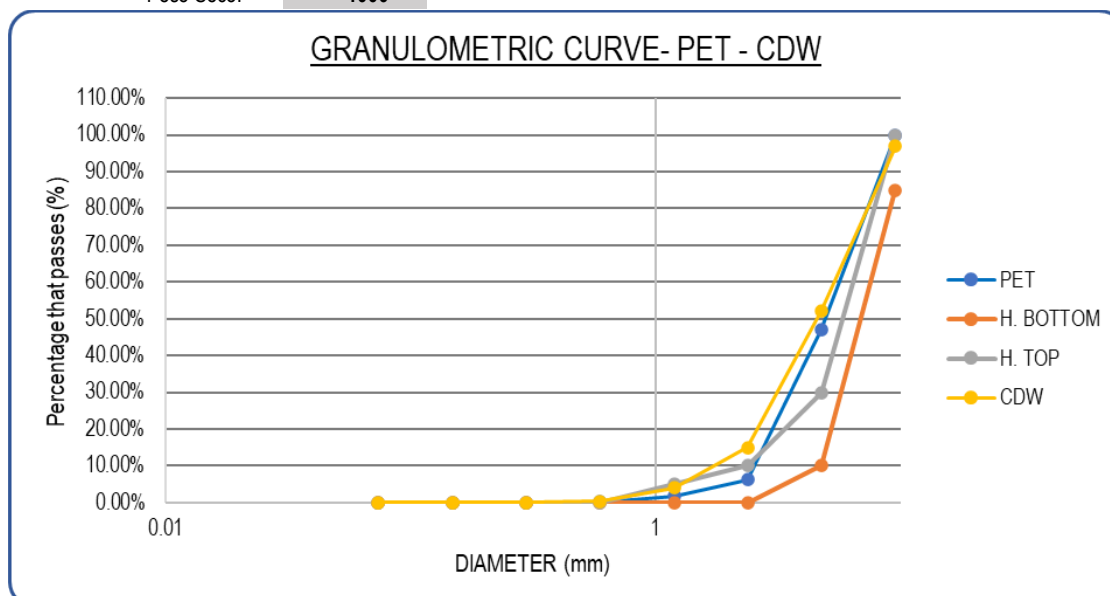
### PLASTICO PET

Modulo de Fineza: 6.445

TAMIS ASTM	MALLA	RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
3/8 "	9.526	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	85.00%	100.00%
N° 4	4.763	530.00	53.00%	53.00%	47.00%	10.00%	30.00%
N° 8	2.381	407.00	40.70%	93.70%	6.30%	0.00%	10.00%
N° 16	1.191	45.00	4.50%	98.20%	1.80%	0.00%	5.00%
N° 30	0.595	15.47	1.55%	99.75%	0.25%	0.00%	0.00%
N° 50	0.296	2.00	0.20%	99.95%	0.05%	0.00%	0.00%
N° 100	0.149	0.00	0.00%	99.95%	0.05%	0.00%	0.00%
N° 200	0.074	0.00	0.00%	99.95%	0.05%	0.00%	0.00%
FONDO		0.53	0.05%	100.00%	0.00%		
Peso Seco:		1000					

### RCD

TAMIS ASTM	MALLA	RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
3/8 "	9.526	30.00	3.00%	3.00%	97.00%	85.00%	100.00%
N° 4	4.763	450.00	45.00%	48.00%	52.00%	10.00%	30.00%
N° 8	2.381	370.00	37.00%	85.00%	15.00%	0.00%	10.00%
N° 16	1.191	110.50	11.05%	96.05%	3.95%	0.00%	5.00%
N° 30	0.595	35.50	3.55%	99.60%	0.40%	0.00%	0.00%
N° 50	0.296	4.00	0.40%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
N° 100	0.149	0.00	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
N° 200	0.074	0.00	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
FONDO		0.00	0.00%	100.00%	0.00%		
Peso Seco:		1000					



## Anexo 13: Peso Específico Agregado Grueso



Certificado INDICOPI N° 02137704. RNP 346654-3000000

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimental - Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswac@i@gmail.com

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFE-2020".  
 Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
 Fecha de ensayo : Viernes, 16 de setiembre del 2022

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: CONFITILLO

Cantera: TRES TOMAS - FERREÑAFE

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.611
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.059

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 ING. ESPECIALISTA EN MATERIALES Y SUELOS



Miguel Ángel Ruiz Pirales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246934

## Anexo 14: Peso Específico Agregado Fino



Certificado INDECOPI N° 20137704, RMP, Servicio 20201403

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimental – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswac@ic@gmail.com

### INFORME

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERRENAFE-2020".  
 Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
 Fecha de ensayo : Viernes, 16 de setiembre del 2022

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : ARENA GRUESA

Cantera : LA VICTORIA - PÁTAPO

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	2.649
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.281

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 TEC. ESPECIALISTA EN MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CEP. 244914

## Anexo 15: Peso Unitario del Agregado Fino



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswocrl@gmail.com

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFE-2020".  
 Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
 Fecha de ensayo : Jueves, 15 de setiembre del 2022  
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.  
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.105:2013

Muestra : ARENA GRUESA                      Cantera: LA VICTORIA - PATAPO

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1565</b>
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1554</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.70</b>

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1684</b>
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1672</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>0.70</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. EXPERTOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 16: Peso Unitario del Agregado Grueso



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
Proyecto : TESIS: COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFAE-2020 Ferreñafe-2020  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Jueves, 15 de septiembre del 2022  
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Confitillo

Cantera: Tres Tomas-Ferreñafe

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1462.00
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1459.00
Contenido de Humedad	(%)	0.28
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1542.00
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1541.00
Contenido de Humedad	(%)	0.28

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## Anexo 17: Panel fotográfico



Fiola con material



Balanzas electrónicas



Taras



Pie de Rey



Wincha



Canastilla metálica



Carretilla



Horno eléctrico



Mezcladora de Concreto Eléctrica



Meza vibradora



Prensa hidráulica



Prensa de corte diagonal



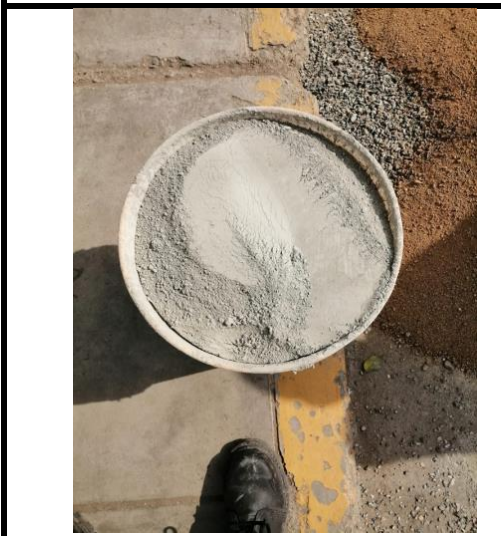


Cemento



Cemento en Baldes

Agua Potable



<p>Arena Gruesa</p>	<p>RCD</p>
	
<p>PET</p>	
	
<p>Molde de Ladrillos</p>	<p>Plancha para ensayo</p>
	
<p><i>Elaboración y ensayo de ladrillos de concreto</i></p>	
<p>Molde Sobre Meza Vibradora</p>	<p>Elaboración de Ladrillo</p>
	

Ladrillo terminado



Murete a ensayar

Peso de ladrillo



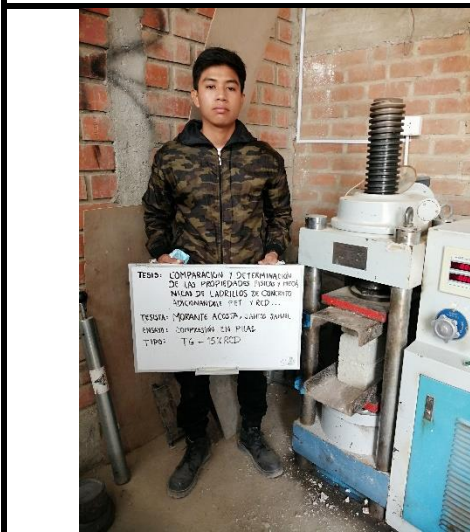
## Medición de ladrillo a ensayar



## Ladrillo colocado en el horno eléctrico



Ensayo de resistencia a la compresión



Ensayo de resistencia a la compresión

Ensayo de resistencia a la compresión





Ladrillos despues de ser ensayados



## Ensayo de compresión Diagonal – Rotura en muretes





## Anexo 18: Corte en muretes



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios 50605589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswceirl@gmail.com

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERRENAFE-2020".  
Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
Fecha de ensayo : Sábado, 22 de octubre del 2022  
  
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.  
Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm <sup>2</sup> )
01	MURETE MUESTRA PATRÓN	24/09/2022	22/10/2022	28	590	600	130	77416	138576	1.27	12.90
02	MURETE MUESTRA PATRÓN	24/09/2022	22/10/2022	28	592	600	130	77472	138370	1.26	12.88
03	MURETE MUESTRA PATRÓN	24/09/2022	15/10/2022	21	590	600	130	77408	127383	1.16	12.46

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFAE-2020".  
 Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
 Fecha de ensayo : Sábado, 22 de octubre del 2022

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	P (N)	V <sub>m</sub> (Mpa)	V <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	MURETE MUESTRA - 5%PET	24/09/2022	22/10/2022	28	570	600	130	76115	114443	1.06	10.84
02	MURETE MUESTRA - 5%PET	24/09/2022	22/10/2022	28	571	600	130	76097	112619	1.05	10.67
03	MURETE MUESTRA - 5%PET	24/09/2022	15/10/2022	21	570	600	130	76107	106144	0.99	10.56

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFAE-2020".  
 Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
 Fecha de ensayo : Sábado, 22 de octubre del 2022  
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm <sup>2</sup> )
01	MURETE MUESTRA - 10%PET	24/09/2022	22/10/2022	28	571	601	130	76174	111589	1.04	10.56
02	MURETE MUESTRA - 10%PET	24/09/2022	22/10/2022	28	570	600	130	76084	113796	1.06	10.78
03	MURETE MUESTRA - 10%PET	24/09/2022	15/10/2022	21	570	600	130	76100	109460	1.02	10.89

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

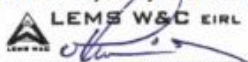
Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERRENAFE-2020".  
 Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
 Fecha de ensayo : Sábado, 22 de octubre del 2022

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm <sup>2</sup> )
01	MURETE MUESTRA - 15%PET	24/09/2022	22/10/2022	28	570	600	130	76125	78774	0.73	7.46
02	MURETE MUESTRA - 15%PET	24/09/2022	22/10/2022	28	570	601	130	76097	69886	0.65	6.62
03	MURETE MUESTRA - 15%PET	24/09/2022	15/10/2022	21	571	600	130	76135	76028	0.71	7.56

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERRENAFE-2020".  
 Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
 Fecha de ensayo : Sábado, 22 de octubre del 2022

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm <sup>2</sup> )
01	MURETE MUESTRA - 5%RCD	24/09/2022	22/10/2022	28	570	600	130	76125	116788	1.08	11.06
02	MURETE MUESTRA - 5%RCD	24/09/2022	22/10/2022	28	570	600	130	76087	116092	1.08	11.00
03	MURETE MUESTRA - 5%RCD	24/09/2022	15/10/2022	21	571	600	130	76133	110853	1.03	11.02

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERRENAFE-2020".  
 Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
 Fecha de ensayo : Sábado, 22 de octubre del 2022

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm <sup>2</sup> )
01	MURETE MUESTRA - 10%RCD	24/09/2022	22/10/2022	28	570	600	130	76139	113404	1.05	10.74
02	MURETE MUESTRA - 10%RCD	24/09/2022	22/10/2022	28	570	600	130	76099	110245	1.02	10.44
03	MURETE MUESTRA - 10%RCD	24/09/2022	15/10/2022	21	570	600	130	76113	105065	0.98	10.45

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERRENAFE-2020".  
 Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5  
 Fecha de ensayo : Sábado, 22 de octubre del 2022

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm <sup>2</sup> )
01	MURETE MUESTRA - 15%RCD	24/09/2022	22/10/2022	28	570	600	130	76118	97197	0.90	9.21
02	MURETE MUESTRA - 15%RCD	24/09/2022	22/10/2022	28	570	600	130	76078	97266	0.90	9.22
03	MURETE MUESTRA - 15%RCD	24/09/2022	15/10/2022	21	570	600	130	76100	92803	0.86	9.23

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 19: Pilas de albañilería



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0605599

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFE-2020".  
Ubicación : Distrito Pimentel, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque  
Fecha de ensayo : Viernes, 21 de octubre del 2022  
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.  
Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de ensayo (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	hp/tp	Carga (N)	$f_m$ (Mpa)	Factor Correc.	$f_{mt}$ (Mpa)	$f_{mt}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Prisma 1 - Patrón	21/10/2022	220	130	300	2.31	309630	10.84	1.025	11.11	118.99
02	Prisma 2 - Patrón	21/10/2022	220	130	300	2.31	318700	11.14	1.025	11.41	116.38
03	Prisma 3 - Patrón	21/10/2022	220	130	300	2.31	316500	11.05	1.025	11.32	115.47

### OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

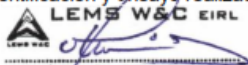
  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFE-2020".  
 Ubicación : Distrito Pimentel, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Viernes, 21 de octubre del 2022  
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de ensayo (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	hp/tp	Carga (N)	$f_m$ (Mpa)	Factor Correc.	$f_{mt}$ (Mpa)	$f_{mt}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Prisma 1 - 5% PET	21/10/2022	220	130	300	2.31	256370	8.99	1.025	9.21	98.64
02	Prisma 2 - 5% PET	21/10/2022	220	130	300	2.31	269440	9.42	1.025	9.65	98.41
03	Prisma 3 - 5% PET	21/10/2022	220	130	300	2.31	271200	9.48	1.025	9.71	99.01

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFAE-2020".  
 Ubicación : Distrito Pimentel, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Viernes, 21 de octubre del 2022  
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de ensayo (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	hp/tp	Carga (N)	f <sub>m</sub> (Mpa)	Factor Correc.	f <sub>mt</sub> (Mpa)	f <sub>mt</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Prisma 1 - 10% PET	21/10/2022	220	130	300	2.31	195790	6.85	1.025	7.02	75.21
02	Prisma 2 - 10% PET	21/10/2022	220	130	300	2.31	201600	7.05	1.025	7.22	73.65
03	Prisma 3 - 10% PET	21/10/2022	220	130	300	2.31	199630	6.97	1.025	7.14	72.83

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEG. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFAE-2020".  
 Ubicación : Distrito Pimentel, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Viernes, 21 de octubre del 2022  
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de ensayo (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	hp/tp	Carga (N)	$f_m$ (Mpa)	Factor Correc.	$f_{mt}$ (Mpa)	$f_{mt}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Prisma 1 - 15% PET	21/10/2022	220	130	300	2.31	184240	6.45	1.025	6.61	70.76
02	Prisma 2 - 15% PET	21/10/2022	220	130	300	2.31	194600	6.80	1.025	6.97	71.08
03	Prisma 3 - 15% PET	21/10/2022	220	130	300	2.31	192700	6.73	1.025	6.90	70.35

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL

Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFE-2020".

Ubicación : Distrito Pimentel, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Fecha de ensayo : Viernes, 21 de octubre del 2022

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.

Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de ensayo (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	hp/tp	Carga (N)	$f_m$ (Mpa)	Factor Correc.	$f_{mt}$ (Mpa)	$f_{mt}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Prisma 1 - 5% RCD	21/10/2022	220	130	300	2.31	287690	10.07	1.025	10.33	110.56
02	Prisma 2 - 5% RCD	21/10/2022	220	130	300	2.31	298100	10.42	1.025	10.67	108.83
03	Prisma 3 - 5% RCD	21/10/2022	220	130	300	2.31	299500	10.45	1.025	10.71	109.24

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFE-2020".  
 Ubicación : Distrito Pimentel, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Viernes, 21 de octubre del 2022  
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de ensayo (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	hp/tp	Carga (N)	$f_m$ (Mpa)	Factor Correc.	$f_{mt}$ (Mpa)	$f_{mt}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Prisma 1 - 10% RCD	21/10/2022	220	130	300	2.31	248540	8.70	1.025	8.91	95.45
02	Prisma 2 - 10% RCD	21/10/2022	220	130	300	2.31	267800	9.36	1.025	9.59	97.79
03	Prisma 3 - 10% RCD	21/10/2022	220	130	300	2.31	270300	9.44	1.025	9.68	98.68

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : MORANTE ACOSTA SANTOS SAMUEL  
 Proyecto / Obra : TESIS "COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PLÁSTICOS Y LADRILLOS DE CONCRETO ADICIONANDO RCD, FERREÑAFE-2020".  
 Ubicación : Distrito Pimentel, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Viernes, 21 de octubre del 2022  
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de ensayo (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	hp/tp	Carga (N)	$f_m$ (Mpa)	Factor Correc.	$f_{mt}$ (Mpa)	$f_{mt}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Prisma 1 - 15% RCD	21/10/2022	220	130	300	2.31	189050	6.62	1.025	6.79	72.65
02	Prisma 2 - 15% RCD	21/10/2022	220	130	300	2.31	192600	6.73	1.025	6.90	70.31
03	Prisma 3 - 15% RCD	21/10/2022	220	130	300	2.31	195100	6.82	1.025	6.98	71.23

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 20: Unidad de Albañilería



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : Morante Acosta Santos Samuel  
Proyecto / Obra : Comparación y determinación de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto adicionando residuos plásticos y ladrillos de concreto adicionando RCD, Ferreñafe-2020  
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de unidad de albañilería.  
Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra N°	Muestra	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	f <sub>b</sub> (Mpa)	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	T1-1	21	220	130	28556	353000	12.36	126.05
02	T1-2	21	220	130	28600	357800	12.51	127.57
03	T1-3	21	220	130	28622	359450	12.56	125.47
04	T1-4	21	220	130	28524	256370	8.99	126.66
05	T1-5	21	220	130	28607	269440	9.42	128.06

### OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904