



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“USO DE CONCRETO RECICLADO DE DEMOLICIONES COMO AGREGADO GRUESO PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO, LIMA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Marco Antonio Muñoz Illesca
Joan Katherine Ñaupá Quispe

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Lima - Perú

2021

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor , docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Muñoz Illesca Marco Antonio
- Ñaupa Quispe Joan Katherine

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “USO DE CONCRETO RECICLADO DE DEMOLICIONES COMO AGREGADO GRUESO PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO, LIMA 2021” para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, AUTORIZA al o a los interesados para su presentación.

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Muñoz Illesca Marco Antonio y Ñaupá Quispe Joan Katherine para aspirar al título profesional con la tesis denominada: "USO DE CONCRETO RECICLADO DE DEMOLICIONES COMO AGREGADO GRUESO PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO, LIMA 2021"

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado
Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado con mucho cariño a nuestros padres y hermanos, quienes nos apoyaron incondicionalmente en todo momento y fueron pieza fundamental en todo nuestro trayecto universitario.

A nuestros maestros por inculcarnos conocimientos y valores.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos el apoyo del Ing. Zenón Eduardo Zaga Terbullino, por la guía y los consejos para la realización del proyecto de Tesis, que nos sirve como base fundamental para la realización de la Tesis.

Agradecemos de antemano al Ing. Eliseo Juan Zarate Pérez, por las recomendaciones valiosas para la elaboración de nuestra tesis.

Además, agradecemos de manera especial al Ing. Alberto Rubén Vásquez Diaz, por la guía, la asesoría y consejos en esta ultima etapa de nuestra etapa universitaria.

Tabla de contenidos

| | |
|--|-----------|
| ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS | 2 |
| ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS..... | 3 |
| DEDICATORIA | 4 |
| AGRADECIMIENTO..... | 5 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 8 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | 9 |
| RESUMEN..... | 10 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 11 |
| CAPÍTULO II. METODOLOGÍA | 20 |
| CAPÍTULO III. RESULTADOS | 39 |
| CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES..... | 48 |
| RECOMENDACIONES | 51 |
| REFERENCIAS | 52 |
| ANEXOS | 54 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 : Muestra de investigación..... | 20 |
| Tabla 2 Características granulométricas del agregado fino..... | 22 |
| Tabla 3 Características granulométricas del agregado de concreto reciclado..... | 23 |
| Tabla 4 Tabla para llenar datos..... | 32 |
| Tabla 5 Volumen unitario de agua | 33 |
| Tabla 6 Contenido de aire atrapado..... | 34 |
| Tabla 7 Relación agua/cemento por resistencia | 35 |
| Tabla 8 Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto..... | 35 |
| Tabla 9 Proporción de materiales en kilogramos con 0% de agregado reciclado | 40 |
| Tabla 10 Proporción de materiales en kilogramos con 25% de agregado reciclado | 40 |
| Tabla 11 Características y datos obtenidos de las probetas con 0% y 25% de agregado de concreto reciclado para realizar el ensayo de resistencia a la compresión a los 3 y 7 días de curado | |
| Tabla 12 Datos de resistencia a la compresión de probetas con 0% y 25% de agregado de concreto reciclado a 3 y 7 días de curado..... | 41 |
| Tabla 13 Resumen de resultados | 41 |
| Tabla 14 Características físicas de ladrillos con concreto reciclado al 0 % | 41 |
| Tabla 15 Características físicas de ladrillos con concreto reciclado al 25 % | 42 |
| Tabla 16 Ensayo de resistencia a la compresión f'_b (kg/cm ²) de muestras con concreto reciclado al 0% | 43 |
| Tabla 17 Ensayo de resistencia a la compresión f'_b (kg/cm ²) de muestras con concreto reciclado al 25% | 44 |
| Tabla 18 Datos dimensionales de las pilas con 25% y 0% de agregado de concreto reciclado | 46 |
| Tabla 19 Resultados de ensayo axial de pilas con concreto reciclado al 0% y 25%..... | 46 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Operacionalización de variables | 21 |
| Figura 2. Curva granulométrica, en donde se muestra que nuestro material cumple con lo establecido por la norma NTP. 400.010 | 22 |
| Figura 3. Curva granulométrica, en donde se muestra que nuestro material cumple con lo establecido por la norma NTP. 400.010 | 24 |
| Figura 4. Formato de ensayo de resistencia a la compresión del concreto..... | 26 |
| Figura 5. Formato de ensayo de resistencia a la compresión de prismas de albañilería. | 27 |
| Figura 6. Diseño de la unidad de albañilería con dimensiones reales | 29 |
| Figura 7. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión | 29 |
| Figura 8. Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos elaborados con 0% de agregado de concreto reciclado, mostrados mediante un gráfico de columnas..... | 43 |
| Figura 9. Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos elaborados con 25% de agregado de concreto reciclado, mostrados mediante un gráfico de columnas..... | 44 |
| Figura 10. Comparación de resistencias a la compresión (promedios), indicado mediante gráficos de columnas. | 45 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1. Área Neta..... | 27 |
| Ecuación 2. Esfuerzo de compresión..... | 27 |
| Ecuación 3. Volumen absoluto..... | 27 |
| Ecuación 4. Peso de arena..... | 35 |
| Ecuación 5. Corrección por humedad de agregados..... | 35 |
| Ecuación 6. Agua efectiva..... | 35 |
| Ecuación 7. Proporciones en volumen..... | 35 |

RESUMEN

Uno de los materiales más usados en la construcción a nivel mundial es el concreto, provocando una gran explotación de los recursos naturales y a su vez es el que más residuos genera, no existen datos globales acerca generación mundial de desechos, Muchos países hacen algunos estimados de la cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD), de los cuales una proporción significativa es atribuible al concreto (junto con el asfalto, la madera, el acero y otros productos en cantidades similares). La presente investigación se desarrolló para determinar el uso del concreto reciclado como agregado grueso para la elaboración de unidades de albañilería de concreto. Las unidades de albañilería que se realizaron con agregado grueso parcial fueron de un 25%, comparadas con otras unidades elaboradas con un 100% de agregado natural, para ello se realizaron diseños de mezcla de ambos porcentajes y se comprobaron con los ensayos de resistencia a la compresión de los especímenes elaborados en laboratorio. Con el análisis de los datos, se confirma que los agregados grueso obtenidos del reciclaje de residuos de demolición y construcción, aunque presentan una variabilidad en sus características físicas respecto a los agregados naturales, pueden ser empleados como materias primas en un nuevo material para la construcción de unidades de albañilería de concreto. Ya que presentan una pequeña disminución de resistencia a la compresión (f'_c) de 15 a 20% por tener una mayor porosidad respecto a los agregados naturales.

Palabras clave: Concreto reciclado, residuos de demolición y construcción, resistencia a la compresión y unidades de albañilería de concreto.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Uno de los materiales más usados en la construcción a nivel mundial es el concreto, provocando una gran explotación de los recursos naturales y a su vez es el que más residuos genera, no existen datos globales acerca generación mundial de desechos, Muchos países hacen algunos estimados de la cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD), de los cuales una proporción significativa es atribuible al concreto (junto con el asfalto, la madera, el acero y otros productos en cantidades similares). Existen enormes diferencias entre regiones debido a las tradiciones en la construcción, y el contenido de concreto en los RCD puede variar entre un 20% y un 80%. (FICEM, 2009). No obstante, muchos países ya han incorporado normativa para la recuperación de los residuos de construcciones y demoliciones (RCD).

Tales son los casos de países como Holanda, en el cual está prohibido el desecho en vertederos, todo el concreto se recicla con excepción de algunos residuos en producción. En Finlandia, una fuerte legislación e implementación significa que todo el material reciclable de una demolición debe ser reciclado. Japón, tiene una casi completa recuperación del concreto de RCD, casi todo se usa como subbase vial. Brasil, tiene algunas instalaciones de reciclaje (sobre todo en Sao Paolo y Belo Horizonte), los agregados reciclados son utilizados en su mayoría en subbases viales y existe legislación que promueve la gestión de RCD y en 38 estados de los Estados Unidos utilizan agregado de concreto reciclado para subbases viales y 11 lo reciclan en concreto nuevo (FICEM, 2009).

La capital produce cada día miles de toneladas de escombros de construcciones o demoliciones, que en un gran porcentaje son derivados al mar y el restante a puntos autorizados, esto debido a que no existe lugares exclusivos para recibir desmontes (escombreras) y tratarlos, solo existen los lugares de acopio para residuos sólidos, pero estos son insuficientes ante la gran producción diaria de desmonte en nuestro país.

Cabe recalcar que en el Perú no existe una normativa que incluya el aprovechamiento de los residuos de construcción y demoliciones así mismo de una buena gestión de estos. El inminente crecimiento poblacional y desarrollo en nuestro país, da paso a construcciones nuevas que en su mayoría son construcciones de viviendas y edificaciones estructuradas con muros de albañilería, ya sean estos confinada o de albañilería reforzada. Sin embargo, según informes del Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, el Perú es el tercer país en Latinoamérica con mayor déficit de viviendas, en el cual indica que existen 1'800,000 viviendas en precarias condiciones (MVCS, 2016).

Antecedente a nivel internacional

En el Anejo 15 del Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana indican que:

Es aconsejable que los áridos reciclados procedentes de hormigones de muy distintas calidades se almacenen separadamente, debido a que la calidad del hormigón de origen influye en la calidad del árido reciclado, obteniéndose áridos con mejores propiedades a partir de hormigones de buena calidad. Una posible distinción puede ser almacenar en acopios separados los escombros procedentes de hormigón estructural o de elevada resistencia y los

procedentes de hormigones no estructurales, permitiendo así una mayor uniformidad en las propiedades de los áridos producidos (p.528).

En su trabajo de investigación, Pacheco *et al.* (2017) Indican que realizaron un estudio a 75 obras localizadas alrededor de la ciudad de Barranquilla con el objetivo principal de determinar el manejo, tratamiento y aprovechamiento de los RCD, para lo cual usaron una herramienta del tipo encuesta. Dando a conocer que menos del 10% de las obras en barranquilla conocían la normativa distrital de RCD. Así mismo, se dio a conocer que el mayor residuo generado es el concreto, ocupando un 12.92%.

Ospina, Moreno y Andrea (2017) indican que:

Al realizar el análisis presupuestal de cada una de las mezclas se encuentra que el concreto convencional es un producto más llamativo para cualquier proyecto ya que a pesar de que vincula la explotación de recursos no renovables, su fabricación presenta un precio inferior al de los concretos elaborados con agregado de concreto reciclado. Esto se debe a que los concretos con agregado reciclado requieren un mayor contenido de cemento para lograr la misma resistencia del concreto elaborado con 100 % de agregado natural y el hecho de tener que pre saturar los agregados también aumenta el consumo de agua y aunque existe un leve ahorro con la implementación del agregado reciclado, este no compensa el mayor costo que se genera por el incremento de la cantidad de cemento (p.16).

En su estudio de caso Palacio *et al.* (2017) determina que, los agregados reciclados no cumplen con las especificaciones dadas por la NTC 174 para los agregados naturales; sin embargo, su uso como materia prima para la elaboración de estructuras en obras, siendo proporcionadas adecuadamente es viable. La resistencia que estiman obtener es no menor al 95%, por lo que evalúan hacer ensayos a futuro a estructuras elaboradas con concreto reciclado como materia prima, con el fin de validar si la resistencia se vincula con los límites establecidos por la norma.

Burgos, Guzmán y Torres (2019) encontraron que:

La incorporación de ARF hasta un 40% en los concretos, no causa un detrimento marcado en la consistencia del concreto en estado fresco. En términos generales, a pesar de que las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad de los concretos en estado endurecido disminuyen con el incremento en la incorporación de ARF en reemplazo del agregado fino natural; los valores de las propiedades alcanzadas por los concretos ARF20% y ARF40%, fueron comprobables a aquellas alcanzadas por el concreto de referencia ARF0%, y aptas para la construcción de concretos de mediana resistencia (p.167).

En el análisis de las propiedades químicas del ladrillo reciclado, así como las propiedades mecánicas del concreto endurecido, se determinó que es viable utilizar triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso para elaborar concreto, sin superar el 30% del agregado natural grueso (Pérez ,2012)

Antecedente a nivel nacional

Vargas (2018). En su tesis de investigación: “Concreto reciclado en el aporte estructural para la fabricación de ladrillos King Kong tipo 14, Tarapoto 2018”, tiene como objetivo principal determinar el aporte estructural que aportan los agregados derivados de concreto reciclado en la fabricación de ladrillos King Kong 14, el cual concluye que los resultados obtenidos no son los esperados teniendo un 45.62% (65.14 kg/cm²) de f'_b respecto al valor necesario para ser considerado estructural (142.8 kg/cm²).

Conocc (2018), en su tesis de investigación “Viabilidad del uso de agregado reciclado para la elaboración de concreto de f'_c 210 kg/cm² proveniente de la trituración de probetas del laboratorio de ensayos de materiales de una obra en el distrito de la molina”, determino que el agregado reciclado presenta un porcentaje mayor del 23 % en módulo de fineza, 71 % en absorción y un 5 % menos en peso unitario con respecto al agregado convencional. En segundo lugar, con los resultados obtenidos del agregado se calculó la dosificación de los materiales para lograr un concreto con una resistencia de 210 kg/cm². Es por ello, que debido a sus características la proporción de los agregados y el agua para la elaboración del concreto reciclado es distinta a la preparación de un concreto común. Del mismo modo, se determinó que en el transcurrir de los días existía una desigualdad en la resistencia a la compresión a favor del concreto habitual pero que disminuye en el tiempo. En tercer lugar, se hizo un análisis comparativo de los costos, donde el agregado y concreto reciclado versus el convencional resultó ser de menor costo en un 21 % y 5 %, respectivamente.

Cruzado(2018),en su trabajo de tesis, “Elaboración de ladrillos de 18 huecos tipo IV con residuos de demolición y cemento” ,tuvieron como objetivo analizar las

propiedades físicas – mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos tipo IV fabricado con residuos de demolición y cemento IV, para ello realizo un diseño de mezcla empírica, realizo 3 diseños siendo el ultimo el cual tenía la relación mayor de Agregado fino- cemento el que tuvo el mayor promedio de resistencia a la compresión (99.8 Kg/cm²), de igual forma entre el grupo de unidades ensayadas, se obtuvo una resistencia de 140.5 kg/cm², con lo cual cumple con el requisito mínimo de resistencia para ladrillos tipo IV, por lo que se concluye que haciendo un replanteo de diseño y elaboración de ladrillo se puede obtener una mejor uniformidad de ladrillos que cumplan con la mínima resistencia que indica la norma NTP E.070.

En la presente investigación, se considera importante mencionar las siguientes definiciones:

Concreto de demolición: Es el término genérico aplicado a los fragmentos de concreto obtenidos por demolición de estructuras, simple o armado. (INDECOPI, 2014)

Granulado de Concreto: Es el material secundario de construcción proveniente del tratamiento del concreto y mortero de demolición hasta llevarlo a partículas de tamaño similar al de los agregados. (INDECOPI, 2014)

Concreto Reciclado: El concreto reciclado es aquel concreto cuyos agregados provengan parcial o completamente de granulados de concreto, gravas y arenas de reciclaje. (INDECOPI, 2014)

Agregado fino: Es el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8”) y queda retenido en el tamiz normalizado 74 μ m (N° 200); deberá cumplir con los límites establecidos en dicha norma.

Agregado grueso: Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la norma. (INDECOPI, 2014)

Agregado reciclado: Agregado procedente de tratamiento de materiales (escombros) de desecho obtenidos de demolición de construcciones. (INDECOPI, 2014)

Definición de ladrillos de concreto: Unidad de albañilería de dimensiones modulares fabricado con cemento Portland, agua y agregados, que puede ser manipulada con una sola mano durante la operación de asentado. De acuerdo con la NTP 399.601 las dimensiones máximas de los ladrillos de concreto serán:

- Largo: 290 mm
- Ancho: 190 mm
- Alto: 190 mm

Los ladrillos de concreto se clasifican según la NTP 399.601:2006 de acuerdo con dos parámetros que son el área de sus orificios y la resistencia a la compresión.

De acuerdo con el área de orificios.

- **Ladrillo macizo:** Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

- **Ladrillo hueco:** Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

De acuerdo con su resistencia Los ladrillos se clasifican por resistencia, indicando en su clasificación un número que representa la resistencia a la compresión en Mega Pascal (MPa). Se tienen cuatro tipos, tal como sigue:

- Tipo 24: Para su uso como unidades de enchape arquitectónico y muros exteriores sin revestimiento y para su uso donde se requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.
- Tipo 17: Para su uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad.
- Tipo 14: Para su uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.
- Tipo 10: Para su uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

1.2. Formulación del problema

¿Se puede usar el concreto reciclado de demoliciones como agregado grueso para la fabricación de unidades de albañilería de concreto, Lima 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el uso del concreto reciclado de demoliciones como agregado grueso para la fabricación de unidades de albañilería de concreto, Lima 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de concreto con la sustitución de CRD en un 0% y 25% del agregado grueso del diseño de mezcla patrón.

Realizar los ensayos de resistencia a compresión axial de las pilas hechos con unidades de albañilería con concreto reciclado y de unidades de albañilería con agregados naturales.

Analizar el cumplimiento de la resistencia a la compresión obtenida en las unidades de albañilería de concreto con la sustitución del 25% de CRD bajo los criterios del RNE NTE070.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Es posible usar el concreto reciclado de demoliciones como agregado grueso para la fabricación de unidades de albañilería de concreto.

1.4.2. Hipótesis específicas

-La resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de concreto con la sustitución de CRD en un 0% del agregado grueso son mayores a la resistencia de unidades con un 25% del agregado grueso del diseño de mezcla patrón.

-Las resistencias a compresión axial de las pilas hechas con unidades de albañilería con concreto reciclado son superiores a las unidades de albañilería con agregados naturales.

-Las unidades de albañilería de concreto con la sustitución del 25% de CRD cumplen con los parámetros de resistencia establecidos en los criterios del RNE NTE070.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Según el propósito de la investigación: La presente investigación es aplicada

2.1.2. Según el diseño y manipulación de la investigación: El diseño y manipulación es experimental.

2.1.3. Según la naturaleza de datos de la investigación: La presente investigación es cuantitativa.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población de la presente investigación será todos los ladrillos de concreto producidos en Lima.

2.2.2. Muestra

En la presente investigación se determinó la muestra de manera no probabilística, por juicio de experto, en base a los conocimientos del Ingeniero Alberto Rubén Vásquez Díaz y está conformada por 20 ladrillos de concreto distribuidos según la siguiente tabla.

Tabla 1 : Muestra de investigación

| | Unidades con 0% de agregado de concreto reciclado | Unidades con 25% de agregado de concreto reciclado |
|------------------------------|--|---|
| Ladrillos de concreto | 10 unidades | 10 unidades |

Fuente: Elaboración propia (2021).

2.3. Operacionalización de variables

| PROBLEMA | PLANT. PROBLEMA | HIPOTESIS | OBJETIVO | VARIABLES | DIMENSIÓN | INDICADOR | INSTRUMENTO |
|--|--|--|--|--------------------------------|--------------------------------|---|--|
| USO DE CONCRETO RECICLADO DE DEMOLICIONES COMO AGREGADO GRUESO PARA LA ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO, LIMA 2021 | ¿Se puede usar el concreto reciclado de demoliciones como agregado grueso para la fabricación de unidades de albañilería de concreto, Lima 2021? | H1 Es posible usar el concreto reciclado de demoliciones como agregado grueso para la fabricación de unidades de albañilería de concreto. | Determinar el uso del concreto reciclado de demoliciones como agregado grueso para la fabricación de unidades de albañilería de concreto, Lima 2021. | concreto reciclado | ladrillos pilas probetas | Diseño de mezcla Resistencia a la compresión (kg/cm ²) Granulometría | Máquina de ensayo de resistencia a la compresión Agitador Mecánico de Tamices Mezcladora de concreto tipo tambor |
| | | H2 La resistencia a la compresión y resistencia de compresión axial de las unidades de albañilería de concreto con la sustitución de CRD en un 0% del agregado grueso son mayores a la resistencia de unidades con un 25% del agregado grueso del diseño de mezcla patrón. | Determinar la resistencia a la compresión y resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería de concreto y pilas de unidades de albañilería, con la sustitución de CRD en un 0% y 25% del agregado grueso del diseño de mezcla patrón. | Unidades de albañilería | 0% 25% | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) Resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (fb) | Máquina de ensayo de resistencia a la compresión |

Figura 1. Operacionalización de variables

2.4. Materiales

2.4.1. Concreto reciclado de demolición

Se utilizó el concreto provenientes de demoliciones de viviendas unifamiliares, como agregado en una proporción parcial para nuestra mezcla, “esto reduce la explotación de recursos naturales y los costos ligados a la movilización; a su vez reduce el desecho de concreto en vertederos” (ficem.org, 2009). El residuo principal que se utilizó fue de elementos verticales de concreto armado, tales como columnas y placas.

2.4.2. Agregado fino natural

El agregado fino natural que se utilizó en los ensayos fue adquirido de una ferretería cercana a la Universidad Privada del Norte-Sede Lima Centro.

El ensayo de granulometría presenta las siguientes propiedades granulométricas:

Tabla 2
Características granulométricas del agregado fino

| Tamices ASTM | Abertura (mm) | Peso Retenido (gr.) | % Retenido | % Retenido acumulado | % que pasa | Límites | | Descripción |
|--------------|---------------|---------------------|------------|----------------------|------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| | | | | | | Límite superior | Límite inferior | |
| 3/8" | 9.520 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 | 1. Peso de Material |
| N° 4 | 4.750 | 18.56 | 3.37 | 3.37 | 96.63 | 100 | 95 | Peso inicial 550 |
| N° 8 | 2.360 | 65.36 | 11.88 | 15.26 | 84.74 | 100 | 80 | 2. Característica |
| N° 16 | 1.190 | 76.32 | 13.88 | 29.13 | 70.87 | 85 | 50 | |
| N° 30 | 0.600 | 113.14 | 20.57 | 49.71 | 50.29 | 60 | 25 | Tamaño máximo 3/8" |
| N° 50 | 0.300 | 118.64 | 21.57 | 71.28 | 28.72 | 30 | 10 | Tamaño máximo N° 4 nominal |
| N° 100 | 0.150 | 115.86 | 21.07 | 92.34 | 7.66 | 10 | 2 | |
| N° 200 | 0.074 | 36.75 | 6.68 | 99.02 | 0.98 | 5 | 0 | |
| Fondo | | 5.36 | 0.97 | 100 | | | | |
| | | 549.99 | 100 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia (2019).

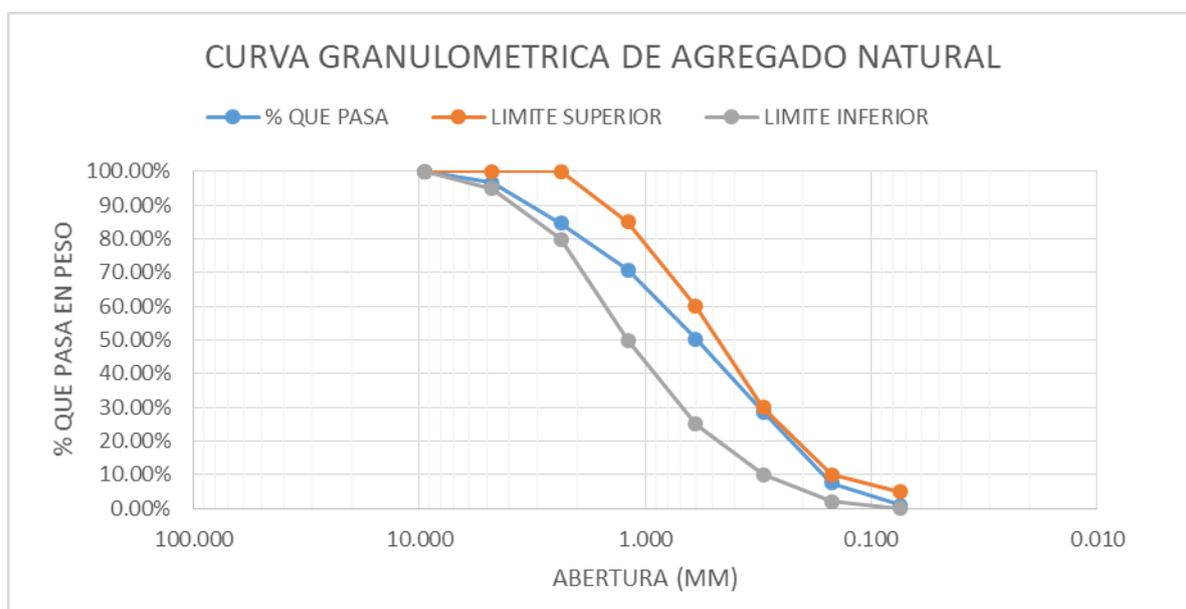


Figura 2. Curva granulométrica, en donde se muestra que nuestro material cumple con lo establecido por la norma NTP. 400.010

2.4.3. Agregado grueso reciclado

Sera proveniente de la trituración del concreto reciclado para ser utilizado en la mezcla para la elaboración de la unidad de albañilería y el tamaño máximo adecuado para una adecuada manipulación y uso en el molde del ladrillo será de 3/8”.

A continuación, se presenta los resultados del ensayo de granulometría para agregado obtenido del concreto de demolición, en este caso se utilizó la misma norma que se usó para el agregado fino según la norma NTP. 400.010

*Tabla 3
Características granulométricas del agregado de concreto reciclado.*

| Tamices ASTM | Abertura (mm) | Peso Retenido (gr.) | % Retenido | % Retenido acumulado | % que pasa | Límites | | Descripción |
|-----------------|------------------|---------------------------|---------------|----------------------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| | | | | | | Límite superior | Límite inferior | |
| | | | | | | | | 1.Peso de Material |
| ¾” | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 | |
| ½” | 12.500 | 110.50 | 11 | 11 | 89 | 100 | 100 | Peso inicial 1000 |
| 3/8” | 9.520 | 168.50 | 17 | 28 | 72 | 100 | 100 | 2.Característica |
| N° 4 | 4.750 | 95.65 | 10 | 37 | 63 | 100 | 95 | |
| N° 8 | 2.360 | 124.60 | 12 | 50 | 50 | 100 | 80 | |
| N° 16 | 1.190 | 171.30 | 17 | 67 | 33 | 85 | 50 | |
| N° 30 | 0.600 | 114.70 | 11 | 79 | 21 | 60 | 25 | Tamaño máximo 3/4” |
| N° 50 | 0.300 | 79.80 | 8 | 87 | 13 | 30 | 10 | |
| N° 100 | 0.150 | 69.15 | 7 | 93 | 7 | 10 | 0 | |
| Fondo | | 65.70 | 10 | 100 | 0 | | | Tamaño máximo nominal ½” |
| | | 999.9 | 100 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia (2021).

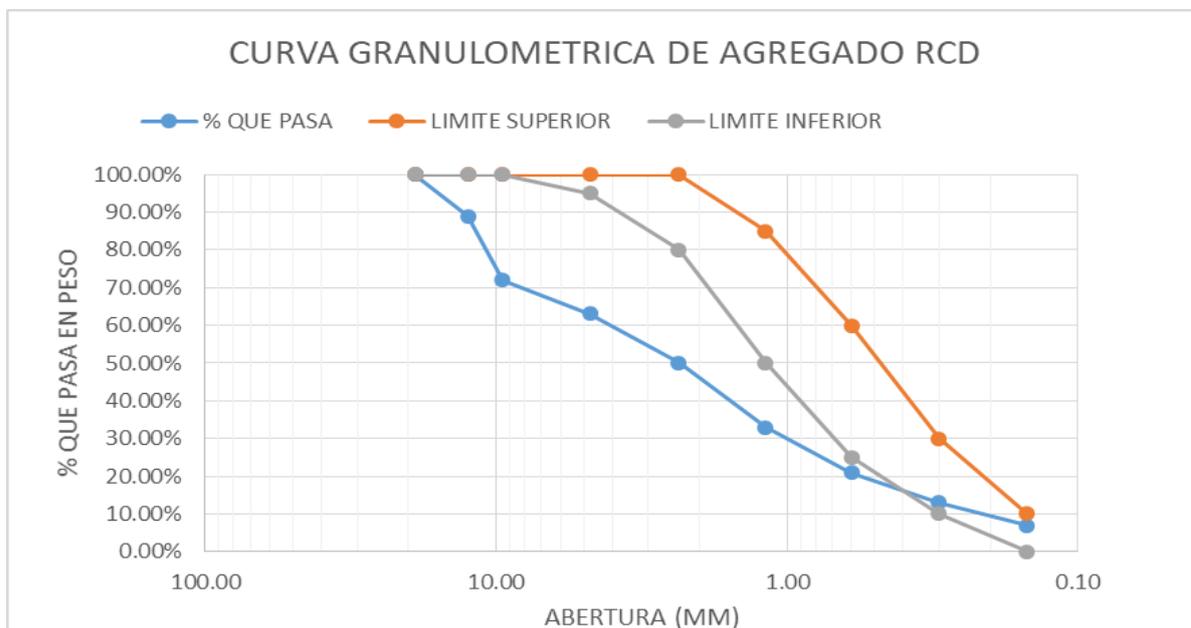


Figura 3. Curva granulométrica, en donde se muestra que nuestro material cumple con lo establecido por la norma NTP. 400.010

2.4.4. Cemento

El cemento a usar será el cemento portland tipo cumple con los requisitos de las normas ASTM C150 y NTP 334.009.

El cemento se almacenará en lugar seco, protegido de la intemperie y de fácil acceso para la inspección.

El cemento deberá almacenarse de forma tal que permita un fácil acceso para una apropiada inspección e identificación de cada cargamento, y en edificaciones, contenedores o empaques adecuados que protegerán al cemento de las condiciones climáticas como la humedad para minimizar el deterioro por almacenamiento. (INDECOPI,2005)

2.4.5. Agua

El agua a utilizar en nuestra mezcla debe ser potable y debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma NTP 339.088.

2.4.6. Planchas de fenólico

Se utilizaron planchas de fenólico de 18mm para fabricar los moldes de los ladrillos con las medidas establecidas, dichas planchas están fabricadas con derivados de madera.

2.5. Instrumentos

Los instrumentos necesarios para la realización de este trabajo son los formatos para la realización de los ensayos a los agregados y probetas en laboratorio de la universidad y que son necesarios para ejecutar los métodos utilizados y serán descritos líneas abajo.

Formato de resistencia a la compresión axial del concreto

|  | CERTIFICADO DE ENSAYO | | | | | | | | | | LTC-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------|-------------|--|------------------------|-------------------------|--|---------------|------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------|-------------------|-----------------|-------------|--|------------------------|-------------------------|--|--------------|--|----------------------|--|----------------------|-------------|------|------|-------|-----------------------|-----------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO | | | | | | | | | | Versión: 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | Fecha: _____ Página 1 de 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOLICITANTE: JOAN NAUPA Y MARCO MUÑOZ | | | | | | UBICACIÓN: | | | N° CORRELATIVO: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | | | | | | | | | FECHA DE ENSAYO: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>TIPO DE ELEMENTO :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">IDENTIFICACIÓN</th> <th rowspan="2">FECHA DE MUESTREO</th> <th rowspan="2">FECHA DE ENSAYO</th> <th rowspan="2">EDAD (días)</th> <th rowspan="2">F^c TEORICA A 28 DIAS (kg/cm²)</th> <th rowspan="2">DIAMETRO PROMEDIO (mm)</th> <th rowspan="2">AREA (mm²)</th> <th rowspan="2">f^m corregido (kg/cm²)</th> <th colspan="2">CARGA MAXIMA</th> <th colspan="2">RESISTENCIA OBTENIDA</th> <th>RESISTENCIA PROMEDIO</th> <th>RESISTENCIA</th> </tr> <tr> <th>(KN)</th> <th>(KG)</th> <th>(Mpa)</th> <th>(kg/cm²)</th> <th>(kg/cm²)</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 20px;">DONDE :</p> <p>f^c = resistencia a compresión axial del concreto o del "grout" a los 28 días de edad.</p> | | | | | | | | | | | | | IDENTIFICACIÓN | FECHA DE MUESTREO | FECHA DE ENSAYO | EDAD (días) | F ^c TEORICA A 28 DIAS (kg/cm ²) | DIAMETRO PROMEDIO (mm) | AREA (mm ²) | f ^m corregido (kg/cm ²) | CARGA MAXIMA | | RESISTENCIA OBTENIDA | | RESISTENCIA PROMEDIO | RESISTENCIA | (KN) | (KG) | (Mpa) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | | | | | | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN | FECHA DE MUESTREO | FECHA DE ENSAYO | EDAD (días) | F ^c TEORICA A 28 DIAS (kg/cm ²) | DIAMETRO PROMEDIO (mm) | AREA (mm ²) | f ^m corregido (kg/cm ²) | CARGA MAXIMA | | RESISTENCIA OBTENIDA | | RESISTENCIA PROMEDIO | | | | | | | | | RESISTENCIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | (KN) | (KG) | (Mpa) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ELABORADO POR : | | | | REVISADO POR: | | | | APROBADO POR: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Firma: | | | | Firma: | | | | Firma: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre: | | | | Nombre: | | | | Nombre: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: | | | | Fecha: | | | | Fecha: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 4. Formato de ensayo de resistencia a la compresión del concreto.

Formato de resistencia a la compresión de prismas de albañilería

|  UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | CERTIFICADO DE ENSAYO | | | | | LTC-02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------|---------------|-----------------------|-------|------------------|---|--|--------|--------|--------------|-----------------------|-------|-----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|------|------|------|------|------|------|
| | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA | | | | | Versión: 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Fecha: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOLICITANTE.: JOAN ÑAUPA Y MARCO MUÑOZ | | | | UBICACIÓN: | | N° CORRELATIVO: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | | | | | | FECHA DE ENSAYO: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE ELEMENTO : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 12.5%;">IDENTIFICACIÓN</th> <th style="width: 8%;">h (cm)</th> <th style="width: 8%;">b (cm)</th> <th style="width: 12%;">RELACIÓN h/b</th> <th style="width: 12%;">Ab (cm²)</th> <th style="width: 8%;">P(kg)</th> <th style="width: 8%;">f^{"m}</th> <th style="width: 12%;">f^{"m} corregido (kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | IDENTIFICACIÓN | h (cm) | b (cm) | RELACIÓN h/b | Ab (cm ²) | P(kg) | f ^{"m} | f ^{"m} corregido (kg/cm ²) | | | | | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN | h (cm) | b (cm) | RELACIÓN h/b | Ab (cm ²) | P(kg) | f ^{"m} | f ^{"m} corregido (kg/cm ²) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DONDE : f ^{"m} = Resistencia a la compresión de cada prisma (kg/cm ²) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="7">TABLA 10 FACTORES DE CORRECCIÓN DE f_m POR ESBELTEZ</th> </tr> <tr> <th style="width: 12.5%;">Esbeltez</th> <th style="width: 8%;">2,0</th> <th style="width: 8%;">2,5</th> <th style="width: 8%;">3,0</th> <th style="width: 8%;">4,0</th> <th style="width: 8%;">4,5</th> <th style="width: 8%;">5,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Factor</td> <td>0,73</td> <td>0,80</td> <td>0,91</td> <td>0,95</td> <td>0,98</td> <td>1,00</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | TABLA 10 FACTORES DE CORRECCIÓN DE f_m POR ESBELTEZ | | | | | | | Esbeltez | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | Factor | 0,73 | 0,80 | 0,91 | 0,95 | 0,98 | 1,00 |
| TABLA 10 FACTORES DE CORRECCIÓN DE f_m POR ESBELTEZ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Esbeltez | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Factor | 0,73 | 0,80 | 0,91 | 0,95 | 0,98 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FUENTE : NORMA E0.70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES <hr/> <hr/> <hr/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ELABORADO POR : | | | REVISADO POR: | | | APROBADO POR: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Firma: | | | Firma: | | | Firma: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre: | | | Nombre: | | | Nombre: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: | | | Fecha: | | | Fecha: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 5. Formato de ensayo de resistencia a la compresión de prismas de albañilería.

2.6. Métodos

En el presente trabajo de investigación, para determinar las características de las unidades de albañilería elaboradas con agregado grueso de concreto reciclado y unidades de albañilería de concreto con agregados naturales, para ello se hará uso de los siguientes ensayos haciendo uso de las normas establecidas por la NTP E.070.

a) Resistencia a la compresión

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes de acuerdo a lo indicado en la Norma (NTP 399.613 y 399.604)

- Cálculo de la resistencia.

Para ello se realizan cálculos con las siguientes formulas:

$$AREA\ NETA = LxW \qquad Ec\ 1$$

Donde:

L= longitud promedio de la unidad

W=ancho promedio de la unidad

$$ESFUERZO\ DE\ COMPRESIÓN = \frac{Pmax}{An} \qquad Ec\ 2$$

Donde:

Pmax= carga de compresión máxima

An= área neta

b) Variación dimensional

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se debe seguir el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.613 y 399.604.

c) Alabeo

Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería se debe seguir el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.613.

d) Absorción

Los ensayos de absorción deben seguir lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

e) Resistencia a la compresión Axial

La resistencia a la compresión axial (f'_m), la cual se calcula ensayando pilas de unidades de albañilería, el cual se basa en lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621

f) Diseño de la unidad de albañilería

Las dimensiones planteadas para las unidades de albañilería de concreto serán similares al de un ladrillo convencional el cual tiene las siguientes dimensiones:

- Largo= 23 cm
- Ancho=13 cm
- Alto =9 cm

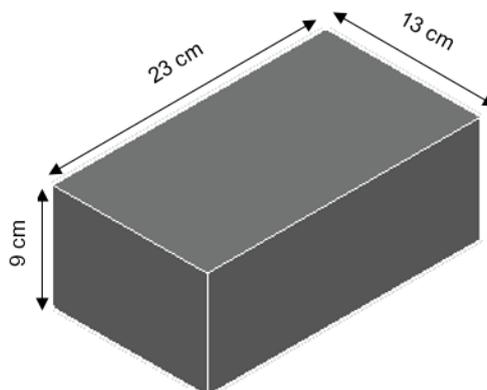


Figura 6. Diseño de la unidad de albañilería con dimensiones reales

2.7. Procedimiento

Se detallará paso a paso los métodos y ensayos a utilizar para la realización de las unidades de albañilería.

a) Procedimiento de granulometría

1. Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
2. Se seleccionarán tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado. El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener otra información, tal como módulo de fineza o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por un período suficiente, establecido por tanda o verificado por la medida de la muestra ensayada, para obtener los criterios de suficiencia.
3. Limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado. Para tamices con aberturas menores que 4,75 mm (N° 4), la cantidad retenida sobre alguna malla al completar el tamizado no excederá a 7 kg/m² de área superficial de tamizado. Para tamices con aberturas de 4,75 mm (N° 4) y mayores, la cantidad retenida en kg no deberá sobrepasar el producto de 2,5 x (abertura del tamiz en mm x (área efectiva de tamizado, m²)). Esta cantidad se muestra en la Tabla 1 para 5 dimensiones de

tamices de uso común. En ningún caso la cantidad retenida será mayor como para causar deformación permanente al tamiz.

4. Continuar el tamizado por un período suficiente, de tal manera que al final no más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual como sigue: Sostener firmemente el tamiz individual con su tapa y fondo bien ajustado en posición ligeramente inclinada en una mano. Golpear el filo contra el talón de la otra mano con un movimiento hacia arriba y a una velocidad de cerca de 150 veces por min, girando el tamiz un sexto de una revolución por cada 25 golpes. En la determinación de la eficacia del tamizado para medidas mayores de 4,75 mm (N° 4), limitar a una capa simple de partículas sobre el tamiz. Si la medida del tamiz hace impracticable el movimiento de tamizado descrito, utilizar el tamiz de 203 mm de diámetro (8 pulgadas) para verificar la eficiencia del tamizado.
5. En el caso del agregado global, la porción de la muestra más fina que el tamiz de 4,75 mm (N° 4) puede ser distribuida entre dos o más juegos de tamices para prevenir la sobrecarga de los tamices individuales; con el fin de facilitar la acción del tamizado.
6. A no ser que se utilice un sacudidor mecánico, tamizar manualmente las partículas mayores que 75 mm (3 pulgadas) para la determinación de las aberturas menores de tamiz a través de las que cada partícula debe pasar. Empezar con el menor tamiz utilizado. Alternar las partículas, si es necesario, para determinar si pasarán a través de una abertura particular; de cualquier modo, no fuerce las partículas a pasar a través del tamiz.

7. Determinar la masa de cada incremento de medida sobre una balanza conforme a los requerimientos especificados en el apartado 5.1 aproximando al 0,1 % más cercano de la masa total original de la muestra seca. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0,3 %, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.
8. Si la muestra fue previamente ensayada por el método descrito en la NTP 400.018, adicionar la masa del material más fino que la malla de 75 μm (N°200) determinada por el método de tamizado seco.

b) Diseño de Mezcla método ACI 211

1. Ingresar datos de entrada

Se ingresan los datos de las propiedades físicas de los agregados como el peso unitario suelto y compacto, el peso específico, contenido de humedad absorción, el módulo de finura y el tamaño máximo nominal; también de la resistencia que se quiere obtener y el asentamiento (slump).

*Tabla 4
Tabla para llenar datos*

| Propiedad de los materiales | Agregado | Unidades |
|---|-----------------|--------------------|
| Peso específico (P.e) | -- | gr/cm ³ |
| Peso unitario suelto (P.U.S) | -- | Kg/m ³ |
| Peso unitario compactado (P.U.C) | -- | Kg/m ³ |
| Contenido de humedad (%W) | -- | % |
| Porcentaje absorción (% Abs) | -- | % |
| Tamaño Max. Nominal (T.M.N) | -- | N° de Tamiz |
| Módulo de fineza | -- | Adimensional |

Fuente: Elaboración Propia (2021)

2. Cálculo del agua

Para el cálculo del agua se toman los valores del slump y de la dimensión máxima nominal del agregado y se ingresa en la Tabla.

Tabla 5
Volumen unitario de agua

| Agua en l/m ³ , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada. | | | | | | | | |
|--|------|------|------|-----|--------|-----|-----|-------|
| Asentamiento | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| Concreto sin aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | ----- |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | ----- |

Fuente: Adaptado de Norma A.C.I. 211

3. Cálculo del volumen de aire

Se hace uso de la dimensión máxima nominal y se ingresa a la tabla.

Tabla 6
Contenido de aire atrapado

| Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso. | Aire atrapado |
|--|---------------|
| 3/8" | 3.0 % |
| 1/2" | 2.5 % |
| 3/4" | 2.0 % |
| 1" | 1.5 % |
| 1 1/2" | 1.0 % |
| 2" | 0.5 % |
| 3" | 0.3 % |
| 4" | 0.2 % |

Fuente: Adaptado de la Norma A.C.I. 211

4. Cálculo de la resistencia requerida

Será la resistencia con la cual se realizará el diseño de mezcla y está en función del ($f'c$).

Tabla 7 *Resistencia a compresión requerida*

| Resistencia a compresión $f'c$ | Resistencia a compresión Requerida $f'cr$ |
|---|---|
| $f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$ | $f'cr = f'c + 70 \text{ kg/cm}^2$ |
| $210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$ | $f'cr = f'c + 85 \text{ kg/cm}^2$ |
| $f'c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$ | $f'cr = 1.10f'c + 50 \text{ kg/cm}^2$ |

Fuente: Adaptado de A.C.I. 318

5. Cálculo del cemento

Está en función de la resistencia requerida, para valores intermedios se debe interpolar,

y ver el siguiente cuadro:

*Tabla 8
Relación agua/cemento por resistencia*

| F'c (kg/cm ²) | Relación agua/cemento en peso | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Concreto sin aire incorporado | Concreto con aire incorporado |
| 150 | 0.80 | 0.71 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 400 | 0.43 | |
| 450 | 0.38 | |

Fuente: Adaptado de la Norma A.C.I. 211.

6. Cálculo del peso de la piedra

Se encuentra en función del módulo de finura y del diámetro máximo nominal.

*Tabla 9
Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto*

| Tamaño máximo nominal del agregado grueso | Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de fineza del fino. (b/b _o) | | | |
|---|---|------|------|------|
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8" | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

Fuente: Adaptado de la Norma A.C.I. 211.

7. Cálculo del volumen y peso de la arena

Volumen absoluto

$$1m^3 = V_{agua} + V_{piedra} + V_{arena} + V_{aire} \quad Ec 3$$

Peso arena

$$P_{arena} = V_{arena} * PE_{arena} * 1000 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \quad Ec 4$$

8. Corrección por humedad de los agregados

$$Humedad_{agregados} = P_{seco} * (\%Humedad - \%Absorción) \quad Ec 5$$

9. Agua efectiva

$$Agua_{efec} = Agua_{diseño} - Humedad_{agregados} \quad Ec 6$$

10. Cálculo de las proporciones en volumen

$$V_{piedra} = Peso Piedra_{corregida} * 35.31 / PUS_{piedra} \quad Ec 7$$

11. Cálculo para una tanda de prueba

Se realiza el llenado de la siguiente tabla con los datos obtenidos de los cálculos hechos anteriormente.

Tabla 10 Formato de tabla de proporciones en volumen para Diseño Seco y Análisis de obra

| Materiales | Diseño Seco (Teórico) | | | Análisis para obra | | | | | Mezcla de Prueba (W.U.OXF) (kg) |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------|---------|---------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| | W.S (kg) | P.e (kg/m ³) | Vol.1 (m ³) | W.U.S | W.O(kg) | W.U.O (kg) | Volumen | | |
| Cemento | | | | | | | W.U.Ox42.5 (kg) | Vol. (pie) ^{^3} | |
| agua | | | | | | | | | |
| Agregado fino | | | | | | | | | |
| Agregado grueso | | | | | | | | | |
| aire | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia (2021)

c) Proceso de fabricación del ladrillo

- Elaboración de la unidad

En primer lugar, se realizó la mezcla en seco del agregado reciclado y el cemento en la mezcladora tipo trompo del laboratorio de la universidad, luego se agregó gradualmente el agua.

Previamente a ello se mandó a fabricar un molde con las medidas establecidas líneas arriba, se procede a cubrir la parte interna del molde con kerosene, para que el proceso de desmoldaje se facilite.

Luego, se vierte la mezcla en el molde en tres capas y en cada etapa se realiza un vibrado manual con una varilla de acero, posteriormente se enrasa haciendo uso de una regla metálica y se deja reposar en una superficie plana durante 24 horas.

- **Curado**

Pasada las 24 horas se desmolda cuidadosamente y se lleva la unidad al pozo de curado durante el tiempo necesario para realizar el ensayo de resistencia a la compresión que serán en 3,7,14 y 21 días.

d) Resistencia a la compresión

Según lo mencionado en el capítulo de metodología se realizó el ensayo según lo indicado en las Normas Técnicas Peruanas 399.613 y 399.604

Aspectos éticos

Se respetó la información de confidencialidad, debido a que, en el transcurso de la obtención de datos e información, se utilizó la norma ISO 690-2, para avalar los derechos de autor de las referencias bibliográficas.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En este capítulo presentaremos los resultados obtenidos de los ensayos realizados para lograr alcanzar nuestros objetivos planteados en nuestra investigación de “Uso de concreto reciclado de demoliciones como agregado grueso para la elaboración de unidades de albañilería de concreto, Lima 2021”, para lo cual ya se mencionó los materiales, procedimientos utilizados líneas arriba. En primer lugar, se presentará resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los que fueron sometidas las probetas con concreto reciclado.

Se mostrarán también, resultados de ensayos de compresión realizados a las unidades de albañilería de concreto f^b y por último se presentarán los datos obtenidos del ensayo de compresión axial a las pilas de unidades de concreto f^m , tanto en unidades de albañilería y pilas realizadas con concreto con agregados naturales al 100% y otras con concreto con agregados reciclados al 25%. Dichos ensayos fueron realizados siguiendo la norma E070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Realizando los procedimientos mencionados en el Capítulo 2 de esta investigación obtenemos los siguientes resultados de nuestro diseño de mezcla para un concreto de $f'c=140$ kg/cm² con agregado reciclado en un 0% y con agregado reciclado al 25%. La mezcla de prueba son las cantidades que serán necesarias para realizar el diseño de mezcla.

Tabla 11 Proporción de materiales en kilogramos con 0% de agregado reciclado

| Materiales | Dosificación (Kg) |
|-------------------|--------------------------|
| Cemento | 10.92 |
| Agua | 6.74 |
| Agregado natural | 57.14 |
| Aire | --- |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12 Proporción de materiales en kilogramos con 25% de agregado reciclado

| Materiales | Dosificación (Kg) |
|--------------------------------|--------------------------|
| Cemento | 10.92 |
| Agua | 6.74 |
| Agregado natural | 42.85 |
| Agregado de concreto reciclado | 14.29 |
| Aire | --- |

3.1 Resistencia a la compresión de unidades de albañilería (f'_b) con sustitución de 0% y 25% de CRD de la mezcla patrón.

Para realizar el ensayo de resistencia a la compresión axial de los ladrillos se realizaron la selección de 4 Muestras con agregado reciclado al 25% en la mezcla y 4 muestras con 0 % de agregado reciclado. Los resultados fueron analizados a los 28 días.

La siguiente tabla muestra las características físicas de las muestras realizadas tanto con agregado reciclado en su composición al 25% como al diseño con agregado natural. Como se puede observar las características tiene una variación mínima por lo que indica una correcta realización de muestras.

Tabla 13 Características físicas de ladrillos con concreto reciclado al 0 %

| Muestras de Ladrillos con concreto reciclado al 0 % | | | | | |
|--|------------|-----------|------------|---------|-----------|
| MUESTRA | Ancho (cm) | | Largo (cm) | | PESO (Kg) |
| | Ancho "a" | Ancho "b" | Largo a | Largo b | |
| M-1 | 12.979 | 13.024 | 22.875 | 22.720 | 5.76 |
| M-2 | 13.061 | 13.123 | 22.767 | 22.741 | 6.10 |
| M-3 | 12.873 | 12.784 | 22.508 | 22.831 | 5.82 |
| M-4 | 13.403 | 13.051 | 22.720 | 23.030 | 6.08 |
| M-5 | 12.949 | 13.096 | 22.792 | 23.022 | 5.86 |
| M-6 | 13.486 | 13.335 | 23.896 | 23.890 | 6.34 |
| M-7 | 12.761 | 12.900 | 22.588 | 22.832 | 5.92 |
| M-8 | 12.986 | 13.323 | 23.212 | 22.916 | 6.22 |
| M-9 | 12.965 | 13.015 | 22.825 | 22.735 | 5.77 |
| M-10 | 13.042 | 13.098 | 22.715 | 22.695 | 6.11 |

Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 14 Características físicas de ladrillos con concreto reciclado al 25 %

| Muestras de Ladrillos con concreto reciclado al 25 % | | | | | |
|---|------------|-----------|------------|---------|-----------|
| MUESTRA | Ancho (cm) | | Largo (cm) | | PESO (Kg) |
| | Ancho "a" | Ancho "b" | Largo a | Largo b | |
| M-1 | 13.075 | 13.102 | 22.742 | 22.829 | 6.16 |
| M-2 | 13.179 | 13.600 | 22.815 | 22.644 | 6.30 |
| M-3 | 12.956 | 12.970 | 22.789 | 22.559 | 6.14 |
| M-4 | 13.325 | 13.299 | 23.059 | 22.987 | 6.30 |
| M-5 | 13.011 | 13.083 | 22.914 | 23.196 | 6.20 |
| M-6 | 13.172 | 13.282 | 23.313 | 23.510 | 6.38 |
| M-7 | 13.131 | 12.979 | 22.966 | 22.782 | 6.12 |
| M-8 | 13.012 | 13.221 | 23.112 | 22.859 | 6.26 |
| M-9 | 13.123 | 13.076 | 22.815 | 22.718 | 6.18 |
| M-10 | 13.012 | 13.121 | 22.695 | 22.732 | 6.21 |

Fuente: Elaboración propia (2021)

Los resultados obtenidos al seleccionar 4 unidades para el ensayo de resistencia a la compresión f'_b se pueden apreciar en la tabla siguiente, en donde también se muestra las dimensiones promedio para poder calcular el área neta que soportar la carga axial, a fin de calcular la resistencia a la compresión, las cuales se realizaron siguiendo los procesos indicados en la NORMA E.070.

Tabla 15 Ensayo de resistencia a la compresión $f'b$ (kg/cm²) de muestras con concreto reciclado al 0%

| Ensayo de resistencia a la compresión $f'b$ (kg/cm²) de muestras con concreto reciclado al 0 % a 28 días de edad | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------|---|
| muestra | Ancho promedio (cm) | Largo promedio (cm) | Área (cm²) | Carga (kg) | $f'b$ (kg/cm²) |
| M-3 | 12.829 | 17.646 | 226.38 | 50235 | 221.91 |
| M-4 | 13.227 | 17.886 | 236.58 | 55115 | 232.97 |
| M-9 | 12.990 | 17.920 | 232.78 | 52675 | 226.29 |
| M-10 | 13.070 | 17.907 | 234.04 | 54925 | 234.68 |
| | | | | Promedio | 228.96 |

Fuente: Elaboración propia (2021)

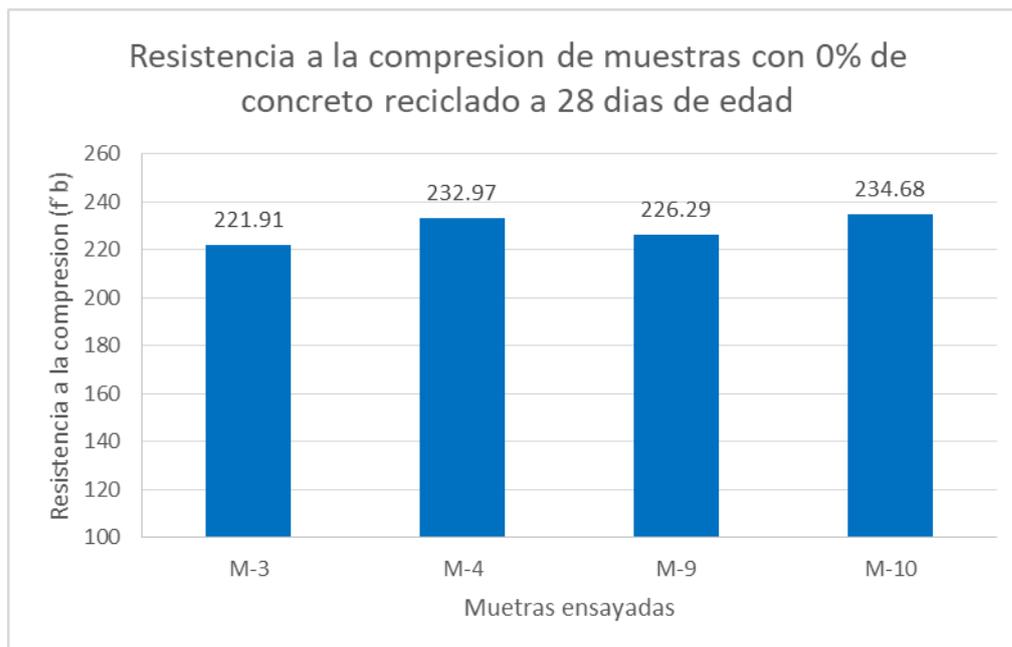


Figura 7. Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos elaborados con 0% de agregado de concreto reciclado, mostrados mediante un gráfico de columnas.

Tabla 16 Ensayo de resistencia a la compresión $f'b$ (kg/cm²) de muestras con concreto reciclado al 25%

| Ensayo de resistencia a la compresión $f'b$ (kg/cm²) de muestras con concreto reciclado al 25 % a 28 días de edad | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------------|
| muestra | Ancho promedio (cm) | Largo promedio (cm) | Área (cm ²) | Carga (kg) | $f'b$ (kg/cm ²) |
| M-6 | 13.227 | 18.298 | 242.03 | 44135 | 182.35 |
| M-8 | 13.117 | 18.167 | 238.30 | 42095 | 176.65 |
| M-9 | 13.100 | 17.946 | 235.09 | 43230 | 183.89 |
| M-10 | 13.067 | 17.908 | 234.00 | 44055 | 188.27 |
| | | | | Promedio | 182.79 |

Fuente: Elaboración propia (2021)

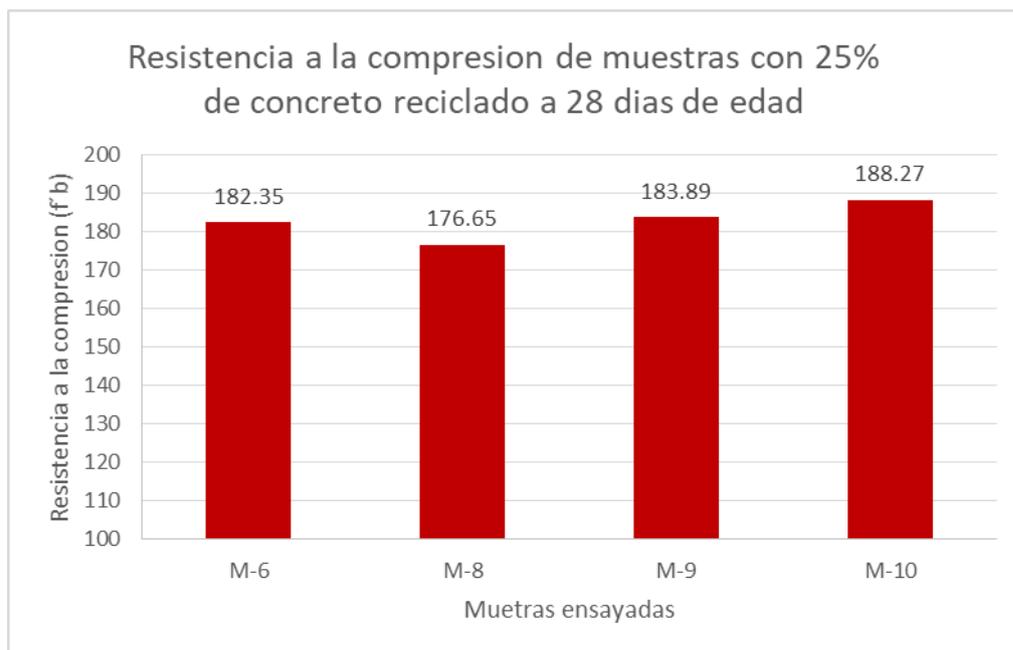


Figura 8. Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos elaborados con 25% de agregado de concreto reciclado, mostrados mediante un gráfico de columnas

En la figura siguiente se detalla el comparativo de los promedios de resistencia a la compresión $f'b$ de ambos diseños, tanto con agregado reciclado al 25% como con agregado natural, podemos observar que a 28 días se mantiene la característica de tener mayor resistencia el diseño con agregado natural, lo cual era el esperado.

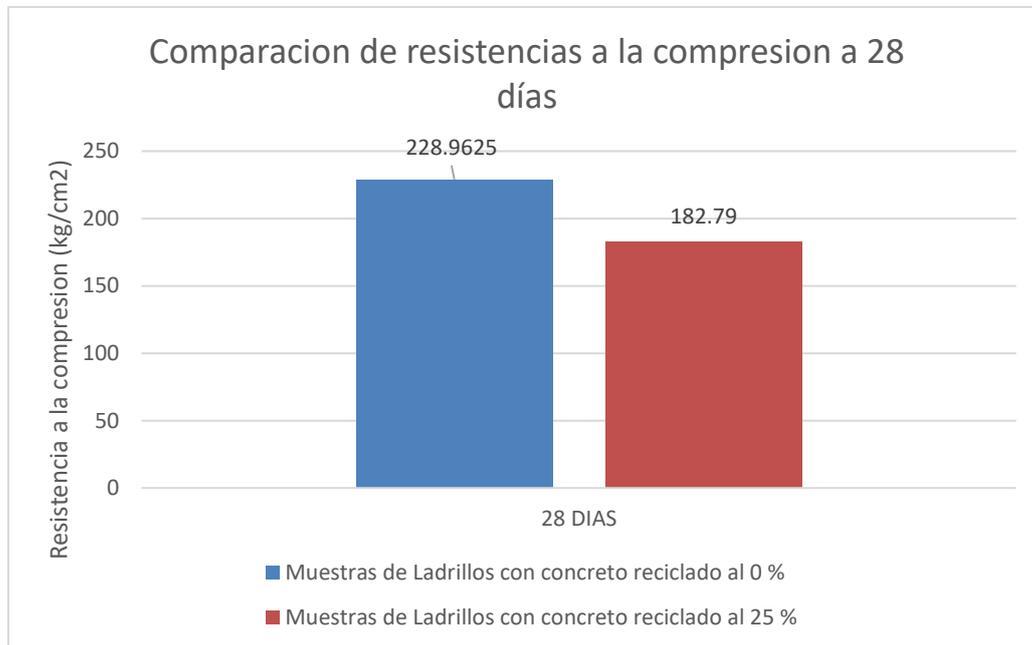


Figura 9. Comparación de resistencias a la compresión (promedios), indicado mediante gráficos de columnas.

3.2 Resistencia a la compresión axial en pilas (f'_m) con unidades de albañilería con concreto reciclado y unidades de albañilería con agregados naturales

Para realizar las pruebas de resistencia a la compresión de las pilas de unidades de albañilería se tomaron los siguientes datos de las pilas elaboradas tanto para el diseño con agregado natural, como para el diseño con agregado de concreto reciclado. Se analizaron 2 pilas de concreto natural y 2 pilas de concreto reciclado a los 7 días de curado. Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas.

Se toma como datos para el cálculo la altura de la pila y el espesor de la pila.

Tabla 17 Datos dimensionales de las pilas con 25% y 0% de agregado de concreto reciclado

| % de agregado reciclado | Muestra | H (cm) | e (cm) | Relación h/e |
|-------------------------|---------|--------|--------|--------------|
| 25% | Pila 01 | 30.00 | 13.00 | 2.31 |
| | Pila 02 | 30.05 | 13.00 | 2.31 |
| 0% | Pila 03 | 30.10 | 13.10 | 2.30 |
| | Pila 04 | 30.15 | 13.00 | 2.32 |

Fuente: Elaboración propia (2021)

Los resultados de compresión axial en las pilas de concreto son arrojados por un laboratorio de concreto externo que incluye un certificado, donde avala la veracidad de los resultados, este comparativo es a 7 días de curado.

Tabla 18 Resultados de ensayo axial de pilas con concreto reciclado al 0% y 25%

| Edad de curado | % de agregado reciclado | Muestra | Ab (cm ²) | P (kg) | f ^m (kg/cm ²) | f ^m corregido (kg/cm ²) |
|----------------|-------------------------|---------|-----------------------|--------|--------------------------------------|--|
| 7 días | 25% | Pila 01 | 299 | 48543 | 162.40 | 125.00 |
| | | Pila 02 | 299 | 49546 | 165.71 | 127.60 |
| 7 días | 0% | Pila 03 | 300 | 52308 | 174.40 | 134.30 |
| | | Pila 04 | 305 | 52838 | 173.24 | 133.39 |

Fuente: Elaboración propia (2021)

3.3 Análisis de costos de fabricación de 1 unidad de albañilería, con 25% RCD y con agregado natural.

Basado en los precios actuales se realiza los siguientes presupuestos para la elaboración de 1 ladrillo con agregado RCD a un 25% y con agregado natural.

Tabla 19 Análisis de costo unitario de 1 ladrillo con agregado natural

| Material | Unidad | Cantidad | P.U. | Sub Total |
|------------------|---------------|-----------------|-------------|------------------|
| cemento | Kg | 0.905 | S/ 0.556 | S/ 0.500 |
| Agua | M3 | 0.0006 | S/ 5.600 | S/ 0.003 |
| Agregado natural | Kg | 4.736 | S/ 0.172 | S/ 0.815 |
| Total | | | | S/ 1.318 |

Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 20 Análisis de costo unitario de 1 ladrillo con 25% de agregado RCD

| Material | Unidad | Cantidad | P.U. | Sub Total |
|------------------|---------------|-----------------|-------------|------------------|
| cemento | Kg | 0.905 | S/ 0.556 | S/ 0.500 |
| Agua | M3 | 0.0006 | S/ 5.600 | S/ 0.003 |
| Agregado natural | Kg | 3.552 | S/ 0.172 | S/ 0.611 |
| RCD | Kg | 1.184 | S/ 0.000 | S/ 0.000 |
| Total | | | | S/ 1.114 |

Fuente: Elaboración propia (2021)

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La principal limitación que tuvimos al realizar el presente proyecto de investigación, fue el difícil acceso al laboratorio de la universidad, debido a los horarios disponibles de éste con nuestros horarios de trabajo y clases en la universidad, a su vez tenían clases de otros cursos haciendo que reduzca más nuestro tiempo para el uso del laboratorio, por lo que en el ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas solo se pudo realizar a una edad de 7 días de curado.

Ante la evaluación de los ensayos de resistencia a la compresión que nos determinó claramente lo que se esperaba en este proyecto, que la unidad realizada con concreto reciclado obtuvo menor resistencia a la compresión respecto a las unidades convencionales, esto es debido a que los espacios vacíos que se generan son mayores por las partículas de mayor tamaño en el concreto reciclado. Analizando otros trabajos de investigación del mismo tema podemos notar que mientras menos concreto reciclado se utilice, mayor será la resistencia que se obtiene, es así como podemos asegurar que el trabajo realizado es válido y se asemeja a los resultados como los obtuvo (Vargas Guzman, 2018), en el que determino un $f^b = 65.14 \text{ kg/cm}^2$ para un diseño de 142.8 kg/cm^2 , lo que significa que obtuvo un 45.62 % de su valor esperado, es así como en nuestro trabajo al tener un valor de 54.99 kg/cm^2 a 7 días para un diseño de 140 kg/cm^2 , obtenemos un 39.28% del diseño esperado.

Los resultados obtenidos por Cruzado (2018), indica que obtuvo una resistencia a la compresión (f'_b) promedio de 99.8 kg/cm² en su diseño N° 3, el cual no cumplía con el mínimo requerido para clasificarlo como un ladrillo tipo IV, sin embargo en nuestro caso nuestro f'_b , alcanzo un promedio de 182.29 kg/cm² con agregado reciclado a un 25%, con lo que podemos cascarlo no solo como un tipo IV según la tabla N° 1 de la NTP E.70 el cual menciona una resistencia mínima de 130 kg/cm², sino también como un tipo V que requiere de un mínimo de $f'_b = 180$ kg/cm².

Tanto el ladrillo de concreto con agregado natural y el elaborado con agregado reciclado de demoliciones propuestos en la investigación no encajan dentro de los parámetros de la tabla n°9 de la norma E.070 , sin embargo nuestros resultados de resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería (f'_b) y resistencia característica a compresión axial de las pilas (f'_m) cumplen con la resistencia mínima requerida para un ladrillo kin kong industrial ($f'_b = 145$ kg/cm² y $f'_m = 65$ kg/cm²) y así también para un bloque tipo P ($f'_b = 85$ kg/cm² y $f'_m = 120$ kg/cm²) comparados con los resultados de las unidades de concreto elaboradas con agregado natural y reciclado que presenta la tabla N°16 ,N°17 y N°19 de la presente investigación.

En este trabajo se pudo notar que el uso del concreto proveniente de demolición, pueden ser usadas como agregado parcial para un nuevo elemento de concreto, en este caso lo llevamos a la fabricación de unidades de albañilería (ladrillos), teniendo como objetivos realizar los ensayos de compresión a determinados tiempos de curado para determinar la comparación con unidades de albañilería con agregado natural. Los ensayos en este trabajo fueron realizados según lo detalla las respectivas NTP de cada uno de los ensayos.

4.2 Conclusiones

El objetivo principal de esta investigación fue determinar el uso del concreto reciclado de demoliciones como agregado grueso para la fabricación de unidades de albañilería de concreto. Para ello se realizaron pruebas de ensayo de compresión a las unidades de albañilería y las pilas realizadas con agregados naturales y con agregado reciclado parcial.

Se pudo verificar que las muestras con agregado reciclado necesitaron de una mayor adición de agua en su preparación ya que el agregado reciclado es más poroso que el agregado natural, por lo tanto, como se puede mostrar en los resultados sus resistencias a la compresión son menores respecto a las ensayadas con agregados reciclados al 0%.

De los resultados obtenidos para la determinación de la resistencia a la compresión de unidades de albañilería (f^b) se concluye que la sustitución de CRD en un 25% de agregado grueso es un 22% menor referente al f^b del concreto patrón, evaluados a los 28 días de curado.

Así mismo los resultados obtenidos para la determinación de la resistencia a la compresión axial de las pilas de unidades de albañilería (f^m) se concluye que la sustitución de CRD en un 25% de agregado grueso es un 21.62% menor referente al f^m del concreto patrón, evaluados a los 7 días de curado.

Basados en los requisitos de la tabla N° 1 de la norma E070 se concluye que la sustitución de CRD en un 25% de agregado grueso cumple con el ladrillo tipo V , así como también cumple con el ladrillo King Kong industrial indicados en la tabla N°9 y a su vez de esta misma tabla se cumple con la resistencia mínima para un bloque de concreto tipo P.

Por otra parte, se concluye que el costo unitario de fabricación de un ladrillo de concreto con remplazo del 25% RCD como agregado, es un 18.31 % menor que la unidad elaborada con agregado natural.

Cabe recalcar que el reciclaje del concreto es muy importante hoy en día, debido a la gran demanda de construcciones y las enormes toneladas de desechos que generan estos, ya sea para uso como agregados en la elaboración de unidades de albañilería. La reutilización de esta materia disminuiría sustancialmente los residuos de construcción y demolición de concreto producidos por el sector construcción, también se reduciría la explotación excesiva de canteras naturales, con ello se tendría proyectos de ingeniería sostenibles.

RECOMENDACIONES

Realizar los ensayos de resistencia a la compresión (f'_b) y resistencia a la compresión axial (f'_m) a mayor edad de curados (14, 21 y 28 días).

Trabajar con proporciones de RCD con distinta dosificación en la mezcla (15%, 20%, etc.) respecto al agregado, para obtener resultados más amplios y poder llegar a resultados y conclusiones más precisas.

Se recomienda conseguir una máquina trituradora para realizar la disminución de tamaño de los RCD, con el fin de conseguir una muestra más homogénea.

Se recomienda hacer ensayos de compresión diagonal en muretes (f'_m) para mejorar el estudio de investigación.

REFERENCIAS

- ALVA REYES, L. A., & ASMAT RUÍZ, K. L. (2019). *Influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado sobre las propiedades de un concreto endurecido $f'c$ 175 kg/cm²*. Trujillo.
- ANÍBAL ROGELIO, A. R. (2016). *Utilización del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla $f'c$ = 210 kg/cm² en la ciudad de Huaraz-2016*. Huaraz.
- APAZA ILLANES, K. W., & YSARBE ROJAS, J. M. (2016). *Proyecto de tesis análisis comparativo de las propiedades mecánicas y características físicas del concreto patrón y concreto reciclado, evaluando su comportamiento en estado fresco y endurecido*. Lima.
- CONDORI HUANCA, Y. U. (2015). "Reutilización de agregados en la producción del concreto para edificaciones en la ciudad de Juliaca". Juliaca.
- CUADROS ROJAS, H. A. (2018). *Estudio tecnológico del concreto $f'c$ = 250 kg/cm² elaborado con agregados reciclados usados en edificaciones*. Cajamarca.
- CLIÁVEZ PORRAS, Á., GUARIN CORTES, N. Y., & CORTES DUARTE, M. C. (2013). Determinación de propiedades físico-químicas de los materiales agregados en muestra de escombros en la ciudad de Bogotá d.c. *revista ingenierías Universidad de Medellín*, 45-57.
- DÍAZ CHÁVEZ, J. L., & TORRES IDROGO, H. (2018). *Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento rígido*. Chachapoyas.
- FICEM. (s.f.). Obtenido de FICEM: http://ficem.org/publicaciones-csi/documento-csi-reciclaje-del-concreto/reciclaje-d-concreto_1.pdf
- GARCÍA BENDEZU, L. (04 DE MARZO DE 2016). En el Perú faltan 1,8 millones de viviendas. El Comercio.
- JORDAN SALDAÑA, J. C., & VIERA CABALLERO, N. (2014). "Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto". Nuevo Chimbote.
- MAMANI APAZA, F. W. (2015). "Producción de agregados reciclados de los residuos de la construcción y demolición para la producción de concretos hidráulicos en la ciudad de Juliaca". Juliaca.
- RPP, R. (02 de Diciembre de 2016). Perú es el tercer país de Latinoamérica con mayor déficit de viviendas. RPP NOTICIAS.
- SAN BARTOLOMÉ, I. (MAYO DE 2005). *Comentarios a la norma técnica de edificación e.070 albañilería informe final (capítulos 1 a 10)*. obtenido de www.sencico.gob.pe/descargar.php?idfile=201

SANEAMIENTO, M. D. (10 de Junio de 2006). *INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA*.
Obtenido de INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA:
www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm

TORRES CASTELLANOS, N., & QUIROGA SAAVEDRA, P. N. (2013). *Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con bogotá, d.c.*

VARGAS GUZMÁN , K. P. (2018). *Concreto reciclado en el aporte estructural para la fabricación de ladrillos king kong tipo 14, Tarapoto 2018*(Tesis de pregrado).Universidad Cesar Vallejo., Tarapoto,Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Proceso de recolección



Se procedió a recolectar el material de concreto reciclado, el cual sirvió como agregado, a razón de 25 % del total del diseño de mezcla

Anexo 2. Proceso de trituración.



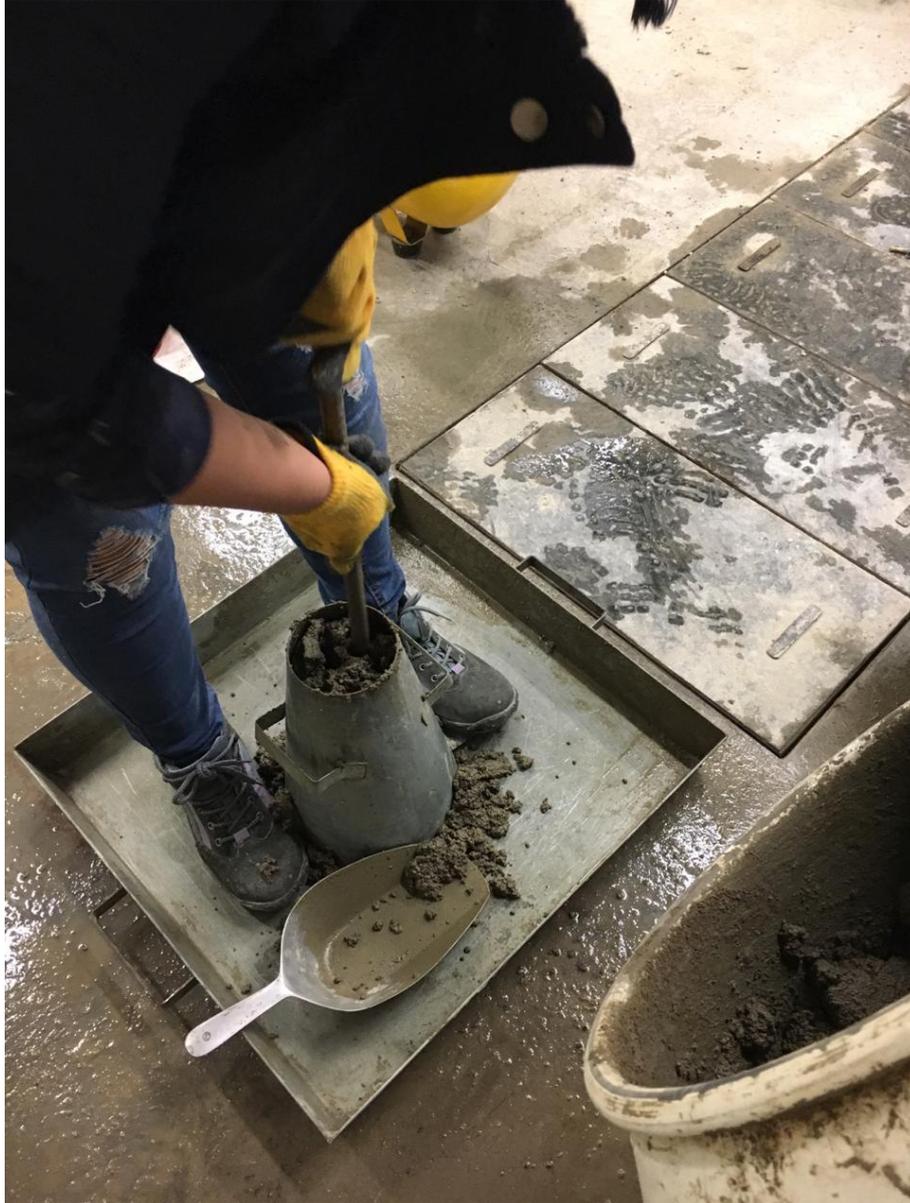
Se observa cómo se realizó el proceso de trituración manual haciendo uso de combas y cincel

Anexo 3. Pesaje de agregado fino natural.



En la imagen se muestra el pesaje del agregado natural a ser utilizado en la elaboración de la mezcla.

Anexo 4. Ensayo de Slump.



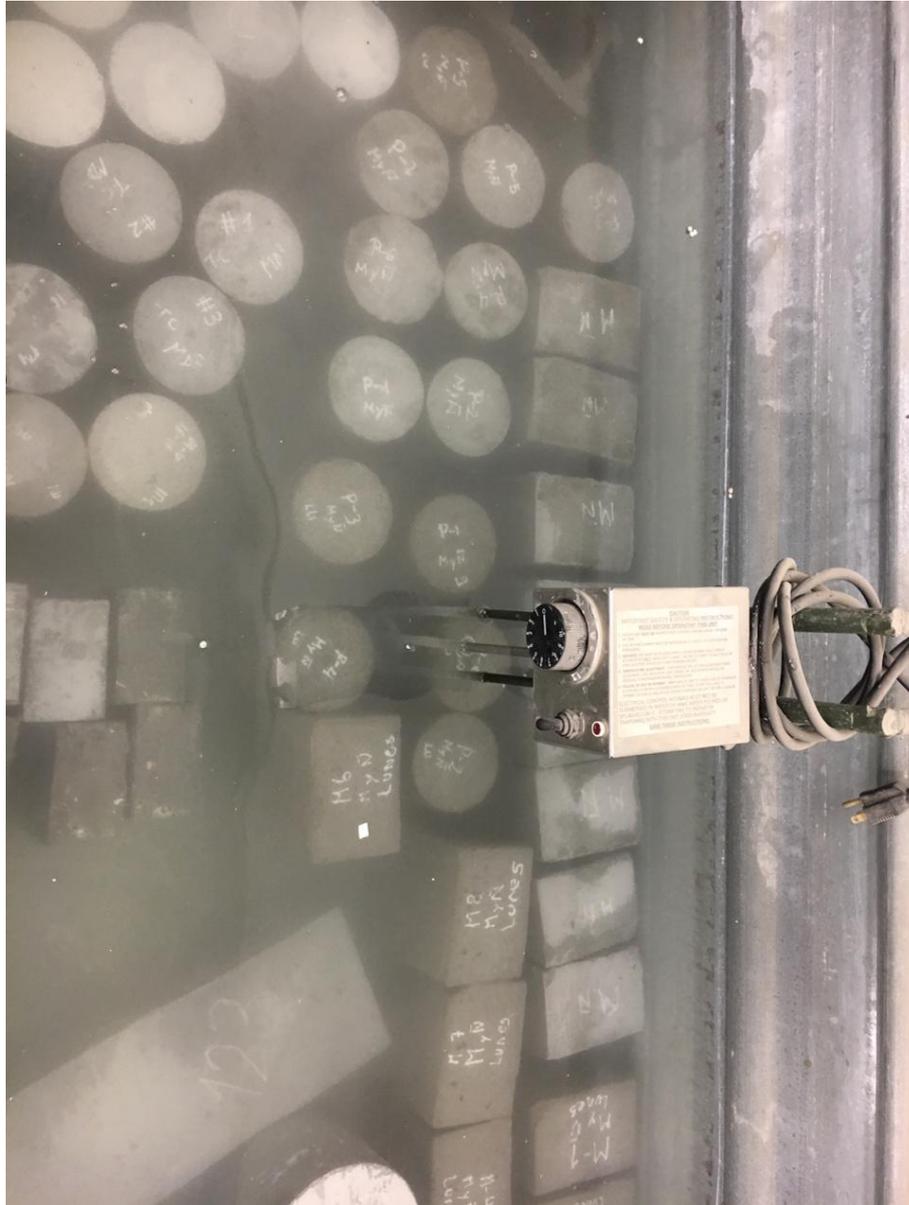
Se muestra en la imagen la realización del ensayo de Slump, para determinar una de las características necesarias de la mezcla.

Anexo 1. Muestras de ya ladrillos.



Se muestra en la imagen los ladrillos vaciados en moldes hechos a medida, listos para su identificación. Posteriormente fueron desmoldados, identificados y llevados a curado.

Anexo 2. Proceso de Curado de las muestras de ladrillo y probeta



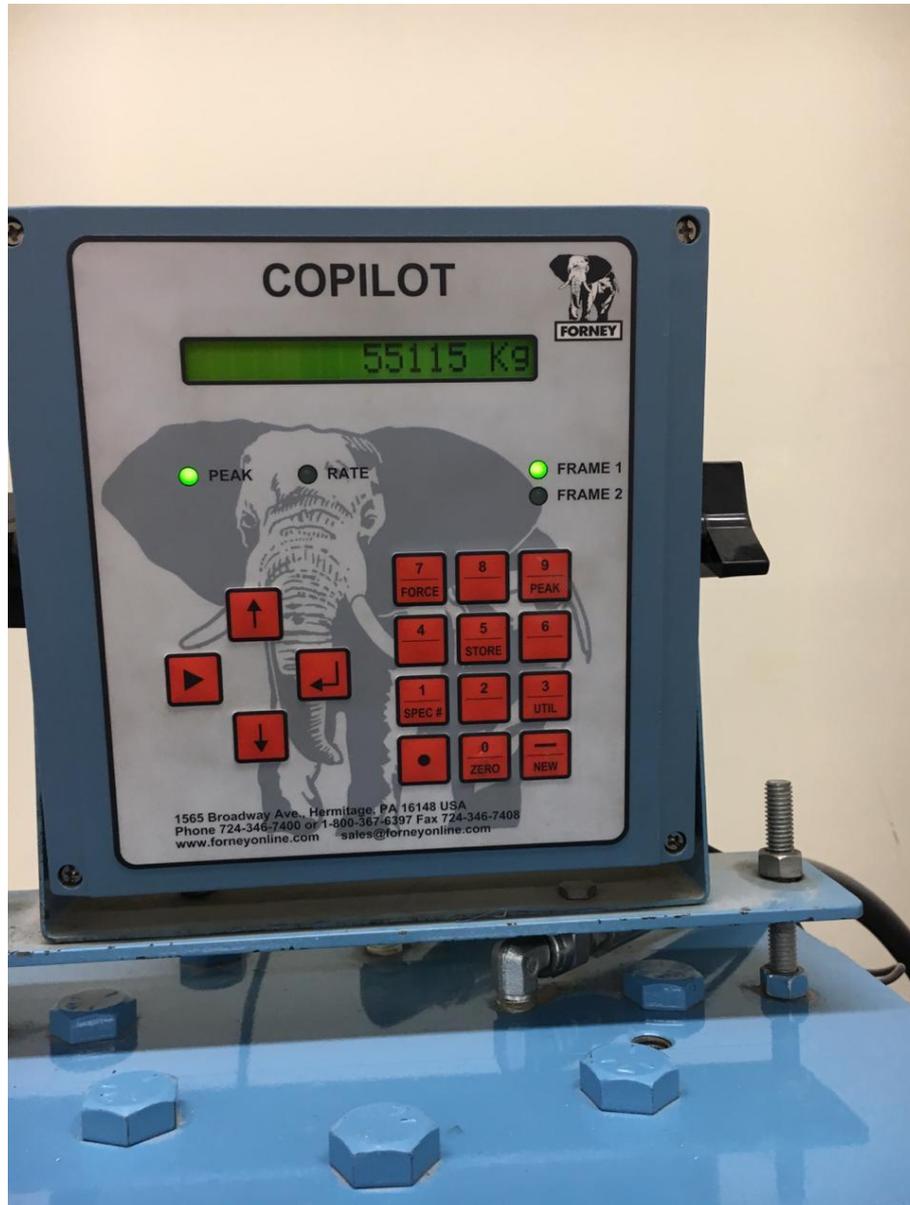
Se observa las muestras de ladrillo en proceso de curado, para su posterior ensayo de resistencia a la compresión.

Anexo7. Medición de dimensiones de muestra de ladrillo.

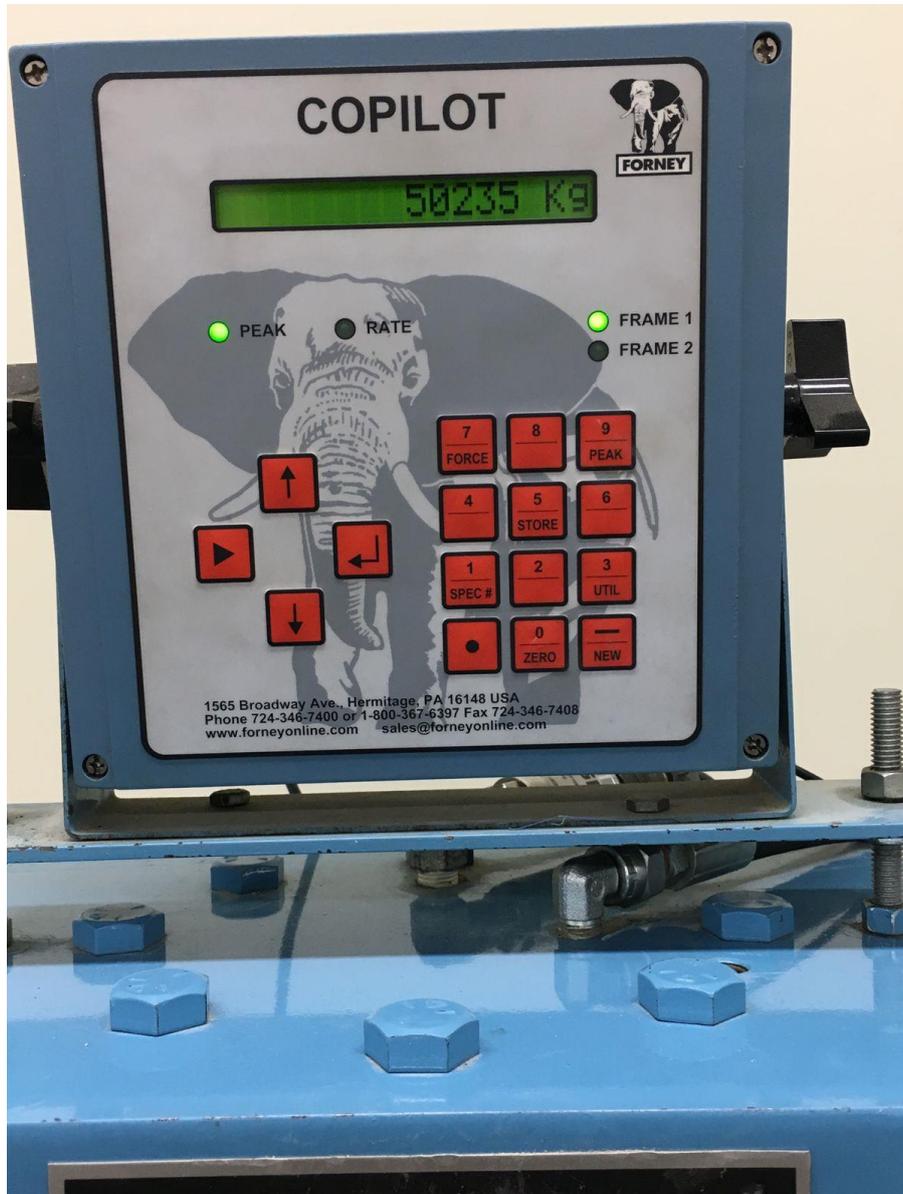


Se muestra en la imagen el proceso de medición de las dimensiones de la unidad de ladrillo se usaron estos datos para el cálculo de resistencia a la compresión.

Anexo 8. Resultado de carga en Ensayo de resistencia f_b



Se muestra el resultado de la carga obtenida para una de las unidades de ladrillo con agregado natural.

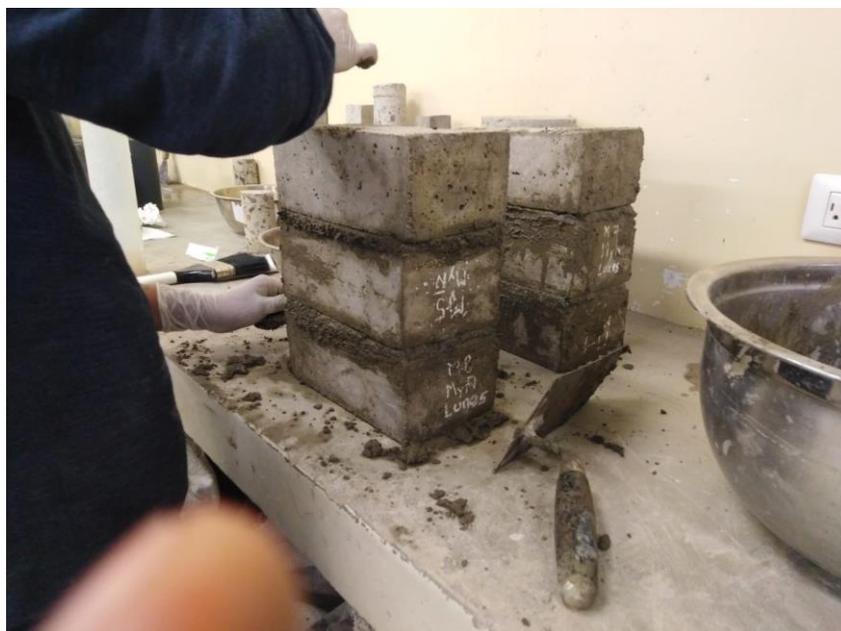


Se muestra el resultado de la carga obtenida para una de las unidades de ladrillo con agregado natural.

Anexo 9. Elaboración de pilas con unidades con agregado reciclado



Anexo 10. Elaboración de pilas con unidades con agregado natural



Anexo 11. Muestra final de pila de unidades con agregado natural



Anexo12. Ensayo de resistencia axial en pilas f'm



Proceso de Ensayo de resistencia a la compresión en pilas de 3 unidades de ladrillo con agregado reciclado al 25%.



Proceso de Ensayo de resistencia a la compresión en pilas de 3 unidades de ladrillo con agregado natural.

Anexo13. Ensayo de resistencia a la compresión, momento de falla.



Se observa el momento de falla de la pila al llegar a su máxima resistencia.

Anexo 14. Resultados de resistencia a la compresión axial de pilas



MTL GEOTECNIA
Material Testing Laboratory

(511) 457 2237 / 989 349 903
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima
informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

| | | | |
|--|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA | Código | FOR-LTC-AL-064 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 5/11/2019 |

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 399.805 / E.070

| | |
|---|------------------------------------|
| REFERENCIA : DATOS DE LABORATORIO SOLICITANTE : JOAN KATHERINE NAUPA QUISPE UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE-SEDE LIMA CENTRO UBICACIÓN : AV. TINGO MARIA 1122, CERCADO DE LIMA 15083 (LABORATORIO DE CONCRETO) | Fecha de ensayo: 11/12/2019 |
|---|------------------------------------|

LADRILLERA: — TIPO: LADRILLO DE CONCRETO

| IDENTIFICACIÓN | h (mm) | e (mm) | RELACIÓN N_e | A_b (cm ²) | P (kg) | f_m | f_m corregido (kg/cm ²) |
|-----------------------------|--------|--------|----------------|--------------------------|--------|-------|---------------------------------------|
| PILA 03 CONCRETO NATURAL | 30.1 | 13.1 | 2.30 | 300 | 52308 | 174.4 | 134.3 |

DONDE:
 f_m = Resistencia a la compresión de cada prisma (kg/cm²)

NOTA ILUSTRATIVA: 1 lb = 4.448 N 1 Pa = 1 N/m² 1 Kg/cm² = 98.066 kPa

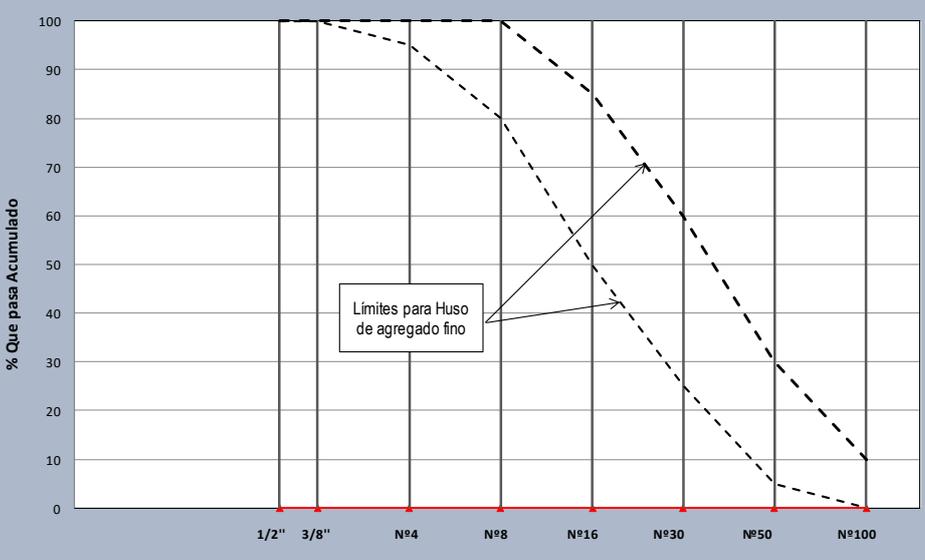
| Esbeltez | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 4,5 | 5,0 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| Factor | 0,73 | 0,80 | 0,91 | 0,95 | 0,96 | 1,00 |

Fuente: Norma E.070

OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.
 * Número de unidades que conforman cada prisma : 02 unidades.

| | | |
|--|--|---|
| Elaborado por:  Jefe de Laboratorio | Revisado por:  INGENIERO CIVIL CIF 15503 Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA |
|--|--|---|

Anexo 16. Formato de granulometría del agregado fino

|  UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | | REPORTE DE ENSAYOS - AGREGADO FINO | | | | | |
|--|---------------------------------------|---|-------------------|---|-----------------------|-------------------------|-----------------|
| Cliente - Obra: | XXX | | | Fecha: | XXXX | | |
| Cantera: | Yura - La Poderosa - Arena de Asfalto | | | Técnico: | XXX | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM C566) | | | | PASANTE DE MALLA 200 (ASTM C117) | | | |
| Peso de muestra húmeda | | | | Peso de muestra seca sin lavar | | | |
| Peso de muestra seca | | | | Peso de muestra seca lavada | | | |
| Diferencia | | 0.00 | | Diferencia | | 0.0 | |
| Humedad (%) | | #iDIV/0! | | Pasa Malla 200 (%) | | #iDIV/0! | |
| Peso Inicial | | | | ERROR (máx 0.3) | | #iDIV/0! | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136) | | | | | | HUSO (ASTM C-33) | |
| Tamiz | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Peso retenido (%) | Retenido acumulado (%) | Pasante acumulado (%) | Límite inferior | Límite superior |
| 1/2" | 12.70 | | #iDIV/0! | #iDIV/0! | #iDIV/0! | 100 | 100 |
| 3/8" | 9.53 | | #iDIV/0! | #iDIV/0! | #iDIV/0! | 100 | 100 |
| Nº4 | 4.76 | | #iDIV/0! | #iDIV/0! | #iDIV/0! | 95 | 100 |
| Nº8 | 2.38 | | #iDIV/0! | #iDIV/0! | #iDIV/0! | 80 | 100 |
| Nº16 | 1.19 | | #iDIV/0! | #iDIV/0! | #iDIV/0! | 50 | 85 |
| Nº30 | 0.60 | | #iDIV/0! | #iDIV/0! | #iDIV/0! | 25 | 60 |
| Nº50 | 0.30 | | #iDIV/0! | #iDIV/0! | #iDIV/0! | 5 | 30 |
| Nº100 | 0.15 | | #iDIV/0! | #iDIV/0! | #iDIV/0! | 0 | 10 |
| Fondo | | | #iDIV/0! | #iDIV/0! | #iDIV/0! | - | - |
| TOTAL | | 0.0 | #iDIV/0! | Modulo fineza | | #iDIV/0! | |
| Modulo de Fineza = Suma de % retenidos acumulados de mallas (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", Nº4, Nº8, Nº16, Nº30, Nº50 y Nº100)/100 | | | | | | | |
| GRANULOMETRÍA - AGREGADO FINO | | | | | | | |
|  | | | | | | | |

Anexo 17. Tablas de resultados

Propiedad de los agregados

| Propiedad de los materiales | Agregado | Unidades |
|---|-----------------|--------------------|
| Peso específico (P.e) | 2.6 | gr/cm ³ |
| Peso unitario suelto (P.U.S) | 1516.8 | Kg/m ³ |
| Peso unitario compactado (P.U.C) | 1812 | Kg/m ³ |
| Contenido de humedad (%W) | 2.26 | % |
| Porcentaje absorción (% Abs) | 0.826 | % |
| Tamaño Max. Nominal (T.M.N) | Nº 4 | Nº de Tamiz |
| Módulo de fineza | 2.73 | Adimensional |

Peso específico

| Propiedades de materiales | Valor | Unidades |
|------------------------------------|--------------|-------------------|
| Peso específico del agua | 3.15 | gr/m ³ |
| Peso específico del cemento | 1 | gr/m ³ |

Cálculos previos al diseño

| | Cálculos previos al diseño | Unidades |
|-----------------------|-----------------------------------|--------------------|
| f_c | 140 | Kg/cm ² |
| f_{cr} | 210 | Kg/cm ² |
| slump | 3"-4" | Pulg. |
| Relación (a/c) | 0.69 | - |
| Agua(kg) | 225 | Litros o Kg. |
| Aire atrapado | 3 | % |
| Cemento | 326.09 | Kg. |

Cálculos de proporciones de materiales (diseño seco teórico)

| Materiales | W.S (Kg) | P.e. (Kg/m³) | Vol. 1 (m³) | W.U.S |
|-------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Cemento | 326.09 | 3150 | 0.104 | 1 |
| Agua | 225 | 1000 | 0.225 | 0.69 |
| Arena | 1667.85 | 2600 | 0.641 | 5.11 |
| Aire | 3 | --- | 0.03 | --- |

Análisis para obra

| | W.O (Kg) | W.U.O (Kg) | W.U.O x 42.5 (kg) | Vol. (pie)^3 |
|---------|-----------------|-------------------|--------------------------|----------------------|
| Cemento | 326.09 | 1 | 42.5 | 1 |
| Agua | 0.62 | 0.62 | 26.21 | 26.21 |
| Arena | 5.23 | 5.23 | 222.29 | 5.17 |
| Aire | --- | --- | --- | --- |

Tabla de cantidades y pesos de ladrillos y probetas

| Tipo | Peso (Kg) | Cantidad |
|------------------|------------------|-----------------|
| Ladrillos | 6.5 | 8 |
| Probetas | 3.8 | 6 |