



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Br. Sernaqué Silva, Patricia (ORCID: 0000-0002-5124-6356)

ASESOR:

Dr. Gutiérrez Albán, Luis Ignacio (ORCID: 0000-0002-4905-9842)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

PIURA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mi familia por apoyarme de forma incondicional, por ser el motor y la razón de mi vida, compañeros y amigos de estudio, y a todas las personas que me ayudaron a desarrollar esta investigación.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, por inculcarme buenos valores, por su sacrificio y motivarme siempre a cumplir mis metas.

A mis amistades por su apoyo incondicional y a nuestros docentes que nos transmiten sus conocimientos para ser mejores profesionales.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Sernaqué Silva Patricia, identificado con D.N.I N° 75078891, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad César Vallejo, autora de la tesis titulada: “Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020”

Declaro que:

El tema de tesis es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor.

En este sentido, soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, son objeto de sanciones universitarias y/o legales.

Piura, 03 de Noviembre del 2020



SERNAQUÉ SILVA PATRICIA

D.N.I: 75078891

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice	vi
Índice de figuras	vii
Índice de tablas	viii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MÉTODO	22
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	22
2.2. Operacionalización de variables	22
2.3. Población y muestra	25
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	25
2.5. Procedimiento	29
2.6. Métodos de análisis de datos	45
2.7. Aspectos éticos.....	45
III. RESULTADOS.....	46
IV. DISCUSIÓN.....	61
V. CONCLUSIONES.....	71
VI. RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS	76
ANEXOS	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes formas de bloque de tierra comprimida (BTC).	18
Figura 2. Prueba “cinta de barro”.	29
Figura 3. Prueba “Presencia de arcilla”.	30
Figura 4. Prueba de sedimentación en frasco.	31
Figura 5. Lugar de donde se extrajo el suelo.....	31
Figura 6. Residuos seleccionados para triturar y obtener el agregado fino.....	32
Figura 7. Prueba de humedad.....	40
Figura 8. Máquina prensadora para elaborar los BTC.	41
Figura 9. Curado de los BTC.	42
Figura 10. Proceso para elaborar el BTC.	43
Figura 11. Bloque de Tierra Comprimido.	45
Figura 12. Curva granulométrica del suelo.	46
Figura 13. Gráfico del límite líquido (LL).	47
Figura 14. Curva granulométrica del agregado fino.....	48
Figura 15. Curva granulométrica de RCD triturados.	49
Figura 16. Contenido de humedad presentado en porcentajes.	50
Figura 17. Peso unitario seco suelto de los materiales empleados.	51
Figura 18. Peso específico de los materiales.	51
Figura 19. Comparación de la resistencia obtenida en los BTC con agregado tradicional y el que utilizó residuos de concreto triturado como agregado.	54
Figura 20. Representación gráfica de la absorción de los bloques después de haberse sumergido por 24h.	56
Figura 21. Clase de unidades de albañilería para fines estructurales.	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables	23
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
Tabla 3. Dosificación óptima de mezcla según investigaciones.....	35
Tabla 4. Cantidad de cemento requerida por el tipo de suelo según la PCA.....	36
Tabla 5. Suelo ideal para realizar estabilización suelo-cemento	37
Tabla 6. Dosificación en porcentaje por peso utilizado en la elaboración de los BTC.....	37
Tabla 7. Dosificación en peso empleada para 01 bloque de BTC1.....	38
Tabla 8. Dosificación en peso para elaborar 10 bloques.....	39
Tabla 9. Relación en volumen	40
Tabla 10. Resistencia a la compresión obtenida de los especímenes, utilizando el agregado tradicional.....	52
Tabla 11. Resistencia a la compresión obtenida de los especímenes, utilizando residuos de concreto triturado en sustitución del agregado tradicional.....	53
Tabla 12. Absorción presentada en los bloques que emplearon agregado tradicional.....	55
Tabla 13. Absorción presentada en los bloques que emplearon agregado tradicional.....	55
Tabla 14. Análisis de costo del BTC1	57
Tabla 15. Análisis de costo del BTC+RCD1.....	58
Tabla 16. Análisis de costo del BTC3	59
Tabla 17. Análisis de costo del BTC+RCD3.....	60
Tabla 18. Matriz de consistencia	82

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está basado en un diseño experimental con enfoque cuantitativo. Para el desarrollo se hizo estudios en el laboratorio de mecánica de suelos con el fin de desarrollar cada uno de los objetivos propuestos, teniendo como objetivo principal, elaborar un bloque de tierra comprimido (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD), para ello se empleó suelo proveniente del distrito de Tambogrande. Se elaboró en 3 dosificaciones variando el contenido de arcilla y arena, realizando una estabilización suelo cemento, adicionando el 15% de este con respecto al peso de la mezcla; ya que según la Portland Cement Association para obtener una estabilización económica no debe ser superior al 15%. Se analizó 08 bloques por cada dosificación, 5 de ellos se utilizaron para realizar los ensayos de resistencia a la compresión y los demás para determinar la absorción, en bloques normales y bloque empleando residuos provenientes de construcción y demolición, que previamente fueron triturados hasta obtener partículas similares a las del agregado tradicional para su posterior reemplazo, con la finalidad de reducir costos y facilitando cerrar ciclos con respecto al ciclo de vida de una edificación, así mismo posibilitar la economía circular, además de obtener una unidad de albañilería que no requiera del proceso de cocción como el ladrillo tradicional. Después de haber realizado este estudio se concluyó que el suelo empleado según el SUCS se clasificó como suelo inorgánico ML (limos arcillosos con poca plasticidad) y según la AASHTO como un suelo tipo A-7-6(15) (suelo arcilloso) por lo que se incorporó arena para mejorar su granulometría y realizar la estabilización suelo- cemento de forma eficiente, siendo el bloque que obtuvo mejor comportamiento ante los esfuerzos de compresión el que estuvo compuesto por 20% de suelo, 65% de arena y 15% de cemento (BTC1). Asimismo aquel bloque que empleó residuos como reemplazo del agregado tradicional fue el que llegó a una resistencia de 52 kg-f/cm², superando a la mínima requerida para su uso con fines estructurales según la norma E.070 de Albañilería, además en su análisis de costo, el BTC que utilizó RCD es más económico en comparación de aquel bloque que emplea agregados tradicional. Cabe señalar que para elaborar los bloques se necesitó de una maquina compresora de tipo CINVA RAM.

Palabras claves: Bloque, suelo, cemento, residuos.

ABSTRACT

This research work is based on an experimental design with a quantitative approach. For the development, studies were carried out in the soil mechanics laboratory in order to develop each of the proposed objectives, with the main objective of developing a compressed earth block (BTC) with construction and demolition waste supplements (RCD) For this, the soil from the Tambogrande district was used. It was made in 3 doses by varying the content of clay and sand, moving a cement soil stabilization, adding 15% of it with respect to the weight of the mixture; since according to the Portland Cement Association to obtain an economic stabilization should not exceed 15%. 08 blocks were analyzed for each dosage, 5 of them will be used to perform the compressive strength tests and the others to determine the absorption, in normal blocks and block using waste from construction and demolition, which were previously crushed until obtaining particles similar to those of the traditional aggregate for subsequent replacement, with the modification of reducing costs and facilitating the closing of cycles with respect to the life cycle of a building, also enabling circular economy, in addition to obtaining a masonry unit that does not require the cooking process like traditional brick. After having carried out this study, it was concluded that the soil used according to the SUCS was classified as inorganic soil ML (clay silt with little plasticity) and according to the AASHTO as a soil type A-7-6 (15) (clay soil). That sand was incorporated to improve its granulometry and perform soil-cement stabilization efficiently, being the block that obtained the best behavior in the face of compression efforts which was composed of 20% soil, 65% sand and 15% cement (BTC1). Likewise, the block that used the waste as a replacement for the traditional aggregate was the one that reached a resistance of 52 kg-f / cm², exceeding the minimum required for use with structural fines according to the E.070 Masonry standard, in addition to In its cost analysis, the BTC that identifies RCD is cheaper compared to that block that uses traditional aggregates. It should be noted that a CINVA RAM type compression machine is required to make the blocks.

Keywords: Block, soil, cement, waste.

I. INTRODUCCIÓN

El requerimiento de materiales de construcción con el pasar del tiempo ha ido aumentando, lo que ha conllevado a la necesidad de extraer gran cantidad de materias primas para su proceso, por lo que se le atribuye al sector de la construcción gran parte de las emisiones de GEI, ya que en todas sus fases se generan impactos ambientales negativos que contribuyen al calentamiento global, es decir; desde la extracción de los recursos naturales a fin de obtener los insumos que se necesitan para la elaboración de materiales, hasta la demolición que es donde culmina el ciclo de vida de la edificación. Estos residuos son dispuestos a rellenos sanitarios o incluso en la intemperie convirtiéndose en agente de contaminación y generando efectos negativos al entorno.

El Instituto de Recursos Mundiales (WRI -World Resources Institute) menciona que la construcción a nivel mundial demanda del 50% de los recursos naturales, más del 40% de la energía y produce el 50% de los residuos, así mismo según un informe del Banco Mundial, anualmente se generan 2,010 millones de toneladas de desechos provenientes de construcción y demoliciones, en donde al menos un 33% no son gestionados, lo que evitaría un riesgo para el medio ambiente, además se estima que hasta el 2004 se habían generado 1.8 billones de toneladas métricas de GEI proceden de la fabricación de los materiales de construcción y que para el 2030 podría alcanzar 15, 6 billones de toneladas métricas.

En el Perú cada año se ha ido incrementando la construcción por el requerimiento de habilitaciones urbanas y con ello la generación de residuos, se calcula que se disponen 3, 444, 948 ton/año en rellenos sanitarios y 4, 036, 669 tienen como ubicación los botaderos u otros destinos no identificados, y solo la ciudad de Lima genera aproximadamente 30 000 m³ de desmonte que equivale a 19 mil toneladas, lo cual el 70% tiene como disposición el mar y los ríos y solo un pequeño porcentaje va a zonas autorizadas. Cabe resaltar que en el Perú a pesar del crecimiento de la construcción no se cuenta con escombreras para la colocación final de los RCD y además el reciclaje de estos es nulo.

La ciudad de Piura no es ajena a esta problemática y también observamos una creciente informalidad que se traduce en nuestro caso al abandono de estos. Los materiales de construcción, la mayoría emplea materias primas no renovables para su fabricación, y en el caso de ser renovables su índice de regeneración es más lento que los de la extracción, dejando de

lado ciertas formas de construir que son consideradas sostenibles, como lo es la construcción con tierra (adobe, quincha, tapial). Así mismo la gestión de los RCD no se realiza de forma adecuada y no se dispone de un vertedero controlado que evite los efectos contaminantes que estos producen.

Por lo que en este estudio se elaboró un bloque de tierra comprimida (BTC) que emplea residuos de construcción y demolición (RCD), obteniendo un material ecológico ya que no necesita de un proceso de cocción, evitando así el uso de combustibles, ya sea fósiles u derivados de la leña para calentar los hornos, además puede volver a ser reutilizado. A si mismo con la estabilización suelo- cemento se puede lograr que este mejore sus propiedades físicas y mecánicas.

Como trabajos previos a nivel internacional he identificado los siguientes:

VÁSQUEZ Hernández, Alejandro, BOTERO Botero, Luis y CARVAJAL Arango, David (2015) en su artículo consignado en la revista “Ingeniería y ciencia” titulado “*Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional*” de la universidad EA FIT, Medellín-Colombia, el objetivo fue plantear una alternativa para contribuir en el camino hacia el reciclaje-fabricación- uso- reciclaje, para disminuir la extracción de materiales utilizando residuos que provienen de la construcción y demolición (RCD) en la fabricación del BTC. La metodología empleada por los autores fue de forma experimental. Llegaron a la conclusión que el sector de la construcción demanda un alto consumo de materias primas y produce gran cantidad de residuos. Así mismo que los bloques cumplen con los requerimientos físicos y mecánicos que están establecidos en la Norma Técnica Colombiana para ser empleados en las construcciones, y los bloques que tienen un mejor comportamiento son aquellos que tienen el 70% de agregados presentando un coeficiente de capilaridad entre 30 y 35, además de presentar un buen comportamiento al ser sometido a los esfuerzos de compresión y con una resistencia al desgaste superior al límite establecido en dicha norma.

MOLINA Vinasco, Gloria (2016) en su proyecto de investigación “*Bloques de tierra comprimida con adición de residuos de concreto y cemento como solución sostenible para la construcción de muros no estructurales*”, para obtener el título de Ing. civil en la Universidad Libre De Pereira Sede Belmonte- Colombia. El objetivo general fue determinar la dosificación

óptima para realizar BTC que esté compuesto por suelos que provienen de cenizas volcánicas, escombros de concreto y cemento, como una opción de construcción sostenible para emplearse en muros que no cumplen una función estructural. La metodología utilizada por la autora fue de forma experimental. Llegó a la conclusión que el tipo de suelo limo arenoso inorgánico, de baja cohesión y con un contenido bajo de arcilla no es favorable para elaborar bloques, ya que no alcanza resistencia mayores a 2 MPa. Las dosificaciones con mejores resultados fueron las que presentaban el 80% de suelo derivado de cenizas volcánicas, el 15% de residuos de concreto y 5% de cemento; lo cual esta última presentó mejor comportamiento y aportó más resistencia y rigidez al suelo, y los BTC con suelos derivado de cenizas volcánicas incluidos en los antecedentes, los de esa investigación fueron los que tuvieron mejor resultado, con excepción de aquellos que tienen adición de arena, cartón y cemento.

MEJÍA Pacheco, Pablo (2018) en su tesis "*Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador*". Para optar el grado de magister en construcciones en la Universidad de Cuenca. Cuyo objetivo fue elaborar un prototipo de BTC empleando como material principal suelo de la localidad de Saraguro; provincia de Loja, incorporando RCD que sustituyan a los agregados vírgenes que este requiere, así mismos que cumplan con los requisitos y estándares mecánicos para poder utilizarlos como mampuestos. La metodología empleada por el autor para realizar su investigación fue de carácter experimental, cuantitativo. Como resultados presentó que los BTC con agregados de RCD muestran coeficientes superiores a los de la Norma Técnica Colombiana NTC 5324 y ASTM C34 con respecto a la resistencia a la compresión (R), capilaridad (Cb) y absorción en las diferentes dosificaciones, ya que empleando el 45% de RCD obtuvo una resistencia media de 7.91MPa, con el 50% 8.12MPa, el 60% 5.97 MPa y con el 70% 8.03 MPa superiores a la que exige la norma ASTM C34 que es de 3.24 MPa en el ensayo a la compresión. Con respecto al ensayo de capilaridad todas las dosificaciones presentaron un comportamiento catalogada como poco capilares según la NTC 5324 ya que el coeficiente presentado fue entre 20 y 40. En el ensayo a la abrasión, las dosificaciones con el 70% de RCD son superiores llegando valores de 66.25 cm²/g a diferencia de los bloques que emplean arena tradicional cuyos valores varían entre 16.56 cm²/g y 27.17 cm²/g., siendo los bloques que tienen mejor comportamiento aquellos que contienen el 70% de RCD.

AQUINO Bolaños, Esperanza (2015) en su tesis “*Reciclaje de residuos de la construcción para la fabricación de ladrillos sustentables*” para obtener el grado de maestra en ingeniería. Cuyo objetivo fue investigar alternativas que permita reciclar los residuos de construcción en la fabricación de ladrillos, empleando como materia prima residuos de excavación, agregados reciclados, residuos de tala, agua-mucilago de nopal. La metodología empleada por la autora fue de forma experimental. Concluyó que la generación de los residuos de la construcción en mayor porcentaje provienen de excavaciones, seguido de los residuos provenientes del concreto y en menor porcentaje los residuos sólidos, con respecto a los ladrillos sustentables; presentaron una resistencia entre 30-80 kg/cm² y resulta más barato construir un 1 m² en comparación del ladrillo rojo, así mismo el proceso constructivo es eficiente y la dosificación depende de las características que presenten los residuos provenientes de excavaciones, principalmente en su granulometría y plasticidad. Finalmente el uso de estos ladrillos sustentables puede ser empleado en muros no portantes con fines estéticos.

Asimismo a nivel nacional he encontrado los siguientes trabajos:

FLORES Abanto, Peter y AKARLEY Poma, Luis (2014) en su tesis “*Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo-cemento en la ciudad de Trujillo.*” Para obtener el título como ingenieros civiles en la Universidad Privada Antenor Orrego, el objetivo de su trabajo fue determinar las propiedades de las unidades de albañilería elaborados a base de suelo-cemento en la ciudad de Trujillo. La metodología que emplearon los autores fue un estudio experimental de unidades de albañilería con la mezcla suelo-cemento. Los autores concluyeron que las unidades no presentaron fisuras por retracción de secado; por lo que el suelo empleado es ideal para el uso en la elaboración del bloque. Con la dosificación empleada; cemento, suelo, arena y agua 1: 5:0.5: 1, obtuvieron que al someter el bloque a las cargas de aplastamiento la resistencia fue de 74.78 kg/cm², siendo esta mayor a la exigida en la norma E0.70 para ladrillos de arcilla K-K artesanal (50 kg/cm²), asimismo de superar en un 6.38% en la resistencia a compresión axial de pilas a los ladrillos de arcilla K-K artesanales; ya que la mínima exigida es 35 kg/cm², y del mismo modo las unidades cumplieron con los requerimientos en la prueba de absorción. El peso fue aproximadamente de 4.80 kg, siendo mínimas las variación en su dimensión y alabeo.

DURAND Orellana, Rocío y BENITES Gutiérrez Luis (2017) en su artículo publicado en la revista ciencia y tecnología titulado “*Unidades de albañilería fabricadas con suelo-cemento como alternativa para la construcción sostenible*”. El objetivo de esta investigación es presentar los datos del análisis del bloque fabricado con suelo cemento, con respecto a sus propiedades físicas y mecánicas cuyas dimensiones son de 7,5x13x23 cm en la ciudad de Trujillo, con el propósito de obtener un material de construcción que mejore las condiciones de confort, facilite los procedimientos constructivos, satisfaga la reglamentación al respecto y, fundamentalmente en su manufactura y obtención preserve el medio ambiente. La metodología empleada por los autores fue de tipo experimental. Se llegó a la conclusión que la resistencia frente a las cargas de aplastamiento en promedio fue de 74,78 kg/cm²; superando en 36% a la que se exige como mínimo para ladrillos de arcilla King Kong artesanales, ya de acuerdo a la norma E – 070 la resistencia mínima debe ser 50 kg/cm². Por lo tanto, se logró determinar que las unidades de albañilería poseen propiedades semejantes con las de albañilería industrial.

VALDIVIA Cariat, José (2016) en su tesis “*factibilidad de implementación del material suelo-cemento como material de construcción para viviendas de bajo costo en el Perú*”. Para optar el título de ingeniero civil en la universidad Pontificia Universidad Católica del Perú, el objetivo de su trabajo fue analizar la factibilidad de la implementación del suelo cemento como material de construcción en viviendas de bajo costo. La metodología empleada por el autor es de tipo descriptivo. Llegó a la conclusión que la implementación del suelo cemento, en el sistema constructivo de mampostería reforzada con mallas poliméricas es posible, ya que es similar a la construcción con mampostería confinada sin necesidad de mano de obra calificada, además su costo de construcción es menor en comparación con el sistema de albañilería confinada, asimismo en la realización del análisis del costo de la producción de las unidades de suelo cemento concluyó que es un material ecológico, ya que los insumos requeridos para su fabricación son mínimos y que a diferencia del ladrillo de arcilla, no necesita ser cocido, ahorrando recursos energéticos y mano de obra.

En teorías relacionadas al tema se abarca acerca de la problemática que actualmente los materiales de construcción representan y que están repercutiendo el equilibrio del medio en el que nos desarrollamos, que si bien es cierto ha influido en la mejora continua de las civilizaciones, ya que como se sabe a lo largo de la historia el hombre para tener una mejor condición de vida y garantizar su supervivencia, ha utilizado distintos materiales que la naturaleza le brinda como es la piedra, madera, los cuales lo protegen de los agentes externos pero que con el tiempo ha usado de forma descontrolada para beneficio propio, sin tener en cuenta el impacto negativo que ocasionaba al medio ambiente.

Uno de los sectores que se le atribuye la culpa del deterioro del ecosistema es el sector de la construcción, ya que es la mayor consumidora de los recursos naturales, que emplea grandes cantidades de energía para la explotación de canteras y en el proceso de transformación para obtener materiales de construcción, siendo el cemento, agregados pétreos, acero y el ladrillo los más empleados; que en su fabricación, vida útil, y disposición final generan efectos negativos al entorno y a la emisión de gases nocivos para la atmosfera.

El cemento Portland es uno de los materiales de construcción que más se consume a nivel mundial, alcanzando aproximadamente 2 800 millones de toneladas y podría llegar a 4 000 millones de toneladas. Para elaborar una tonelada de cemento se requiere aproximadamente 1.5 toneladas de piedra caliza, y requiere de gran cantidad de combustibles fósiles para que los hornos alcancen las altas temperaturas que el carbonato cálcico requiere para descomponerse. Es por ello que se le atribuye el 5% del total de emisiones de GEI antropogénicas, el 60% de las emisiones y energía usada para la elaboración del concreto y, por cada kilo de cemento producido se emite al ambiente aproximadamente 0.87 kg de CO₂.

Así mismo los agregados que representan el 80% de la mezcla del concreto, el impacto ambiental que produce se origina en la explotación de canteras, el transporte al sitio de mezcla, y en los procesos de trituración para la operación de las maquinarias se utiliza combustible que luego emiten contaminantes al aire.

El acero; por su fácil manejo y bajo desperdicio en la construcción es otro de los materiales que más se utiliza en la construcción. Para la fabricación de acero se requiere de una combinación

de más del 98% de hierro altamente refinado y alrededor de 0,05 a 2% de carbono. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, menciona que la industria siderúrgica es responsable del 3 o un 4% de las emisiones de GEI a nivel mundial, así mismo por cada tonelada de acero que se fabrica se emiten aproximadamente 1,7 toneladas de CO₂ a la atmosfera. Además de los impactos atmosféricos y el consumo de combustibles fósiles también se origina impacto negativo al recurso agua; debido a su uso en los procesos de refrigeración que origina que esta cargue sustancias como aceites que contaminan sus componentes.

Pero cabe resaltar que para el proceso de fabricación se emplea chatarra que alcanza valores de al menos el 25% de acero reciclado en la nueva producción, según cifras indican que se conservan 1.13 tn de hierro, 0.64 tn de carbón, aproximadamente 55 kg de cal, se genera ahorro de unos 11 millones de BTU (Unidades Británicas de Temperatura) en energía por cada tonelada de chatarra usada para la producción de acero.

Finalmente; el ladrillo que ha sido usado desde las antiguas civilizaciones como Mesopotamia y palestina. Para su elaboración requiere de la extracción de arcilla como materia prima, que es sometida a un tratamiento de trituración y reposo mediante el cual se extrae las impurezas del material, para luego humedecer y así poder moldear el ladrillo, obtenida la forma deseada es secado a temperaturas entre 70-80°C mediante aire caliente insuflado para controlar fisuras y eliminar el exceso de humedad, finalizando con la cocción en hornos de túnel a temperaturas que varían entre los 800-1000°C.

Los impactos ambientales derivan de su producción en el consumo de energía que demanda durante el secado y la cocción, emisiones CO₂, dióxido de azufre y en el consumo de materias primas que originan alteraciones en el ecosistema ya que pueden ocurrir cambios en el nivel freático aumentando los riesgos de desaparición de la fauna y la flora, erosión, contaminación de aguas superficiales, inundaciones, etc (URIBE Vélez, 2012 pág. 34).

Estos efectos nocivos que se originan en el proceso de fabricación de materiales y son comúnmente utilizados, se requiere en grandes cantidades dependiendo de la envergadura del proyecto, cuya utilización hace que se obtengan estructuras con un mejor comportamiento físico y mecánico, pues son más resistentes al deterioro por abrasión, presentan un mejor comportamiento estructural si es sometido a grandes esfuerzos de compresión, se pueden

disminuir empleando recursos renovables o buscar otras alternativas de construcción que tengan propiedades similares o las mismas; pero más ecológicas, porque el problema no solo es en la fabricación sino en su fin de vida útil, ya que al culminar su ciclo de vida o en el proceso constructivo se generan desechos que en su mayor parte no son biodegradables, a estos se les denomina residuos de construcción y demolición (RCD).

Según el art.6 del Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de construcción y demolición D.S 003-2013-VIVIENDA son aquellos que se generan en los trabajos y procedimientos de construcción, demolición, rehabilitación, remodelación de edificaciones e infraestructura. La mayor parte son inertes como los provenientes de las excavaciones (agregados finos y gruesos), de demoliciones (concreto y ladrillos) además de residuos peligrosos y otros que se pueden reciclar como el papel, plástico, madera, etc (Vivienda, Construcción y saneamiento, 2016 pág. 2).

La presente ley establece que dichos residuos no deben ser abandonados en lugares de dominio público como plazas, playas, vías, riberas entre otros y si no se cumple lo establecido será sancionado por parte de las autoridades municipales correspondientes, además que los mismos serán los encargados de implementar centros de acopio, formularán estrategias e implementarán sistemas para la recolección de residuos provenientes de obras menores lo que pocas veces se cumple, deteriorando la calidad de aire, reduciendo el cauce de los ríos, originando pérdidas de los espacios públicos y deterioros en el paisaje. (ANDRADE Gambarini, 2014 pág. 8)

Aquellos residuos inertes se deben colocar en infraestructuras denominadas escombreras y los residuos peligrosos en rellenos sanitarios, que cuenten con un diseño especial para su ubicación final, lo cual aquí reside el problema ya que a estos residuos no se les realiza una adecuada gestión, además de no ser practicada y su poca difusión en nuestro país por parte del sector de la construcción, y estos son dispuestos a los vertederos de forma descontrolada y sin ningún control ambiental.

Muchos países ya poseen legislaciones para el reciclado en la construcción y el tipo de materiales que se pueden reutilizar, a diferencia del Perú que aún no se tiene conciencia de lo que representan los residuos provenientes de la construcción a la industria del reciclado y el

gran aporte para una mejora progresiva en el cuidado del medio ambiente. (CCONISLLA Carrasco, 2014).

En nuestra ciudad este problema se va agravando con el pasar de los años, ya que el relleno sanitario con el que se cuenta no es el adecuado, y es usual ver en nuestras calles desmonte, basura, que se deja sin control alguno, generando focos infecciosos que ponen en riesgo la salud humana y emitiendo gases de efecto invernadero al medio ambiente, además de la poca fiscalización por parte de nuestras autoridades, haciendo que lugares de dominio público se conviertan en botaderos.

Frente a esta problemática y en vista del crecimiento demográfico de forma acelerada, y que con el pasar de los años empezaron a surgir los problemas ambientales, ya que la explotación de los recursos naturales y su uso indiscriminado ha conllevado a la desaparición de hábitats, o ponerlos en peligro de extinción, se inició a hablar de desarrollo sostenible y en el sector construcción se dio origen a la construcción sostenible.

La construcción sostenible es aquella que involucra el desarrollo sostenible; según la comisión Brundtland el desarrollo sostenible es aquel desarrollo que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias. Es por ello que la construcción sostenible está enfocada en crear estrategias a largo plazo garantizando rentabilidad, calidad y eficacia en los proyectos disminuyendo los impactos negativos que la construcción tradicional origina. Para lograr el desarrollo sostenible se debe tener en consideración aspectos socio económicos, medioambientales y culturales implicados en el diseño, construcción y operación del edificio, empleando materiales que en su ciclo de vida originen un menor impacto ambiental negativo. (SUSUNAGA Monroy, 2014 pág. 16).

Estos materiales garantizan la calidad de aire tanto en el interior y exterior de las construcciones, puesto que no liberan emisiones que causen daño a los ocupantes de las edificaciones y a los que extraen y fabrican los materiales al no contener sustancia volátiles o fibras tóxicas, no generan desperdicios excesivos ya que se pueden reciclar o reutilizar, en su elaboración tienen un bajo consumo de energía, ayudan a minimizar el uso de energía para la operación del edificio pues previenen la pérdida o ganancia del calor, son obtenidos y se producen en el lugar en el

que se desarrolla el proyecto reduciendo así costos de transporte y consumo de energía como lo es la construcción con tierra. (MIÑAN Arenas, 2012 pág. 12)

Las técnicas de construcción con tierra proceden desde aproximadamente más de 9 000 años, las culturas antiguas utilizaron el suelo como material de construcción no solo para viviendas sino que también para las fortalezas y obras religiosas. En Centroamérica, Sudamérica y México existieron construcciones a base de adobe de las culturas precolombinas.

En la edad media (siglo 13-17) se utilizó en toda Europa al suelo como elemento de construcción, para cubrir los techos y hacerlos resistentes al fuego ya que estaban constituidos a base de paja, además como relleno del entramado de madera. Después de la I guerra mundial se construyeron miles de viviendas y asentamientos empleando bloques de barro o tapial ya que los materiales de construcción eran escasos.

Con el transcurrir del tiempo aquellos países que estaban en vías de desarrollo y que eran los únicos que continuaban con la tradición de construir con tierra; cambiaron esta tradición por la construcción empleando el denominado “material noble” alegando que estos materiales son sinónimo de progreso y que las construcciones a base de tierra no son duraderas, pero Europa está intentando recuperar y mejorar estas técnicas y su uso; además pretende extender el conocimiento para emplearlo en la rehabilitación de construcciones existentes experimentando con prototipos y materiales mejorados. Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia, entre otros han integrado la construcción en tierra en las universidades y la sociedad. (MINKE, 2006 pág. 13).

A la tierra como material de construcción se le ha nombrado barro; a la mezcla de arcilla, limo, arena, agregados o grava y bloques o adobe a la tierra arcillosa hechos a mano, para los bloques comprimidos se utiliza el término bloque de suelo y como ladrillo crudo cuando son extraídos de una ladrillera pero no están cocidos.

Las desventajas que presenta el suelo al emplearse como un material de construcción:

No es un material estandarizado ya sus componentes van a depender de la zona de donde se ha extraído y puede presentar diferentes proporciones y tipos de agregados, limos, arcillas, arena. Sus características van a variar de acuerdo al lugar y la forma correcta de la preparación, por lo

que es esencial conocer su composición específica para poder emplearlo y modificar con aditivos en caso de ser necesario.

Se contrae al secar; mediante la evaporación del agua que se emplea en el amasado, para activar la capacidad aglomerante de las arcillas y poder manejar la mezcla; pueden aparecer fisuras. La retracción lineal durante el secado de la tierra húmeda varía entre 3 -12% y para técnicas en mezclas secas entre 0,4-2%, pero estas retracciones se pueden bajar disminuyendo la cantidad de agua y arcilla para así optimizar la composición granulométrica o agregar algún otro material para mejorar sus propiedades.

No es impermeable por lo que se requiere protegerlo de la lluvia y heladas especialmente en estado húmedo mediante aleros, tratamientos superficiales, barreras impermeabilizantes, etc.

En comparación con las desventajas trabajar con el suelo presenta muchas ventajas debido a que:

Regula la humedad ambiental; el barro puede absorber y desorber más rápido la humedad que otros materiales de construcción y en mayor cantidad; es por ello que en los interiores el clima se regula. El laboratorio de construcciones experimentales de la universidad de Kassel – Alemania, mediante un estudio ha demostrado que los bloques de barro su humedad relativa aumenta de un 50%-80% y puede absorber 30 veces más la humedad en comparación con los ladrillos cocidos en el lapso de dos días. En Alemania realizaron las mediciones por 8 años en una vivienda construida de tierra, cuyos resultados mostraron que la humedad relativa es del 50% durante todo el año y oscila entre 5 y 10% ofreciendo condiciones de vida más saludables.

Almacena calor; en zonas en donde las temperaturas son bajas o se requiere de aislamiento térmico, el barro es un material ideal ya que balancea el clima interior por la capacidad de almacenar calor.

Disminuye la contaminación ambiental y ahorra energía; la construcción con tierra solo requiere del 1% de energía que la construcción con concreto armado o ladrillos cocidos requiere dado que para preparar, transportar y trabajar con barro se puede hacer en el sitio.

Economiza costos de materiales y transporte pues comúnmente la tierra que encontramos en las obras proviene de las excavaciones, lo cual puede ser empleado para la construcción. Si es que

le falta arcilla se le puede añadir, o por el contrario si contiene mucha de esta se le puede agregar arena, modificando así la composición del barro; disminuyendo considerablemente los costos.

Respetuoso con el medio ambiente ya que en nuestro medio encontramos materiales que han sido utilizados y que se han ido dejado de lado como la madera, la tierra y la piedra que para su proceso necesita solo ser extraídas y se pueden elaborar directamente, además no se necesita cocción o curado químico como agente de unión ya que la arcilla tiene el efecto cohesivo.

Usuario, confort y salud, ya que en la actualidad muchas personas alrededor del mundo sufren de alguna enfermedad o trastorno originado por los ambientes de las edificaciones, por lo que los edificios deben brindar comodidad, ser un lugar agradable y saludable puesto que es ahí donde se desarrolla o pasa más tiempo el ser humano. En la construcción son cada vez más importantes los aspectos humanos, y la construcción con tierra mejora el confort de los ambientes, ya que en el interior evita los cambios de temperatura requiriendo un menor uso de dispositivos de calefacción o ventilación, permitiendo así que los ambientes estén frescos en verano y calientes en invierno.

Aspectos globales puesto que para optimizar y mejorar la calidad de vida en los países que están en vías de desarrollo, se puede lograr mediante mejoras y desarrollo de procesos de construcción en los que en muchos casos se emplea la tierra.

Aislamiento acústico; ya que las propiedades de aislamiento acústico es mucho mejor que la de un muro tradicional, los muros de tierra no permiten una adecuada transmisión de las vibraciones sonoras por lo que se tornan eficaces como barrera contra la bulla indeseada.

Sostenible; la tierra al ser un recurso de la naturaleza puede regresar a su estado inicial y depositarse a lugares sin originar molestias o peligros y los edificios que no están en uso no representan o generan problemas ambientales. (GATTI, 2012 pág. 9)

Según (RAEL, 2009 pág. 15) puede reutilizar, puesto que en comparación con los materiales de construcción tradicionales, el barro no será un escombros que contamine, puede triturarse y humedecer para volver a utilizarse como material de construcción.

Para mejorar las propiedades del suelo se suelen hacer estabilizaciones, lo cual están clasificados en procesos homogéneos y heterogéneos:

Los procesos homogéneos son aquellos en los cuales a la tierra se le agrega algún material que falte para que cumpla con todos los requerimientos establecidos, por ejemplo; si esta presenta baja cohesión se le agrega arcilla, pero si la mezcla está muy aglutinante se le agrega arena; los cuales se añaden cuando la mezcla está seca y deben asemejarse al material por estabilizar.

En los Procesos heterogéneos se incorpora materiales con la finalidad que brinden estabilidad a la tierra, en los cuales se dividen en:

Consolidantes; este tipo de estabilización consiste en unir los limos con la arena, para que permanezcan enlazados; lo cual se emplean comúnmente el cemento tipo I y la cal. La cal es uno de los materiales consolidantes por excelencia, ya que no solo une las partículas del suelo, sino que además hace que esta aumente su resistencia a los esfuerzos cortantes y de compresión sin modificar la porosidad de la tierra y su adherencia.

Fibras; la adición de fibras desempeñan la función de controlar durante el fraguado el comportamiento de retracción o contracción y dilatación para evitar la aparición de fisuras, además cumplen la función de articular la estructura ya que al unirse las fibras con el suelo forman redes volviéndola flexible ante movimientos sísmicos. Pueden ser de origen animal como lanas, crines de caballo, o vegetal como paja, virutas de madera, fibras, etc. Estas fibras deben estar secas para evitar su descomposición.

Impermeabilizante; la función de los impermeabilizantes es bloquear el paso del agua por lluvia o capilaridad, se emplean grasas de tipo vegetal, animal o fósil los cuales regulan el paso de agua evitando la acción de las arcillas expansivas. (ARTEGA Medina, y otros, 2011 pág. 58).

En la construcción con tierra se emplean diversas técnicas que se han desarrollado hace muchos años atrás como lo es:

La Tapial; es una técnica de las más antiguas de la construcción y la mayor difundida a nivel mundial conocido como el “tapial” o “tapia que consiste en la compactación de tierra arcillosa dentro de un molde mediante un “pisón” para formar muros monolíticos, este encofrado usualmente es de madera que está unido por un travesaño, en el cual se vierten capas de tierra de 10 o 15 cm para ser compactado, luego se hace correr el encofrado a otra ubicación y continuar el muro. (BESTRATEN, y otros, 2011 pág. 6)

Si se emplea adecuadamente demanda de un bajo consumo de energía en la producción, comúnmente no requiere de transporte para las materias primas y es reciclable ya que al demolerse las paredes vuelven al estado inicial del suelo. Además la tapia garantiza un consumo de energía nulo o menor en aparatos de calefacción o acondicionamiento de aire por su propiedades térmicas y el intercambio que ocurre con la humedad en el ambiente interior.

En zonas sísmicas, es necesario emplear diseños sísmos resistentes ya que brinda poca resistencia a los esfuerzos de flexión y tracción y se logra la estabilización de las paredes mediante dimensionamiento apropiadas, utilizando refuerzos, como contrafuertes u otro sistema estructurales asociados. Para estabilizar a la tierra en ocasiones se le añade aditivos como crin de caballo o paja.

La tierra empleada para esta técnica debe mantener la humedad óptima requerida de compactación los cuales giran en torno a un valor del 10% evitando excesos; para medirla solo es necesario tomar un puñado del material y oprimirlo formando una bola firme, si es que esta no se compacta le falta humedad y si la mezcla está muy pegajosa su contenido de humedad es muy alto, y para verificar que sea la humedad optima; la bola se deja caer sobre una superficie plana y firme de aproximadamente 1 metro, si es que esta se rompe presenta un contenido de humedad adecuada para su uso.

El adobe; lo cual este es un ladrillo a base de tierra cruda que se moldea en estado plástico, cuyas medidas son de 35x 25x10 cm y pesa aproximadamente 14kg, la mezcla debe tener más porcentaje de arena que de arcilla y mantenerse húmeda durante dos días para que lo componentes del suelo logren aglomerarse y proceder a elaborar el adobe. Es secado al aire libre durante cuatro días con una protección adecuada para que esta se realice de forma uniforme, si el adobe presenta fisuras o se raja es porque el contenido de arcillas es muy alto y debe realizarse una estabilización; que en este caso es a base de fibras naturales que se debe realizar antes de humedecer la tierra. Para el asentado se emplea mortero de tierra.

En varios países que se encuentran en vías de progreso, esta forma de construcción representa una alternativa de vivienda más común por ser el material abundante y barato, además el adobe por sus propiedades brinda un excelente confort en las viviendas, pero al ser este un material pesado no tiene un buen comportamiento sísmico, por lo que debe contar con un sistema de

refuerzo, pero la construcción con adobe en nuestro país se realiza de forma informal; sin asesoramiento técnico, a pesar de que se cuenta con la norma E-080 “Diseño Sismo resistente con tierra reforzada” para zonas sísmicas y ante un eventual fenómeno estas construcciones colapsan, causando diversas pérdidas económicas y humanas. (NEVES, y otros, 2011 pág. 16)

La Quincha o bahareque; este sistema constructivo es propio de la época prehispánica y que se sigue utilizando en algunas zonas rurales. Está compuesto de un esqueleto en material vegetal relleno con tierra, se puede decir que es una estructura constituida por pies derechos los cuales son troncos de árboles que se introducen a la cimentación o al terreno natural, luego se fijan largueros de caña de una sección menor con separación de 80 y 120 mm entre las cañas y posteriormente se incorporan carrizos, cañas u otro tipo de bambú con las cuales se pueda entramar las secciones en toda su longitud y es revestida con barro en ambas caras. Este sistema tiene la ventaja de ser flexible lo que lo hace resistente a los sismos por ser una estructura liviana con respecto al tapial y al adobe. (ROUX Gutiérrez, y otros, 2012 pág. 28)

El bloque de tierra comprimida (BTC), el cual es el tema a desarrollar en este estudio. Esta tecnología nació en Colombia en la década de los 50 producto de una investigación del Centro Interamericano de Vivienda (CINVA) para producir materiales de bajo costo y de esta misma se desarrolló la prensa CINVA-RAM, denominado así por el centro de investigación y por el apellido del desarrollador, ing. Raúl Ramírez (Chile), empleado para la fabricación de bloques de tierra comprimida (BTC).

El bloque de tierra comprimida es un elemento de albañilería elaborado a base de arcilla comprimida o prensado crudo que son adecuados para usarse en muros. Este bloque puede ser utilizado en cualquier clase de construcción sustituyendo los bloques convencionales de concreto o cerámicos, en albañilería siempre y cuando se verifique las capacidades de resistencia que se establecen en el proyecto. Para optimizar sus propiedades físicas y mecánicas como lo es la resistencia a la compresión, la acción abrasiva del viento, durabilidad y la impermeabilidad se puede utilizar diferentes estabilizantes químicos tipo cal o cemento a diferentes proporciones de tierra. (HERNÁNDEZ Pocero, 2016 pág. 17)

El BTC generalmente se moldea y es prensado con moldes cuya forma permite producir piezas en varias formas y dimensiones. La maquinaria para su fabricación es diferente dependiendo de las necesidades de producción que se requieran y la envergadura de la construcción, se puede usar desde un sencillo equipo de prensado hasta grandes unidades de producción industrial que abarcan pulverizador de suelo, el tamizado, mezcladora, dosificador, prensado y otros accesorios. La presa más conocida y empleada para la compactación es la CINVA RAM que tiene una caja de 16x29x14 cm.



Figura 1. Diferentes formas de bloque de tierra comprimida (BTC).
Fuente: (Construye diferente , 2017)

Las medidas más usuales son de 10x15x30 cm y está compuesto con un 82,75% de tierra, 6,20% de arena y el 11,03% de estabilizante que puede ser cemento o cal. Para la compactación previamente se debe cernir la mezcla e introducir la tierra estabilizada en la caja de la prensa o bloquera y cerrar la caja para poner la barra de metal y aplicar la presión necesaria, luego se saca el bloque para el curado correspondiente que dependiendo de la humedad puede durar dos días o una semana. Los bloques pueden presentar diversas características ya que también pueden ser perforados haciendo que estos sean más ligeros posibilitando su refuerzo.

Para la elaboración del bloque de tierra comprimido (BTC) con la adición de residuos derivados de la construcción y demolición (RCD) estuvo regida bajo las la norma E 070 y E 080 del RNE;

además de la normativa pertinente para los ensayos que se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos.

La norma (NORMA E-080, 2017 pág. 4) “Diseño y construcción con tierra reforzada” presenta las características mecánicas de los materiales a emplearse en la construcción con tierra reforzada, establece requisitos y criterios para un diseño sismorresistente, construcción, reparación y reforzamiento de las edificaciones a base de tierra reforzada, además de presentar las pruebas a realizarse para la selección del material principal como lo es la tierra.

En la norma (E.070, 2006 pág. 295) de “albañilería” se encuentra establecido los requerimientos y exigencias mínimas que se debe tener en cuenta para el diseño, análisis, selección de materiales, proceso de construcción, la inspección de calidad en las edificaciones con sistema de albañilería confinada y armada. Para la realización de las pruebas la norma establece regirse bajo las normas técnicas de albañilería, NTP 399.613 Unidades de Albañilería. Métodos y ensayos de ladrillos de arcilla usados en albañilería,

Problema general

- ¿La elaboración de un bloque de tierra comprimido (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) reducirá los costos en relación con aquel bloque que usa agregado tradicional, como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020?

Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características del suelo para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020?
- ¿Cuál es la dosificación óptima para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020?
- ¿Cuál es el porcentaje de RCD en reemplazo del agregado tradicional para la elaboración del BTC como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020?
- ¿Cuál es la resistencia mecánica a compresión y absorción de los BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020?
- ¿Cómo puedo comparar el costo beneficio del BTC que emplea agregados tradicionales, con el BTC que utiliza RCD en sustitución del agregado fino, como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020?

El proyecto de investigación se justifica de forma práctica puesto que el bloque de tierra comprimida (BTC) representa un material sostenible para contribuir a la disminución de GEI que un ladrillo tradicional origina, y con la adición de agregado de residuos de construcción y demolición se intenta reducir los impactos negativos que estos generan cuando no reciben una gestión adecuada; algo que es nulo en nuestra ciudad. Así mismo intentar obtener un material sostenible que posibilite el retorno de la construcción con tierra con mejoras y, una solución para los problemas de residuos sólidos provenientes de la construcción y demolición.

Además se justifica teóricamente ya que en esta investigación se pondrá en práctica los conocimientos adquiridos, procedimientos y ensayos para buscar que el bloque de tierra comprimida (BTC) cumpla con los requerimiento que se encuentran establecidos en la norma E. 070 de albañilería para su posible uso, en vista de que actualmente el medio ambiente es un tema de suma importancia e interés y la construcción debe incluir el desarrollo sostenible en el ciclo de vida de las edificaciones dado que la mayor parte de vida de las personas se desarrolla en una edificación, logrando que así este sea un ciclo cerrado; brindando un entorno saludable y con cuidado ambiental, por lo que parte del rol del ingeniero civil ahora es crear nuevas tecnologías no solo en beneficio del ser humano si no que se tenga en cuenta el ambiente en el que vivimos.

También tiene una justificación de relevancia social ya que puede ser utilizado en la construcción de viviendas para personas de bajos recursos económicos por lo que en su fabricación y transformación no demanda mucha energía y puede ser solución para lugares en los que la fabricación de ladrillos artesanales es común; donde se fabrican unidades sin cumplir los estándares de calidad y mucho menos los ambientales, y este tipo de bloques puede sustituirlo.

Además de llevar a una reflexión a los futuros profesionales, inversionista en proyectos de vivienda, mostrando que se puede emplear, innovar unidades de albañilería con responsabilidad social y ambiental en cuya composición se puede incluir materiales provenientes del reciclaje. Asimismo, se justifica metodológicamente pues esta investigación será de referencia para profesionales, investigadores, empresarios que buscan nuevas alternativas para la construcción con cuidado ambiental.

Hipótesis general

- La elaboración de un bloque de tierra comprimido (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) reduce los costos en relación con aquel bloque que utiliza agregado tradicional, como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.

Hipótesis específicos

- Se determinó las características del suelo para la elaboración del BTC con adición de RCD como material sostenible en la ciudad de Piura_ 2020.
- Se logró determinar la dosificación óptima para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_ 2020.
- Se determinó el porcentaje de RCD en reemplazo del agregado tradicional para la elaboración del BTC como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.
- Se determinó la resistencia mecánica a compresión y absorción de los BTC con adición RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.
- Se logró comparar el costo beneficio del BTC que emplea agregados tradicionales, con el BTC que utiliza RCD en sustitución del agregado fino, como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_ 2020.

Objetivo general

- Elaborar un bloque de tierra comprimido (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.

Objetivos específicos

- Determinar las características del suelo para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.
- Determinar la dosificación óptima para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_ 2020.
- Determinar el porcentaje de RCD en reemplazo del agregado tradicional para la elaboración del BTC como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_ 2020.
- Determinar la resistencia mecánica a compresión y absorción del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.

- Comparar el costo beneficio del BTC que emplea agregados tradicionales, con el BTC que utiliza RCD e sustitución del agregado fino, como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_ 2020.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

El presente proyecto según Dankhe (1986) es de tipo descriptivo, ya que está basado en especificar propiedades de cualquier fenómeno que se someta a su análisis, midiendo diferentes aspectos del fenómeno. Este tipo de investigación mide o recoge información de manera independiente o conjunta sobre las variables (HERNANDEZ Sampieri, y otros, 2006 pág. 82)

El diseño es experimental con enfoque cuantitativo; ya que el encargado de la investigación tiene un rol activo, haciendo algo a los sujetos del estudio para luego observar sus consecuencias, es decir va a introducir cambios deliberados con la finalidad de observar los efectos que producen. (TAM Málaga , y otros, 2008 pág. 149)

En esta investigación se buscó determinar el efecto de la adición de residuos de construcción y demolición (RCD) en sustitución del agregado fino (arena) en el bloque de tierra comprimida (BTC), y los datos se obtuvieron mediante la observación de fenómenos; como son los ensayos de granulometría, límites de consistencia, peso específico, resistencia a la compresión y absorción en el laboratorio de mecánica de suelos.

2.2. Operacionalización de variables

Variable independiente: Residuos de construcción y demolición (RCD)

Variable dependiente: Bloque de tierra comprimida (BTC)

Tabla 1.Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Residuos de construcción y demolición (RCD)	Los Residuos sólidos provenientes de la construcción y demolición son aquellos que se generan en los trabajos y procesos de construcción, demolición, rehabilitación, remodelación de edificaciones e infraestructura. (Decreto supremo N° 003-2013 vivienda, 2013 pág. 10)	Cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD)	Los residuos empleados son aquellos materiales residuales que se originaron en el proceso de una remodelación de vivienda, lo cual se utilizaron desechos de concreto; que mediante un proceso de trituración manual se logró obtener partículas del tamaño similar al agregado fino.	45%-50%-65%	Razón
		Diseño de mezcla con residuos de construcción y demolición (RCD)		Dosificación	Razón
		Costo- Beneficio		Análisis de precios unitarios	Razón

Fuente: elaboración propia

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Bloque de tierra comprimida (BTC)	Pieza que se emplea en la albañilería, generalmente en forma de paralelepípedo rectangular, que es obtenida por compresión estática o dinámica de tierra húmeda, seguida de un desmolde inmediato, y que puede contener estabilizantes o aditivos para alcanzar o desarrollar las características particulares de los productos (AENOR , 2008 pág. 5)	Cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD)	Unidad de albañilería crudo, elaborado a base de tierra de arcilla, arena y estabilizante (cemento) comprimido con una maquina prensadora de tipo CINVA RAM	45%-50%-65%	Razón
		Diseño de mezcla con residuos de construcción y demolición (RCD)		Dosificación	Razón
		Características del suelo.		Tipo de suelo	Nominal
		Resistencia mecánica a la compresión y absorción.		Norma E0-70	Intervalo
		Costo- Beneficio		Precios unitarios	Razón

Fuente: elaboración propia

2.3. Población y muestra

Población:

Bloques de tierra comprimida (BTC); los cuales se elaboraron un total de 60 unidades para sus respectivos ensayos, en 3 dosificaciones diferentes para bloques tradicionales y bloques empleando residuos de construcción y demolición.

Residuos de construcción y demolición (RCD) que reemplazó al agregado fino en la dosificación de mezcla; estos residuos son provenientes de concreto simple provenientes de una remodelación de vivienda, el cual se trituró hasta obtener partículas similares al agregado tradicional.

Muestra

Para la selección de la muestra de acuerdo a la NTP E.070 Se empleó 8 unidades; cinco unidades que se utilizaron en los ensayos para encontrar la resistencia a la compresión y las restantes se emplearon en el ensayo de absorción.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Para lograr cada uno de los objetivos específicos se utilizó las siguientes técnicas y herramientas:

En el primer objetivo, determinar las características del suelo a emplearse en la elaboración de BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020, se aplicó como técnica la observación de hechos en el laboratorio de mecánica de suelos, empleando como herramientas el Manual de ensayo de materiales en conjunto con la normativa para un análisis detallado en la realización de los ensayos; utilizando como herramientas las fichas de recolección de datos.

Para determinar la dosificación óptima en la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020, la técnica que se empleó es el análisis documental para la elaboración del BTC y la observación de hechos in situ, empleando como instrumentos fichas de recolección de datos y los instrumentos de laboratorio para la realización de los ensayos.

Asimismo; para determinar el porcentaje de adición de RCD en reemplazo del agregado tradicional para la elaboración del BTC como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020, se utilizó como técnica el análisis documental y la observación de los hechos de forma directa, teniendo en cuenta las consideraciones de la Portland Cement Association (P.C.A) para la estabilización del suelo, junto con el análisis de los antecedentes, los instrumentos de laboratorio y las fichas para recolección de datos.

Para determinar la resistencia mecánica a compresión y absorción de los BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_ 2020 se utilizó como técnica la observación de los hechos de forma directa y la recolección de datos en laboratorio; los instrumentos a emplearse en los ensayos son las fichas de recolección de datos junto con la normativa existente para la realización de los mismos, como también los instrumentos de laboratorio.

Finalmente para poder comparar el costo-beneficio del BTC que emplea agregados tradicionales, con el BTC que utiliza RCD en sustitución del agregado fino, como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020; se empleó como técnica el análisis documental que empleará como instrumento el análisis de precios unitarios.

Validación y confiabilidad del instrumento

La validación de los instrumentos se hizo mediante juicio de expertos; lo cual es un método que verifica la fiabilidad de los instrumentos a emplearse por personas que tienen conocimiento, trayectoria en el tema; por lo que están capacitadas para poder juzgar, dar valoración e información a los mismos (ROBLES Pilar y DEL CARMEN Manuela, 2015).

Tabla 2.Técnicas e instrumentos de recolección de datos

OBJETIVO ESPECÍFICO	TÉCNICA	INSTRUMENTO	LOGRO	FUENTE
Determinar las características del suelo para la elaboración del BTC con RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_ 2020.	Análisis Documental	Antecedentes Manual de ensayo de materiales N.T.P: 339.127, 339.128, 339.129,339.131 y 400.017.	Se determinó las características del suelo para la elaboración del BTC	Bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD)
	Observación – Exploración in situ	Instrumentos de laboratorio y fichas de recolección de datos.		
Determinar la dosificación óptima para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.	Análisis Documental	Antecedentes Portland Cement Association (P.C.A)	Se estableció la dosificación óptima para la elaboración del BTC con adición de RCD	
	Observación – Exploración in situ	Instrumentos de laboratorio y fichas de recolección de datos.		
Determinar el porcentaje de RCD en reemplazo del agregado fino para la elaboración del BTC como material de construcción	Análisis Documental	Antecedentes	Se determinó el porcentaje de RCD en reemplazo del agregado	

sostenible en la ciudad de Piura_ sostenible en la ciudad de Piura_2020.	Observación – Exploración in situ	Fichas de recolección de datos.	tradicional en la elaboración de los BTC
Determinar la resistencia mecánica a compresión y absorción del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.	Análisis Documental	Norma técnica peruana (NTP) 339.613 Norma E.070 Albañilería Norma E.080 construcción con tierra reforzada	Se determinó la resistencia mecánica a compresión y absorción de los BTC con adición de RCD
	Observación – Exploración in situ	Instrumentos de laboratorio y fichas de recolección de datos.	
Comparar el costo-beneficio del BTC que emplea agregados vírgenes, con el BTC que utiliza RCD en sustitución del agregado fino, como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.	Análisis Documental	Análisis de precios unitarios S10	Se comparó el costo beneficio del BTC que emplea agregados tradicionales, con el BTC que utiliza RCD en sustitución del agregado fino.

Fuente: elaboración propia

2.5. Procedimiento

Con el fin de lograr desarrollar cada uno de los objetivos propuestos se realizó el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar el tipo de suelo:

Para la selección del suelo a emplearse en la elaboración de los bloques, es necesario realizar una serie de pruebas in situ que permitan verificar que este es el suelo adecuado, por lo que se puede realizar algunas pruebas como:

Cinta de barro: Se emplea una muestra de barro húmeda, esta prueba permite tener una percepción del contenido de arcillas que presenta el suelo en un tiempo de aproximadamente 10 minutos; consiste en hacer un cilindro de 12 mm de diámetro que luego con la ayuda de la palma de la mano se aplana poco a poco para formar una cinta de aproximadamente 4 mm de grosor y se deja estirar lo más que se pueda, si esta logra una longitud de 20-25 cm es un suelo muy arcilloso, pero si a los 10 cm o menos se corta; el suelo contiene poca presencia de arcilla. (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2017 pág. 19)

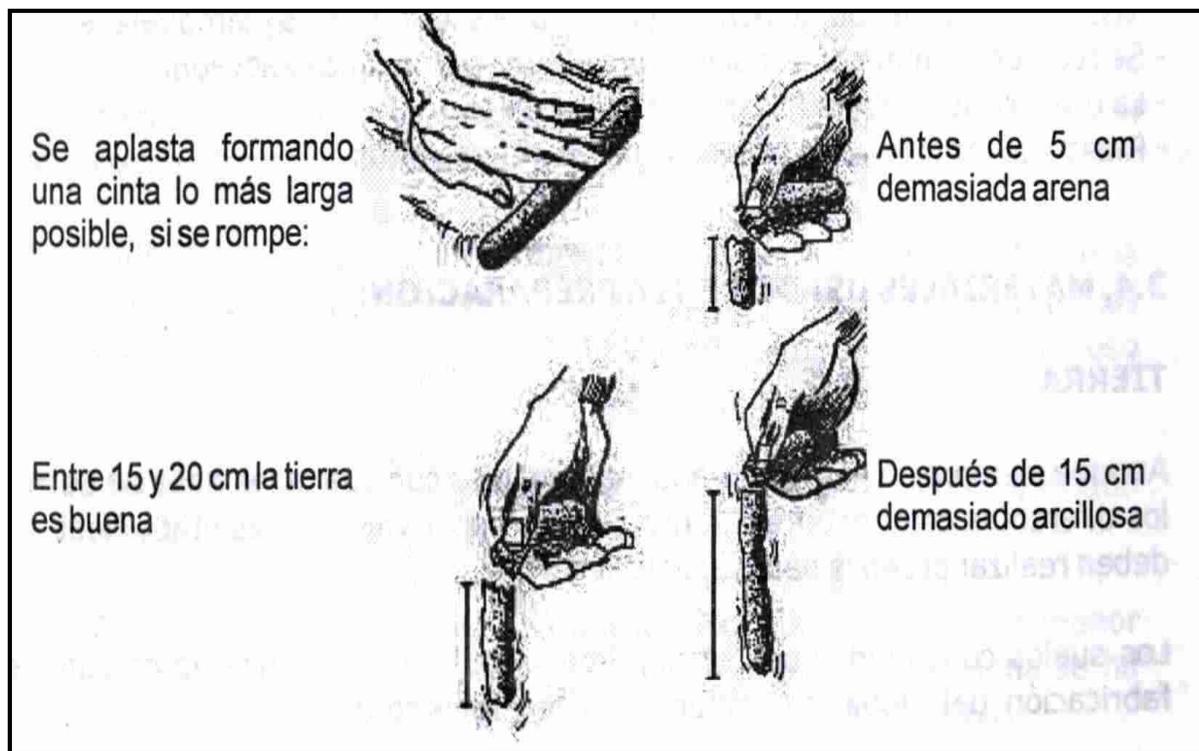


Figura 2. Prueba “cinta de barro”. Fuente: (SENA, 2012)

Presencia de arcilla o resistencia seca: Para realizar esta prueba se forman 4 bolitas empleando tierra de la zona que es considerada a usarse como material de construcción, agregando una mínima proporción de agua; solo lo necesario que permita formar sobre la palma de las manos cada una de ellas sin que se deformen significativamente a simple vista, se dejan secar por 48 horas evitando que se humedezcan, luego cada una se presiona fuertemente, y si es que se quiebra, rompe o agriete se debe realizar nuevamente el procedimiento y si vuelve a presentar defectos se desecha la cantera de tierra de donde proviene la muestra, a menos que se le agregue arcilla para su uso, pero si no se quiebra o agrieta ninguna de estas, la cantera puede utilizarse como material de construcción. (NORMA E-080, 2017 pág. 20)



Figura 3. Prueba “Presencia de arcilla”. Fuente: (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2009) .

Ensayo de sedimentación en frasco: este ensayo se realiza en procesos empíricos; cuando no se cuenta con un laboratorio accesible y es indispensable tener conocimiento acerca del contenido de arcilla y arena. Consiste en agregar en un frasco transparente $\frac{1}{4}$ de suelo y $\frac{3}{4}$ de agua, agitar el frasco por aproximadamente 2 minutos y luego dejar reposar por lo menos 30 minutos para observar las capas de grava; las cuales se depositarán en el fondo, seguido de la arena, limo y arcillas.

Estas proporciones son referenciales y nos permite tener una noción acerca de la distribución de los componentes del suelo. (MANIATIDIS, Vasiliou y WALKER, Peter, 2003 pág. 7)

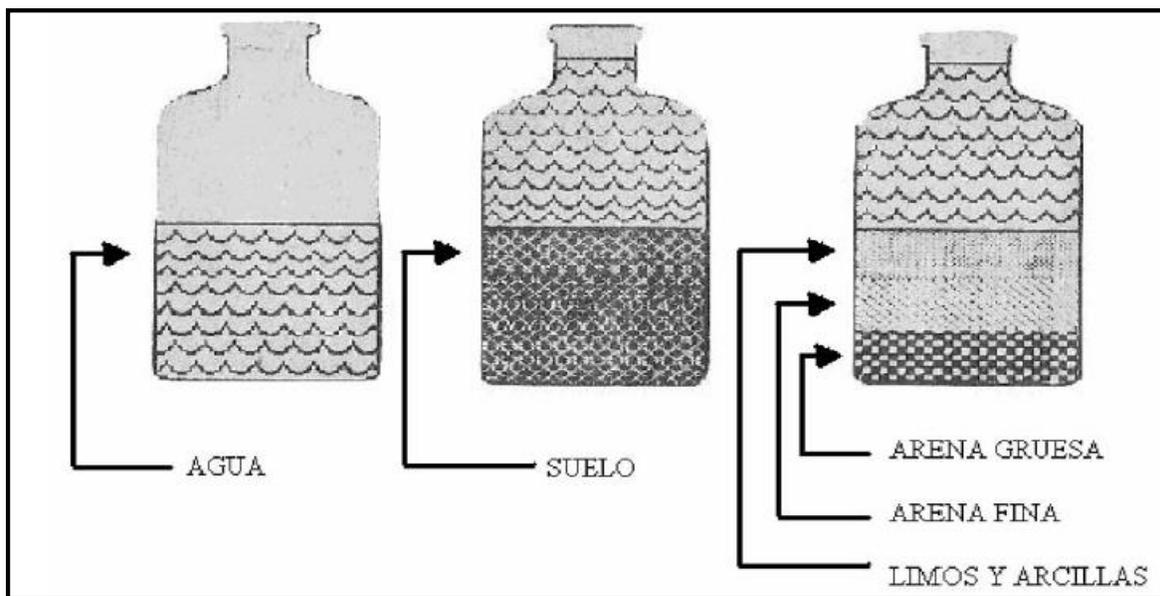


Figura 4. Prueba de sedimentación en frasco. Fuente: (TOIRAC Corral, 2008)

2. Extracción del suelo: La tierra que se empleó en la elaboración de los BTC procede del C.P Valle de los Incas - Lloque Yupanqui en el distrito de Tambogrande.



Figura 5. Lugar de donde se extrajo el suelo. Fuente: (elaboración propia)

Después de haber verificado in situ que el suelo contiene arcilla, se procedió a la extracción del mismo, es necesario eliminar la primera capa del suelo ya que puede contener materia orgánica. La tierra a emplearse puede extraerse del sitio; en donde se van a fabricar las unidades de albañilería, o ser extraída de canteras y llevada a la planta en donde se elaborarán.

Además de requerir del suelo para la fabricación de los BTC, en relación a este estudio es necesario obtener el agregado fino que provenga de residuos de construcción y demolición, por lo que se recolectaron con el fin de triturar y obtener partículas similares a las del agregado convencional.

Trituración de los Residuos de construcción y demolición (RCD): Luego de haber realizado la limpieza correspondiente y separar aquellos que se iban a necesitar, se procedió a desintegrar con el fin de obtener el agregado fino, lo cual se hizo de forma manual, utilizando una barra de metal y martillo, ya que no se encontró una máquina trituradora que realice este servicio para cantidades pequeñas y las chancadoras usuales lo realizan para grandes volúmenes. Estos residuos se obtuvieron de concreto simple provenientes de una remodelación de vivienda.



Figura 6. Residuos seleccionados para triturar y obtener el agregado fino.
Fuente:(Elaboración propia).

Para tener una mejor visión y conocimiento del tipo de suelo con el que se va a trabajar se procedió a realizar ensayos en laboratorio como son:

Análisis granulométrico (NTP 400.012) Este ensayo nos permite determinar de forma cuantitativa las diferentes partículas del suelo, permite separar y clasificar por tamaños los granos del suelo en los diferentes tamices ya que el material es cernido en mallas de diferentes diámetros. Para el cálculo del porcentaje retenido en cada malla, se determina por el peso retenido en cada tamiz entre el peso total de la muestra:

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{peso retenido en el tamiz}}{\text{peso total}} * 100$$

Se realizó el análisis granulométrico a los componentes de la mezcla para elaborar el BTC, el cual es: suelo, arena y los residuos de construcción y demolición ya triturados.

Equipos y materiales: balanza, serie de mallas ASTM, horno, envases, cepillo.

Límites de consistencia (NTP 339.129): Los límites de consistencia o también conocido como límites de atterberg se emplean para representar el comportamiento que tienen los suelos finos, puesto que conocer la plasticidad de un suelo es esencial porque permite saber la capacidad que tiene para ser moldeado, depende del contenido de arcilla ya que este es el que actúa como ligante y permite darle la forma sin que se desmorone el bloque al ser sacado de la caja.

Limite líquido (LL): es la humedad que presenta el suelo en estado semi líquido y plástico. Para determinar este límite se emplea la copa de Casagrande.

Limite plástico (LP): es cuando el suelo pasa de estado plástico a semi solido hasta romperse. (DUQUE Escobar, Gonzaloy ESCOBAR Potes, Enrique, 2002 pág. 33)

Equipos y materiales: copa de Casagrande, acanalador, balanza, vidrio, horno, espátula, recipiente.

Contenido de humedad (NTP 339.127): Este ensayo aplicado a las muestras del suelo permite obtener la cantidad de agua que contienen en su estado natural, expresado en porcentajes. La humedad va a depender de las condiciones atmosféricas en la que se encuentre el material. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2016 pág. 49)

Equipos: horno, balanza, recipientes, utensilios.

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de material seco}} * 100$$

Para la elaboración de los BTC y realizar un diseño más exacto, además que estos datos me permite realizar un análisis de costos unitarios es esencial conocer su peso específico y unitario del suelo y los agregados.

Equipos y materiales: horno, balanza, recipientes y utensilios.

Peso Volumétrico o unitario suelto (NTP 400.017): Mediante este ensayo es posible determinar el peso unitario de un suelo suelto o compactado y el porcentaje de vacíos. Nos permite conocer la relación masa/volumen

Equipos y materiales: Balanza, recipiente cilíndrico con agarraderas, pala de mano.

Gravedad específica (NTP 339.131): También conocida como densidad relativa, mediante la cual es posible determinar el peso específico seco de un suelo o agregados. Obteniendo el peso específico nos permite calcular y obtener el volumen que ocupa el suelo y agregado fino en la mezcla. Se realizó este ensayo con la finalidad de calcular y corregir el diseño de mezcla.

Equipos y materiales: balanza, fiola, recipiente

3. Tamizado:

El suelo que se extrajo presentaba una humedad mínima, aparentando estar seco por lo que no fue necesario ponerlo a secar, ya que en su condición natural permitió proceder a realizar el tamizado. Para realizar un correcto tamizado de material es necesario pulverizar el suelo para que este tenga una granulometría que logre pasar una malla de 5 mm de abertura. Este procedimiento se realiza con el fin de mejorar la compactación, se realizó de forma manual. Para procesos industrializados y mejorar el rendimiento en la elaboración de bloques se utiliza máquinas trituradoras de terrones y tamizadora de tierra.

4. Dosificación y mezclado:

Después de haber realizado los ensayos del suelo que se empleó como material de construcción, se verificó que este contenía un alto porcentaje de finos, presentando ser un suelo limos arcillosos de baja plasticidad, por lo que se realizó una estabilización granulométrica adicionando arena para disminuir la plasticidad y darle una granulometría variada. Previamente

se analizó las investigaciones tomadas como referencias en esta investigación para distribuir los diferentes porcentajes por los que debe estar compuesta la mezcla.

Tabla 3. Dosificación óptima de mezcla según investigaciones

Antecedente	Según Autor	Empleada por el autor (Antecedente)
(VÁSQUEZ Hernandez, y otros, 2015)	(GERNOT Minke,2008) 14% arcilla y 22% Limo 64% Arena	35-25% tierra 60 -70% arena 5% estabilizante
(BERLIGIERI, 2017)	(Roseto 1996) 5-10% arcilla y 10-20% Limo 60-80% Arena	60-40% Arcilla y limos 40-60% Arena 10% cemento
(MEJÍA pacheco, 2018)	15-20% limos y arcilla 50-70% arena	25-50% Arcilla y Limos 70-45 Arena 5% Cemento
(ABANTO Flores, Peter y AKARLEY Poma, Luis, 2014)	20-40% limos y arcillas 60-8% arena	25% Arcillas y Limos 75% Arena
(DURAND Orellana, y otros, 2017)	1:5:0,5	31% Limos y Arcillas 69% Arenas 20% Cemento

Fuente: elaboración propia

Para garantizar que el bloque sea durable al ser expuesto a la intemperie, se puede realizar una estabilización, por lo que en este proyecto de investigación se realizó una estabilización suelo cemento para la elaboración de los BTC.

Estabilización suelo cemento

La Portland Cement Association lo define como “el suelo- cemento es una mezcla intima de suelo, que previamente pulverizado, empleando diferentes proporciones de agua y cemento se compacta y cura para obtener una mayor densidad, que al hidratarse el cemento se trasforma en un material duro, durable y rígido, usándose principalmente en las bases para pavimentos de carreteras, calles y aeropuertos”

Menciona que el suelo- cemento compactado comúnmente requiere de cemento en peso seco de la mezcla entre el 2-25%, el promedio es del 10%, mientras más finos presente la mezcla mayor es el porcentaje de cemento, por lo que aquí el problema de que puede resultar costosa la construcción, por eso se recomienda que no pase del 15%.

Tabla 4. Cantidad de cemento requerida por el tipo de suelo según la PCA.

Grupo de suelos según AASTHO	Porcentaje por volumen	Porcentaje por peso
A-1-a	5-7%	3-5%
A-1-b	7-9%	5-8%
A-2-4	7-10%	5-9%
A-2-5	7-10%	5-9%
A-2-6	7-10%	5-9%
A-2-7	7-10%	5-9%
A-3	8-12%	7-11%
A-4	8-12%	7-12%
A-5	8-13%	8-13%
A-6	10-14%	9-15%
A-7	10-14%	10-16%

Fuente: (DE LA FUENTE Lavalle, 2013)

La PCA también recomienda que la suma de arcillas y limos varíe entre el 20-45% y que contenga arena preferiblemente entre el 55% y 80%. Limite líquido no mayor a 45% y limite plástico no mayor de 20%. (DE LA FUENTE Lavalle, 2013 pág. 21)

Además que el suelo ideal para estabilizar con cemento según (TOIRAC Corral, 2008) es aquel que contiene las siguientes características:

Tabla 5. Suelo ideal para realizar estabilización suelo-cemento

Características	Arena	Limo	Arcilla	L.L	L.P
Debe pasar el tamiz #4 (4.8mm)	80%	30%	50%		
	Optimo: 55-75%	Optimo: 0-28%	Optimo: 15-18%	<45%	<18%

Fuente: (TOIRAC Corral, 2008)

Teniendo en cuenta estos parámetros y sabiendo que la adición de cemento es importante porque determina la durabilidad y resistencia del bloque, he creído conveniente agregar el 15% del peso total de la mezcla, siendo la siguiente dosificación presentada en porcentajes, que se empleó:

Tabla 6. Dosificación en porcentaje por peso utilizado en la elaboración de los BTC.

BLOQUE	SUELO	ARENA	RCD	ESTABILIZANTE
BTC1	20%	65%		15%
BTC2	35%	50%		15%
BTC3	40%	45%		15%
BTC+RCD1	20%		65%	15%
BTC+RCD2	35%		50%	15%
BTC+RCD3	40%		45%	15%

Fuente: elaboración propia.

Los componentes de la mezcla deben ser mezclados en seco, junto con el estabilizante, hasta obtener una mezcla uniforme.

Componentes del suelo

Arcilla: las arcillas cuyo diámetro de sus partículas es menor a 0,002mm son esenciales para poder dar cohesión a la mezcla y la plasticidad con el fin de moldear el bloque sin que este se desborone.

Arenas: las arenas cuyas partículas varían entre 0,063 y 2 mm, este componente le proporciona la estructura al bloque, que al unirse con el cemento lo hace más resistente.

Cemento: el estabilizante permite mejorar las propiedades de los suelos con respecto a las características de resistencia y estabilidad. Para la elaboración de los bloques se empleó cemento Portland tipo MS (tipo II); ya que fue el más accesible. Para realizar la estabilización según (NOBLE, y otros, 1970) menciona que el cemento tipo I permite a la mezcla alcanzar más resistencia que cuando se usa el cemento tipo II, esto debido a la mayor cantidad de aluminato tricálcico y sulfato de calcio.

Agua: la adición del agua a la mezcla va a permitir hidratar las partículas de sus componentes y hacer reaccionar al cemento como consolidante. Se debe tener en cuenta que el agua que se le adicione a la mezcla debe ser solo lo esencial ya que si se le adiciona mucho puede resultar una mezcla que no se pueda compactar por excesiva humedad.

Para procesos industriales se emplea mezcladoras de eje horizontal para evitar la formación de grumos, ya que al trabajar con mezcla no plástica se puede formar grumos si se realiza en una mezcladora tradicional como el “trompo”

Para elaborar un bloque se realizó un análisis unitario teniendo en cuenta lo siguiente:

$$\text{Volumen del Bloque: } 0.248\text{m} \times 0.123\text{m} \times 0.07\text{m} = 0.0021353$$

Tabla 7. Dosificación en peso empleada para 01 bloque de BTC1.

Material	Peso unitario seco (kg/m ³)	Peso x (%)	Peso (Kg)
Suelo (20%)	1 195	3.06 x 0.20	0.61
Arena (65%)	1 575	4.04 x 0.65	2.62
RCD (65%)	1 395	3.57 x 0.65	2.32

	Peso del suelo (Suelo+ Arena)		3.24
	Peso del suelo (Suelo+ RCD)		2.94
Cemento (15%)	1 500	3.24*0.15	0.49
PESO DE BTC1			3.72 kg
Cemento	1 5000	15%	0.44
Peso de BTC+RCD1			3.38 kg

Fuente: elaboración propia

Después de haber realizado el análisis del material que se requiere para elaborar un bloque, en el cual en la tabla 7 se muestra que para la unidad que emplea agregado tradicional el peso a considerar es de 3.72 kg, mientras que el que utilizó residuos de concreto triturado el peso aproximado es de 3.38 kg. Cabe señalar que este peso es para el BTC1, cuyo porcentaje es igual para el BTC+RCD1, además que se consideró 20% de esponjamiento, para así realizar el compactado, ya que el cálculo realizado se efectuó con el peso volumétrico o peso unitario seco suelto.

Tabla 8. Dosificación en peso para elaborar 10 bloques.

Bloque	Suelo (Kg)	Arena (kg)	Rcd (kg)	Cemento (kg)	Agua L
BTC1	6.15	26.25		4.85	5.5
BTC2	10.75	20.18		4.63	5.5
BTC3	12.25	18.16		4.56	5.5
BTC+RCD1	6.15		23.23		5.5
BTC+RCD2	10.75		17.87		5.5
BTC+RCD3	12.25		16.09		5.5

Fuente: elaboración propia

En la tabla 8 se muestra el peso que se requiere para elaborar 10 bloques según el porcentaje de las dosificaciones planteadas, en donde se utilizó aproximadamente 5.5 litros de agua,

efectuando siempre un control de humedad. Cabe señalar que esta cantidad de agua puede variar de acuerdo al porcentaje de humedad que presenta el suelo en estado natural.

Tabla 9.Relación en volumen

RELACIÓN EN VOLUMEN		
CEMENTO	SUELO	AGREGADO
1	2.50	6.15

Fuente: elaboración propia

5. Control de humedad:

Para poder realizar el prensado de los bloques es imprescindible verificar que el suelo presente una humedad en estado no plástico, es por ello que la incorporación del agua a la mezcla debe realizarse en forma de lluvia con una regadera o similar hasta conseguir que la humedad se realice de forma uniforme, por lo que para una mezcla de 35 kg aproximadamente, se agregó 5.5 litros, y para verificar que la humedad es la óptima se realizó un ensayo conocido como la “prueba de humedad” que consiste en formar una bola con la tierra a emplearse, comprimirla con el puño fuerte para después soltarla a una altura de 1.10m , y se interpreta si la bola se desintegra la mezcla está demasiado seco, si la bola se rompe en 5 pedazos o más la humedad es la correcta, y si esta no se desintegra la humedad que presenta es demasiado alta .

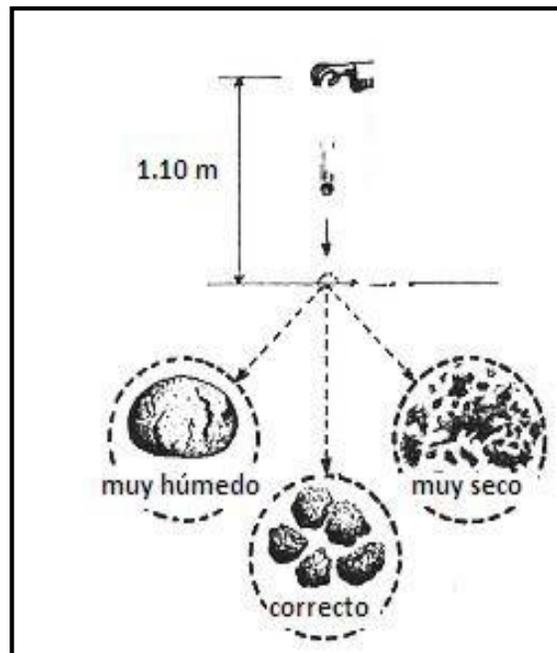


Figura 7. Prueba de humedad .Fuente: (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2009)

6. Compactación y moldeo:

Luego de realizar los ensayos de mecánica de suelos requeridos, se procedió a la elaboración del bloque; cuyas medidas estuvieron definidas por el tamaño del molde de la máquina. Para realizar la compactación, la mezcla suelta se comprime mediante una máquina prensadora.

Las máquinas pueden usarse desde un sencillo equipo hasta unidades más complejas, dentro de las cuales se pueden encontrar las mecánicas y las hidráulicas, existe la conocida como CIMVA-RAM, permitiendo fabricar bloques de suelo cemento de buena calidad, cuyo esquema está basado en la fuerza que se ejerce a través de una palanca.

Máquina prensadora CINVA RAM (Modificada):



Figura 8. Máquina prensadora para elaborar los BTC. Fuente: (Elaboración propia).

En este proyecto se elaboró una máquina prensadora, teniendo en cuenta los criterios según el ingeniero (LOU Ma, 1981) para poder confeccionar una máquina establecida en el Manual para la construcción de la CETA-RAM, denominándolo así por el creador de la CINVA RAM, el ingeniero Raúl Ramírez y al Centro de Experimentación de Tecnología Apropriada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, la cual está conformada por planos y

especificaciones que un operario calificado puede confeccionar, así mismo se tuvo en cuenta planos del proyectista Reinaldo Tavares el cual se compró vía online.

La máquina prensadora permite obtener bloques de 24.8*12.3, está hecha a base de perfiles de aluminio, cuenta con un pistón que permite comprimir la mezcla y una palanca para accionar el mismo. Inicialmente se pensó obtener bloques de 25*12.5, pero por errores de construcción la caja quedó establecida con esas medidas.

7. Curado y acopio:

Después de la fabricación de los bloques se realizó el curado para que este adquiriera sus propiedades mecánicas, para asegurar que el fraguado se realice de la mejor forma, estos se deben proteger frente a la lluvia y al sol.

Durante las primeras 24 horas se debe controlar que no pierdan humedad de forma brusca; por lo que se debe cubrir con plástico. El curado a los bloques se hizo durante 7 días, mojándose dos veces por día, por la mañana y tarde, evitando que pierdan humedad por lo que se cubrió con plástico.



Figura 9.Curado de BTC. Fuente: (Elaboración propia)

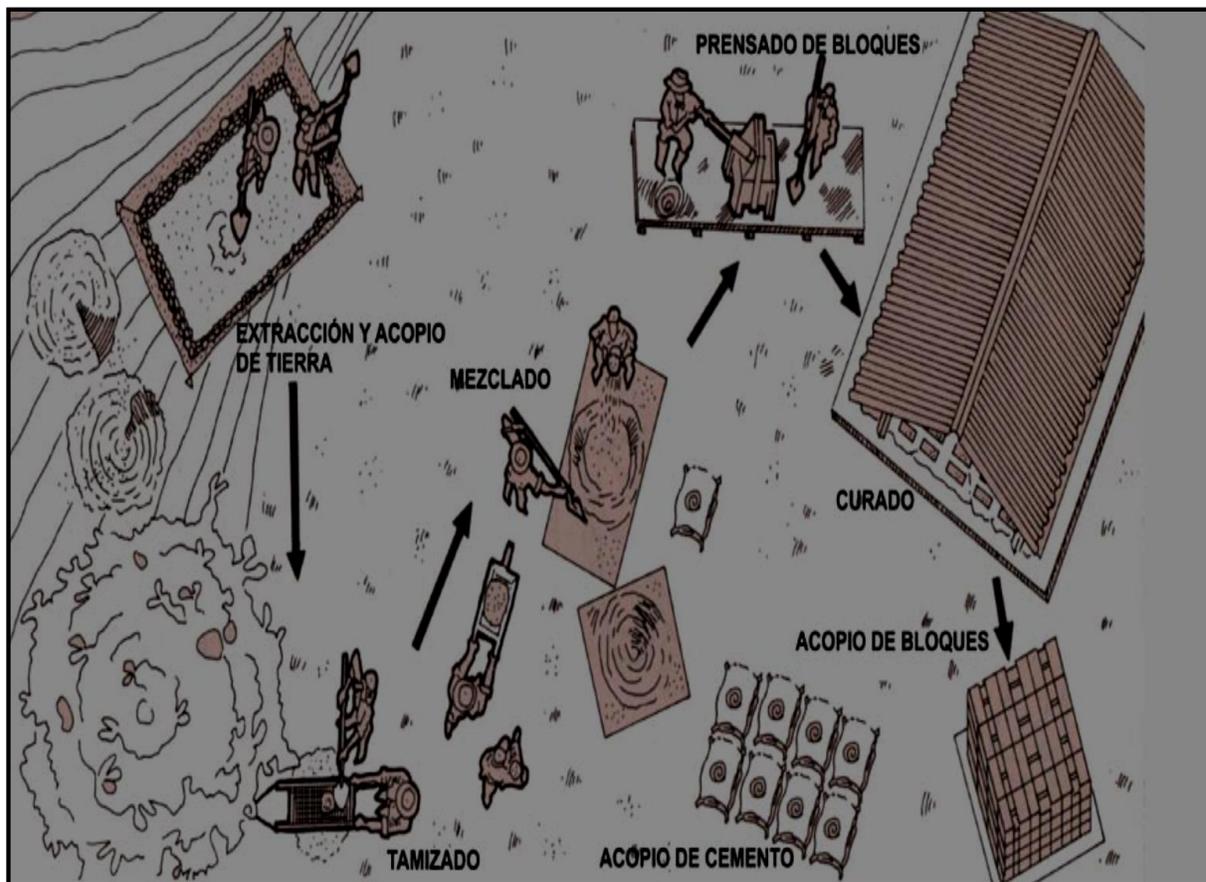


Figura 10.Proceso para elaborar el BTC. Fuente: (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2009)

Finalmente se llevó a cabo el ensayo de resistencia a la compresión y absorción a los bloques, para verificar que estos pueden ser aptos para su posible uso como una unidad de albañilería.

Resistencia a la compresión (N.T.P 399.613)

Para determinar la resistencia a la compresión de los bloques se efectuó bajo las normas correspondientes NTP 399.613 para ensayo de ladrillos de arcilla.

La resistencia al soporte de las cargas bajo aplastamiento es la propiedad más importante en las unidades de albañilería; ya que no solo establece el nivel de calidad estructural sino que además con esta se ve la resistencia cuando este expuesto a la intemperie.

En el cálculo de la resistencia a la compresión de cada unidad de albañilería se empleó la siguiente formula:

$$C=W/A$$

Dónde:

C = Resistencia a la compresión (MPa)

W= máxima carga (N)

A= promedio de área bruta

Absorción (N.T.P 399.613)

La absorción en las unidades de albañilería se considera como una medida de impermeabilidad.

Para el cálculo correspondiente se empleó la siguiente formula:

$$\text{Absorción \%} = 100(W_s - W_d) / W_d$$

Dónde:

W_d = Peso seco de la muestra

W_s = peso saturado de la muestra

Características geométricas del bloque:

La unidad de albañilería está conformada por dos alveolos, cuyas dimensiones modulares permiten que estas coincidan unas con otras a través de ellos posibilitando así su refuerzo y

desarrollo para el sistema de albañilería armada.



Largo: 24.8cm

Ancho: 12.3cm

Alto: 7 cm

Ø Alveolo: 6.15cm

Peso: 3.5 kg

% vacíos: 19.5%

Área neta: 245.63 cm²

Figura 11. Bloque de Tierra Comprimido. Fuente: (Elaboración propia)

Los bloques tienen una longitud de 24.8cm de largo, 12,3 cm de ancho y una altura de 7 cm, el diámetro de los alveolos es de 6.15cm por lo que representa el 19.5% del área bruta del bloque, siendo menor al 30% de su sección transversal, por lo tanto se le puede considerar como un ladrillo solido o macizo requerido para zonas con alto riesgo sísmico según la Norma E.070.

$$\frac{2*\pi*\phi*\phi/4}{L*A} = \frac{2*3.1416*6.15*6.15/4}{24.8*12.3} = 0.195 (19.5\%)$$

2.6. Métodos de análisis de datos

En la presente investigación se empleó el método científico ya que está basado en la observación de hechos, el experimento mediante la realización de ensayos de laboratorio rigiendo los parámetros establecidos en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) para la realización de los ensayos, para después analizar los datos en formatos de Excel y desarrollar los objetivos propuestos.

Se utilizó la estadística descriptiva; el cual está basado en un conjunto de técnicas numéricas y gráficos, que permite realizar una descripción y análisis de un grupo de datos (FARALDO, Pedro y PATEIRO, Beatriz, 2013 pág. 2)

2.7. Aspectos éticos

En el desarrollo de la presente investigación he asumido el compromiso de sustentar y acatar el principio de la ética investigativa, como es; el respeto a la autoría, por lo que he citado y registrado a los autores a los que he consultado mediante la norma ISO 690, cuyas ideas textuales han sido señaladas, así mismo las referencias de información obtenida, antecedentes de estudio, consideraciones teóricas en relación al tema de investigación. Así mismo se desarrolló bajo el principio de la honestidad; con respecto a la veracidad de los datos obtenidos en la realización de los ensayos de laboratorio, al igual que en su análisis e información citada en el contenido y a la confidencialidad de la información obtenida.

III. RESULTADOS

Clasificación del suelo - Análisis granulométrico (NTP 339.128)

Después de haber homogenizado y cuarteado el suelo para obtener una muestra menor, la cual fue de 214.70 gr, se realizó el análisis por tamizado, por ello se procedió a lavar el material utilizando el tamiz # 200; para así eliminar los limos. Posteriormente el estrato de suelo se secó mediante una estufa, que luego fue pesado para realizar la clasificación granulométrica, empleando tamices de diferente diámetro para suelos finos (tamiz # 4, # 10, #20, #40, #60, #140, #200), una vez pasado el material y zarandeado por el juego de tamices, se pesó el material retenido en cada malla, para realizar el grafico de la curva granulométrica.

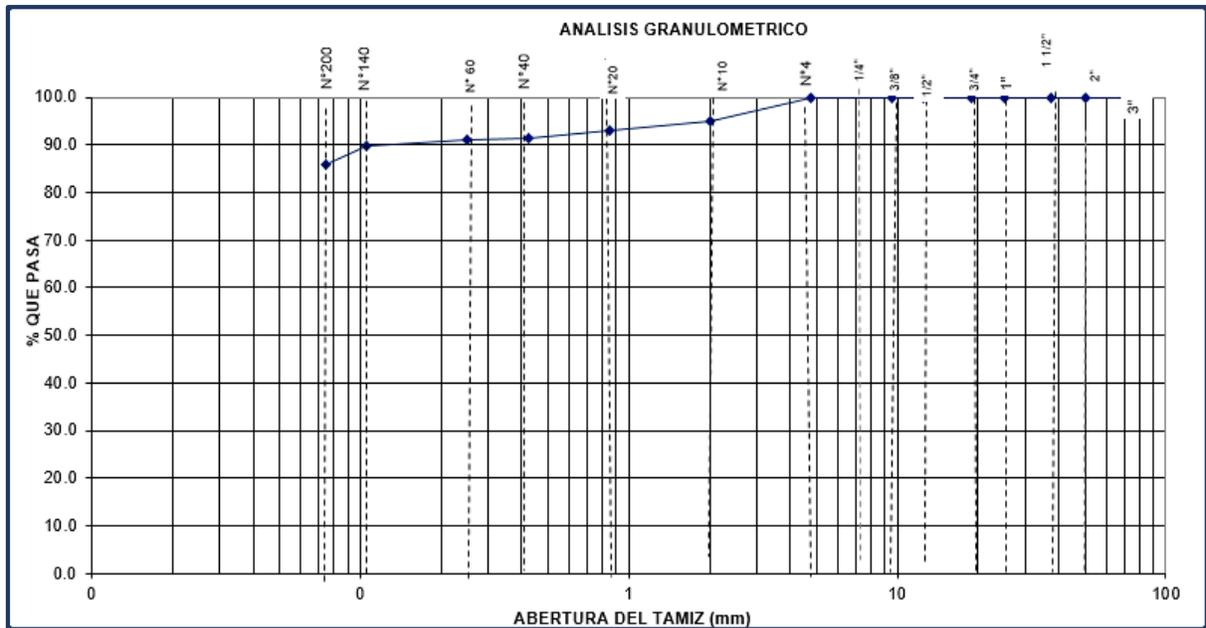


Figura 12. Curva granulométrica del suelo. Fuente: (Laboratorio y construcción “ITLO”)

Interpretación: En la figura 12 se muestra la representación gráfica de la estructura, componentes del suelo de acuerdo al tamaño de sus partículas, las cuales han sido separadas y retenidas por medio de mallas estandarizadas que luego fue pesado.

El suelo mostró como resultados que estaba compuesto por un 14% de arena, el 86% y en mayor porcentaje fue de finos ya que paso el tamiz # 200. La muestra del suelo paso el tamiz # 4, quedando retenido el 5.2% en la malla # 10, 1.9% en la malla # 20, 1.4% en el tamiz # 40, 0.5% en la malla # 60, 1.3% en la malla # 140 y en la # 200 el 3.7%, quedando en el fondo el 86%.

Límites de consistencia (NTP 339.129)

Límite líquido (LL): para determinar la humedad correspondiente a los 25 golpes (N=25), empleando el equipo de casagrande. Se tomó una muestra de suelo que pase el tamiz # 40, luego la muestra se colocó en un recipiente y se agregó suficiente agua hasta obtener una pasta homogénea y dejar en estado de saturación por un periodo de 16 horas, pasado este tiempo se procede a colocar en la cazuela de bronce una cantidad adecuada, para luego pasar un ranurador normado en el medio que separa la pasta en dos partes a lo largo del diámetro de la copa, esta ranura debe quedar limpia sin presentar desprendimiento de la pasta. Con el surco ya definido, se procede a girar la manivela del equipo de casagrande y se deja caer, contando el número de golpes a los que se cierra la ranura. Este procedimiento se repite 02 veces más agregando más agua.

Límite plástico (LP): Este límite representa el contenido de humedad; presentado en porcentaje, por el cual el suelo se desmenuza. Este ensayo consiste en rolados de suelo en forma elipsoidal sobre un vidrio, de forma progresiva hasta que este pierde humedad y empieza a disgregarse en su superficie para luego fragmentarse, cuando el suelo pierde su consistencia plástica se procede a determinar el contenido de humedad y se determina el límite plástico.

Índice de plasticidad (IP): este es la diferencia del Limite liquido (LL) y el limite plástico (LP) ($IP=LL-LP$):

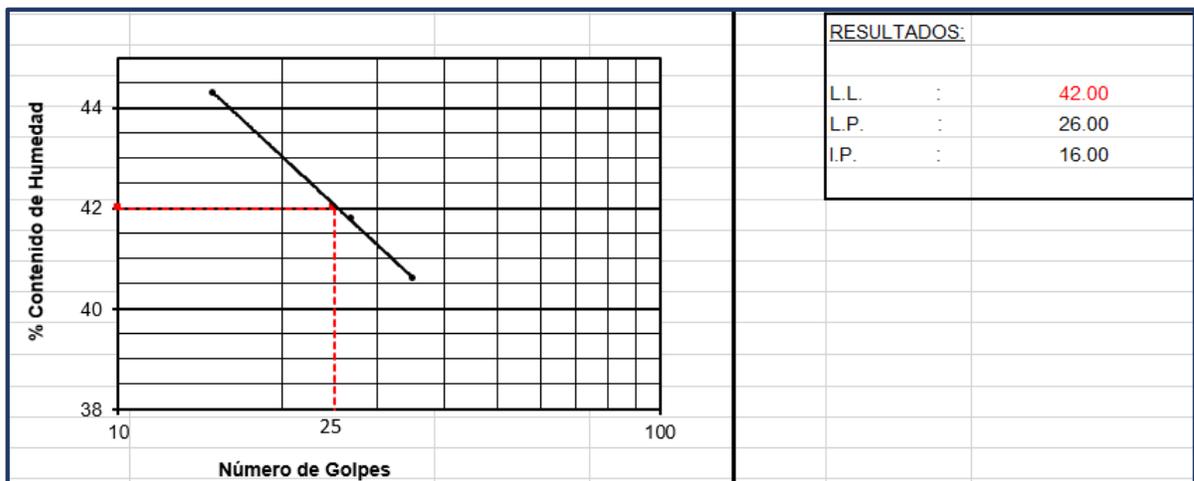


Figura 13.Gráfico del límite líquido (LL). Fuente: (Laboratorio y construcción “ITLO”)

Interpretación: En la figura 13 se muestra el gráfico del porcentaje (%) de humedad contra el número de golpes, el cual a los 25 golpes dio como resultado 42% de contenido de humedad,

siendo este el límite líquido del suelo. El límite plástico mostró como resultado el 26%, es decir que el suelo presenta límite plástico con ese porcentaje de humedad. Obteniendo un índice de plasticidad para el suelo de 16.

$$IP = 42 - 26 = 16$$

Obtenidos estos resultados ya se puede clasificar el suelo, por lo que según la clasificación SUCS el suelo se clasifica para suelos de grano fino como un suelo inorgánico ML (limos arcillosos con poca plasticidad) y según AHHSTO como un suelo A-7-6 como suelo arcilloso. El suelo presentó una coloración rojiza.

Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)

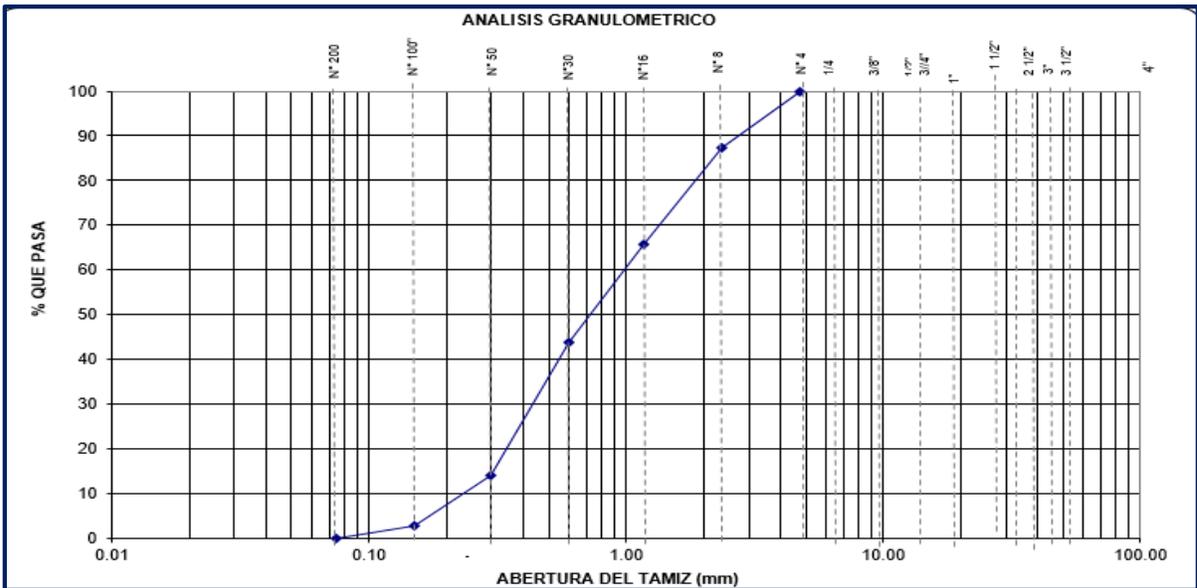


Figura 14. Curva granulométrica del agregado fino. Fuente: (Laboratorio y construcción “ITLO”)

Interpretación: En la figura 14 se muestra la representación gráfica de la estructura, componentes del agregado que se empleó en la elaboración de los bloques de acuerdo al tamaño de sus partículas, lo cual después de ser secada la muestra, se colocó en el tamiz superior para agitar manualmente el juego de tamices, con el fin de que así las partículas del suelo sean separadas y retenidas por medio de las mallas estandarizadas y ser pesado.

Mediante este ensayo se determinó que el agregado estaba compuesto por el 100% de arena ya que pasó el tamiz # 4 y quedó retenido en el tamiz # 200, presentando un módulo de fineza de

2.86. La muestra del suelo paso el tamiz # 4, quedando retenido el 12.7% en la malla # 8, 21.7%, en la malla # 16 el 21.8%, en el tamiz # 30, 29.7% en la malla # 50, 11.5% en la malla # 100 y en la # 200 el 2.6%, quedando en el fondo el 0%.

Análisis granulométrico de los RCD triturados.

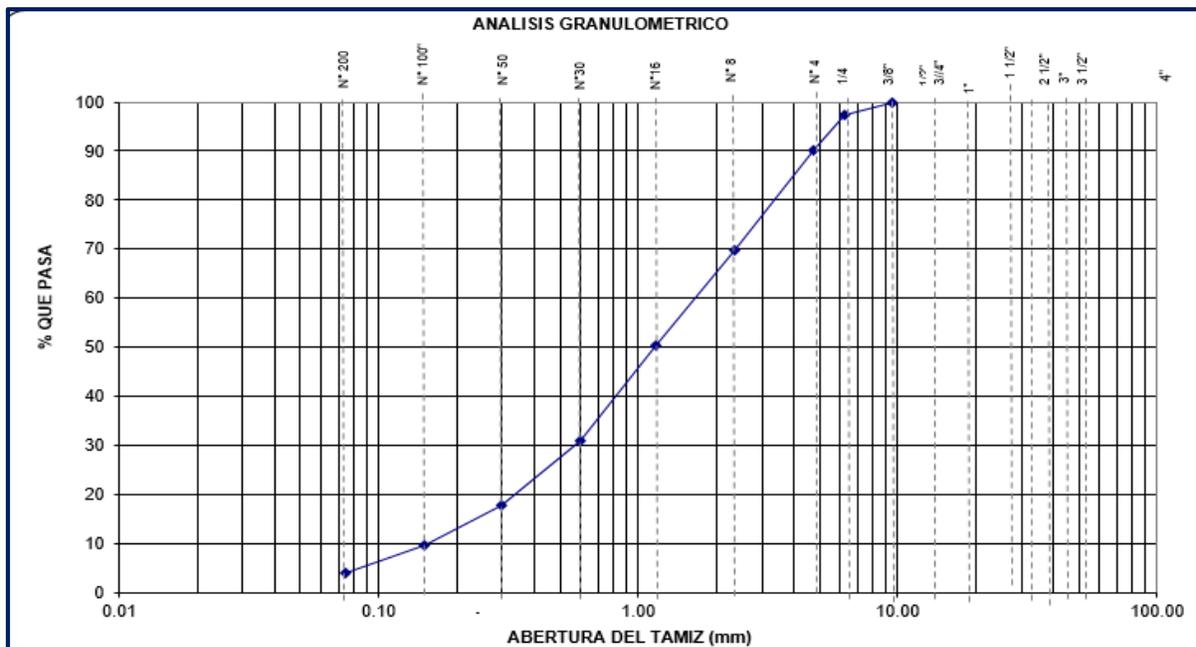
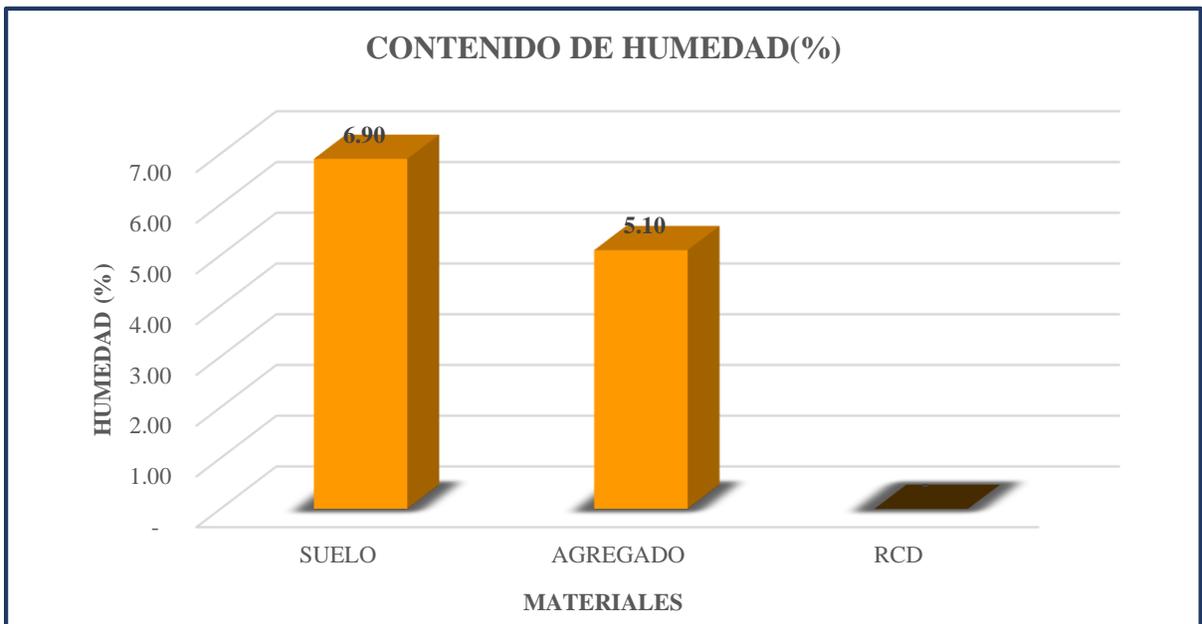


Figura 15. Curva granulométrica de RCD triturados. Fuente: (Laboratorio y construcción “ITLO”).

Interpretación: En la figura 15 se muestra la representación gráfica de la estructura, componentes de los residuos triturados que sustituyó a la arena en la composición de mezcla para la elaboración de los bloques, que de acuerdo al tamaño de sus partículas, fueron separadas y retenidas por medio de mallas estandarizadas para luego ser pesado.

El agregado mostró como resultados que estaba compuesto por el 10% de gravas ya que pasó el tamiz de 3”, así mismo quedó retenido en la malla # 4 el 86.3% de arena, y el 3.8 % de finos ya que paso el tamiz # 200, presentando un módulo de fineza de 3.32. La muestra del suelo pasó el tamiz de 3/8”, quedando retenido el 2.8% en la malla de 1/4”, en la malla # 4 el 7.2%, el 20.3% en la malla # 8, en la malla # 16; 19.5% al igual que en la malla # 30, 13% en la malla # 50, 8.2% en la malla # 100 y en la # 200 el 5.8%, quedando en el fondo el 3.8%.



Contenido de humedad (NTP 339.127)

Figura 16.Contenido de humedad presentado en porcentajes. Fuente: (Elaboración propia)

Interpretación: Después de haber tomado y pesado una muestra de los materiales en su estado natural, se puso a secar mediante una estufa, cuidando de que no se calcine cada uno de ellos, y se procedió a volver a pesar por lo que en la figura 16 se muestra el contenido de agua en su estado natural, representado en porcentajes. El suelo mostró un 6.90% de humedad, 5.10% el agregado fino y el agregado proveniente del RCD no presentó humedad.

Peso unitario (NTP 400.017)

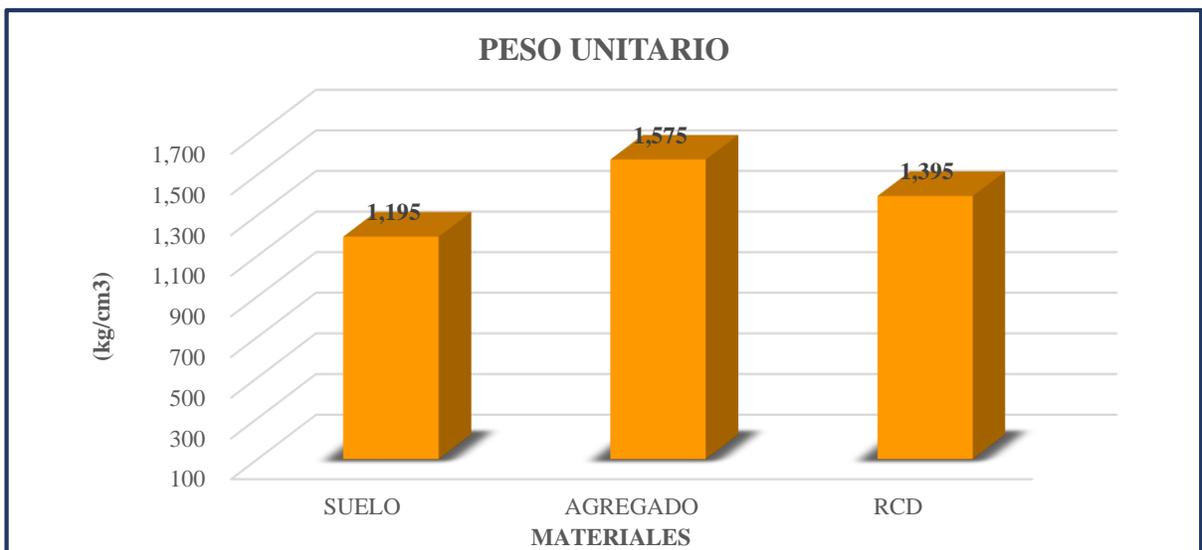


Figura 17. Peso unitario seco suelto de los materiales empleados. Fuente: (Elaboración propia)

Interpretación: Luego de haber secado las muestras en el horno, se procedió a llenar el recipiente cilíndrico utilizando la cuchara hasta que este rebose, luego mediante una regla se elimina el material sobrante para proceder a pesar.

Se obtuvo para el suelo un peso unitario suelto de 1,195 kg/cm³, el agregado fino 1,575 kg/cm³ y el residuo proveniente de concreto un peso unitario de 1,395 kg/cm³.

Este ensayo se hizo con la finalidad de poder determinar de forma exacta la cantidad de material que se utiliza en la elaboración de un bloque.

Gravedad específica (NTP 339.131)

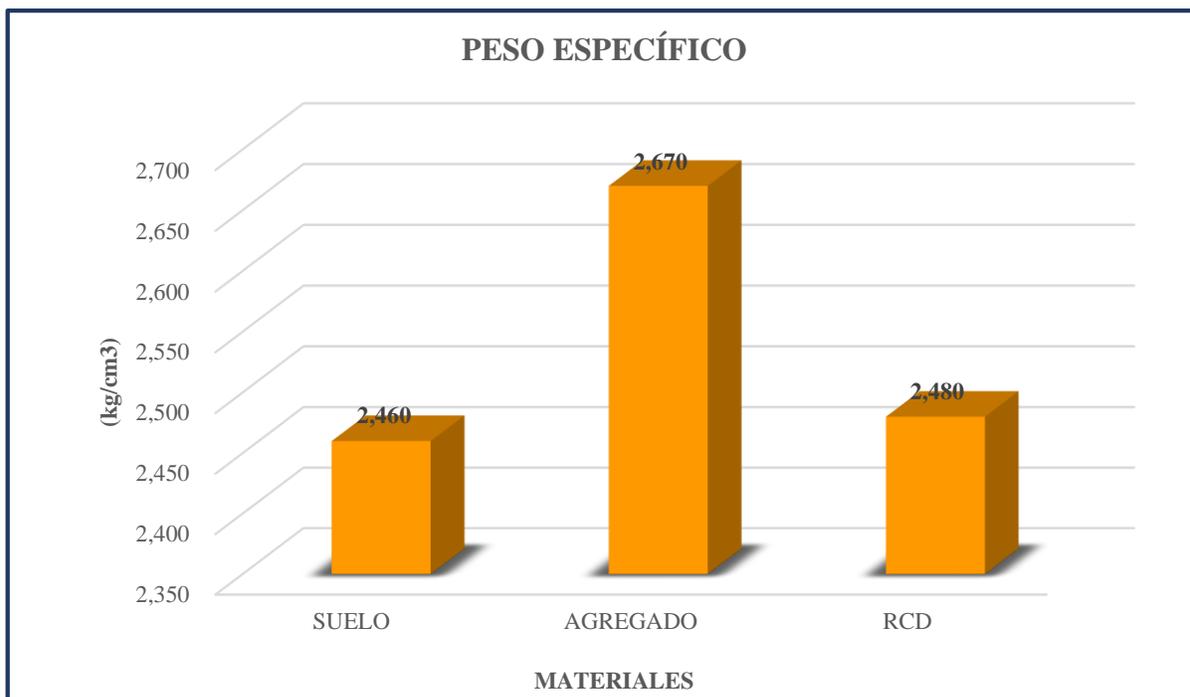


Figura 18. Peso específico de los materiales. Fuente: (Elaboración propia)

Interpretación: Luego de haber llenado la fiola con agua destilada y determinado su masa, se volvió a llenar hasta las $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad con agua para colocar la muestra preparada (previamente fue secada), después de eliminar las burbujas de aire mediante el agitado del frasco, se llenó con agua hasta llegar a la marca que está indicada en el frasco (fiola). Posteriormente se determinó el peso de la muestra y el agua. Efectuado el ensayo como

resultados obtenidos se presentó que el suelo tiene un peso específico de 2,460kg/cm³, el agregado 2,670kg/cm³ y los residuos triturados un peso específico de 2,480kg/cm³.

Resistencia a la compresión de los BTC (NTP 339.613)

Después de haber pasado 28 días que los bloques se elaboraron, se procedió a realizar el ensayo de resistencia a la compresión, la cual se ensayó a 5 unidades por cada dosificación y se sacó un promedio de la carga máxima soportada por el bloque, que dividido entre el área de carga se obtiene la resistencia al esfuerzo de compresión promedio de los bloques.

Tabla 10. Resistencia a la compresión obtenida de los especímenes, utilizando el agregado tradicional.

Descripción	Área bruta (cm²)	Alto (cm)	Área de agujeros (cm²)	Área de carga (cm²)	Carga (kg-f)	f'c (kg/cm²)
BTC1	305.04	6.90	59.41	245.63	9790.00	40
BTC2	305.04	6.94	59.41	245.63	7756.60	32
BTC3	305.04	6.88	59.41	245.63	6867.60	28

Fuente: (Elaboración propia)

Interpretación: En la tabla 10 se presenta los datos obtenidos de la realización del ensayo a compresión, se puede apreciar que aquellos bloques que estaban compuestos por 20% de suelo, 65% de arena (BTC1), presentó un soporte de carga promedio de 9 790 kg-f obteniendo como resistencia a la compresión de 40 kg/cm², asimismo los bloques que estaban conformados de 35% de arcilla y 50% de arena (BTC2) mostraron un soporte de carga promedio de 7 756.60 kg-f dando como resistencia a la compresión un promedio de 32 kg/cm² y por último aquel bloque cuya dosificación fue de 40% de arcilla y 45% de arena (BTC3) la resistencia promedio que presentó fue de 6 867.60 kg-f, aportando como resistencia promedio a la compresión de 28 kg/cm².

La resistencia promedio obtenida en los BTC1 es mayor con respecto al BTC2 y el BTC3, siendo el BTC3 el bloque que presentó menos resistencia al esfuerzo de compresión. También se puede apreciar que los bloques tienen una área bruta de 305.04 cm² ya que el bloque presenta una longitud de 24.8cm x12.3 cm de ancho, además de presentar 02 alveolos cuyo diámetro es

de 6.15cm cada uno, cuya suma de las áreas es de 59.41cm² y al momento de efectuar el ensayo estos no se llenaron con alguna mezcla por lo que el área de carga es de 245.63 cm². También se verificó que la altura del bloque obtenido tiene un promedio de 6.80 a 6.94cm.

Resistencia a la compresión de los BTC+RCD

Tabla 11. Resistencia a la compresión obtenida de los especímenes, utilizando residuos de concreto triturado en sustitución del agregado tradicional.

Descripción	Área bruta (cm ²)	Alto (cm)	Área de agujeros (cm ²)	Área de carga (cm ²)	Carga (kg-f)	f'c (kg/cm ²)
BTC+RCD1	305.04	6.91	59.41	245.63	12674.6	52
BTC+RCD2	305.04	6.96	59.41	245.63	11221.4	46
BTC+RCD3	305.04	6.91	59.41	245.63	6130.2	25

Fuente: elaboración propia

Interpretación: En la tabla 11 se presentan los datos obtenidos de la realización del ensayo a compresión, se puede apreciar que aquellos bloques que están compuesto por 20% de suelo, 65% de residuos triturados sustituyendo el agregado fino (BTC+RCD1), presentó un soporte de carga promedio de 12 674.6 kg-f obteniendo como resistencia a la compresión un promedio de 52 kg/cm², del mismo modo los bloques conformados por el 35% de arcilla y 50% de residuos triturados (BTC+RCD2), mostró como soporte de carga promedio de 11 21.4 kg-f aportando como resistencia a la compresión un promedio de 46 kg/cm² y por último aquel bloque cuya dosificación estuvo compuesta por el 40% de arcilla y 45% de residuos triturados (BTC+RCD3) la resistencia promedio fue de 6130.2 kg-f, obteniendo como resistencia promedio a la compresión de 25kg/cm².

La resistencia promedio obtenida en los BTC+RCD1 presentó una resistencia mayor con respecto al BTC+RCD2 y el BTC+RCD3, siendo el BTC+RCD3 el bloque que presentó menor resistencia al esfuerzo de compresión.

También se puede apreciar que los bloques tienen un área bruta de 305.04 ya que el bloque presenta una longitud de 24.8cm *12.3 cm de ancho, además de presentar 02 alveolos cuyo diámetro es de 6.15cm, cuya suma de las área es de 59.41cm², por lo que el área de carga es de

245.63 cm². También se verificó que la altura del bloque obtenido tienen un promedio de 6-80 a 6.94 cm.

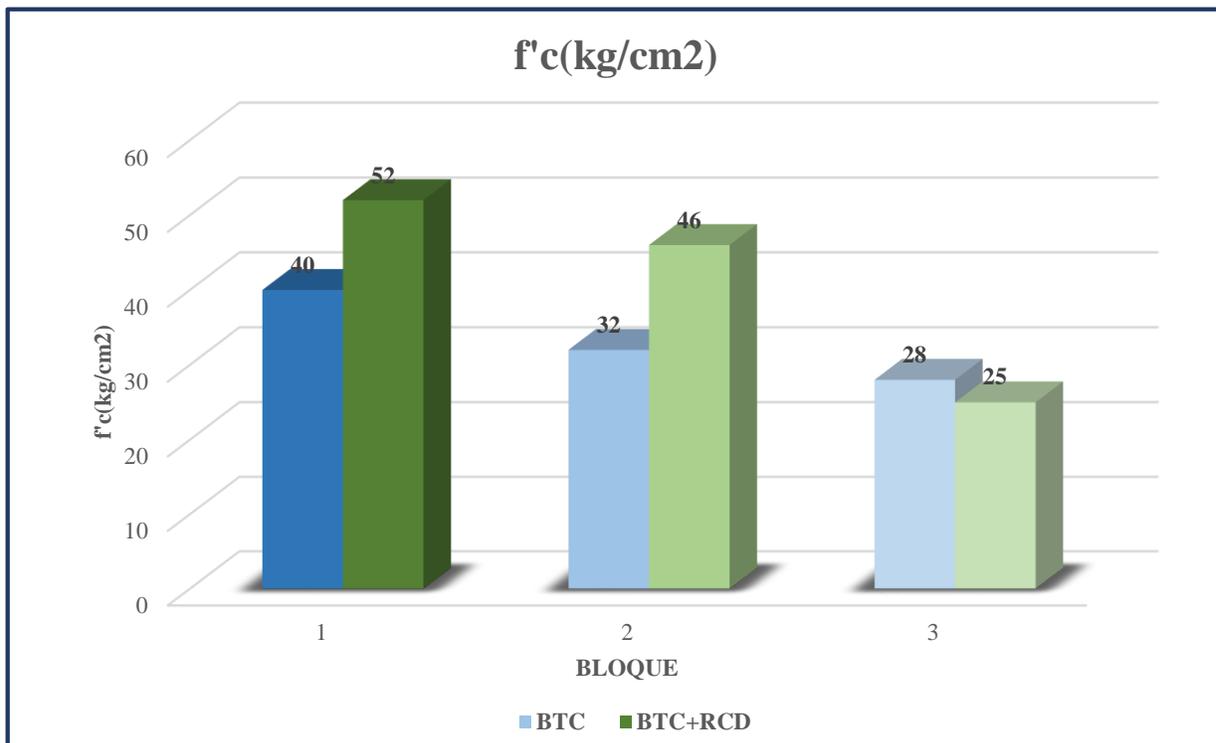


Figura 19. Comparación de la resistencia obtenida en los BTC con agregado tradicional y el que utilizó residuos de concreto triturado como agregado. Fuente: (elaboración propia)

Interpretación: En la figura 19 se puede apreciar un gráfico que representa la resistencia obtenida de los diferentes bloques empleando arena fina como agregado, y aquel que utilizó residuos provenientes de construcción y demolición triturados en sustitución del agregado tradicional. Por lo que se verifica que aquellos bloques tanto BTC1 Y BTC2 la resistencia que presentaron es menor a aquellas unidades que utilizan residuos de concreto triturados (BTC+RCD1 y BTC+RCD2), mientras que el BTC3 la resistencia obtenida es mayor con respecto al que empleó agregados provenientes de la trituración de restos de concreto.

El BTC+RCD1 obtuvo una resistencia de 52 kg/cm², superando en 12 kg/cm² con respecto a la resistencia obtenida al BTC1 lo cual fue de 40 kg/cm², al igual que los BTC+RCD2 superan en 14 kg/cm² al BTC2, ya que la resistencia fue de 46 kg/cm² y 32 kg/cm² respectivamente., mientras que el BTC+RCD3 presentó una resistencia menor con respecto al BTC3, cuya

diferencia es de 3 kg/cm², pues la resistencia fue de 25 kg/cm² y 28 kg/cm² respectivamente. Siendo el BTC+RCD1 quien obtuvo una mayor resistencia y el BTC+RCD3 la menor resistencia de todos los bloques analizados.

Absorción del BTC (NTP 339.613)

Este ensayo se realizó a 3 unidades enteras, por lo que rigiéndome a la norma se procedió a pesar las unidades después de haberse sumergido por un tiempo de 24 horas, cada espécimen se secó con un paño antes de pesarlo, siendo este el peso saturado. Luego cada una de estas se seca para obtener el peso seco.

Tabla 12. Absorción presentada en los bloques que emplearon agregado tradicional.

Descripción	Peso saturado (gr)	Peso seco (gr)	Absorción (%)
BTC1	3 568.33	3 386.67	5.38
BTC2	3 641.67	3 378.33	7.86
BTC3	3 596.67	3 227.33	11.45

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Después de haber realizado los cálculos respectivos, en la tabla 11 se muestran los datos obtenidos; el BTC1 presentó un peso saturado de aproximadamente 3.57 kg y un peso seco de 3.39 kg con un porcentaje de absorción de 5.38%, mientras que el BTC2 obtuvo un peso saturado de 3.64 kg y un peso seco de 3.38 kg aproximadamente, obteniendo una absorción de 7.86% y el BTC3 mostró un peso saturado de 3.60 kg aproximadamente con un peso seco de 3.23 kg con un porcentaje de absorción 11.45%.

Siendo el BTC3 el que presenta mayor porcentaje de absorción es decir es más porosos con respecto al BTC2 y BTC1 que presentaron un porcentaje menor.

Absorción del BTC+RCD

Tabla 13. Absorción presentada en los bloques que emplearon agregado tradicional.

Descripción	Peso saturado (gr)	Peso seco (gr)	Absorción (%)
BTC+RCD1	3 681.67	3 486.67	5.59

BTC+RCD2	3 686.67	3 473.33	6.16
BTC+RCD3	3 686.67	3 453.33	6.75

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 12 se muestran los datos obtenidos después de haber llevado a cabo el ensayo; el BTC+RCD1 presentó un peso saturado de aproximadamente 3.68 kg y un peso seco de 3.49 kg con un porcentaje de absorción de 5.59 %, mientras que el BTC+RCD2 obtuvo un peso saturado de 3.69 kg y un peso seco de 3.47 kg aproximadamente, obteniendo una absorción de 6.16 % y el BTC+RCD3 mostró un peso saturado de 3.69 kg aproximadamente con un peso seco de 3.45 kg con un porcentaje de absorción 6.75%.

Siendo el BTC+RCD3 el que presenta mayor porcentaje de absorción es decir es más porosos con respecto al BTC+RCD2 y BTC+RCD1 que presentaron un porcentaje menor

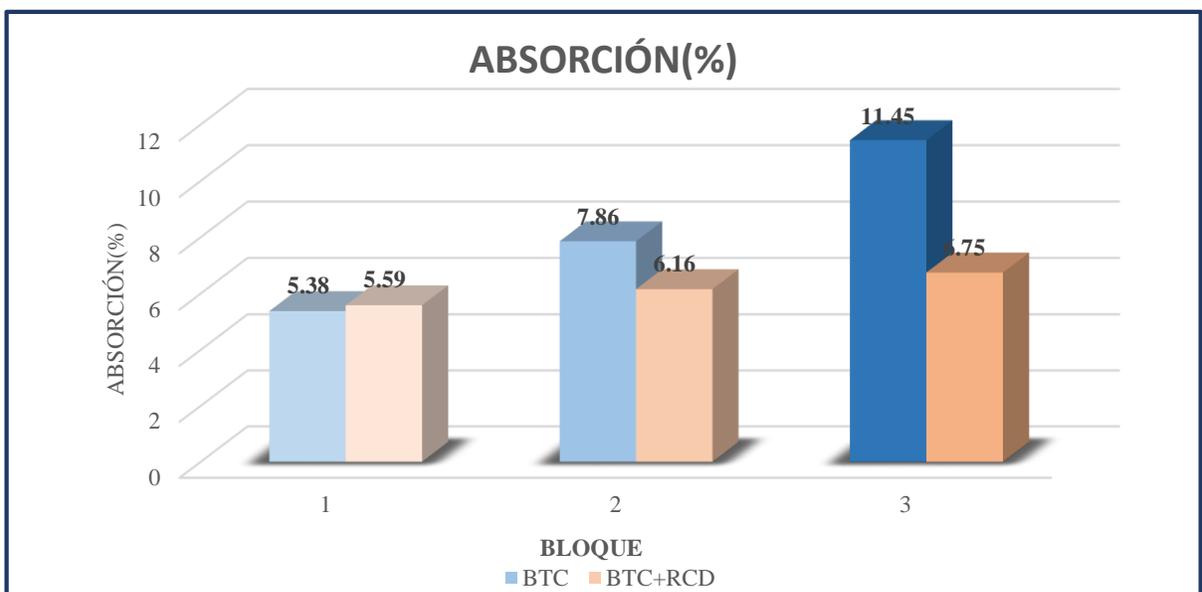


Figura 20. Representación gráfica de la absorción de los bloques después de haberse sumergido por 24h. Fuente: (Elaboración propia)

Interpretación: En la figura 20 se muestra una representación gráfica de la absorción obtenida en porcentaje (%) de los diferentes bloques que emplean arena fina como agregado, y aquel que utilizó residuos provenientes de construcción y demolición triturados en sustitución del agregado tradicional. Por lo que se verifica que los BTC1 tienen un porcentaje de absorción menor que aquellos que emplean agregado proveniente de la trituración de residuos de concreto

(BTC+RCD2), asimismo el BTC+RCD2 la absorción es menor con respecto al BTC2 Y el BTC3 presentó una absorción mayor con respecto al BTC+RCD3.

El BTC+RCD1 obtuvo una resistencia de 5.59%, siendo menor en 0.21% con respecto a la absorción obtenida del BTC1 lo cual fue de 5.38%, así mismo los BTC+RCD2 presentan en 1.7% en comparación al BTC2, ya que la absorción fue de 6.16 % y 7.86 % respectivamente, de igual manera el BTC+RCD3 presentó una absorción menor con respecto al BTC3, cuya diferencia es de 1.14%, pues la absorción presentada fue de 6.75 % y 11.45% respectivamente. Siendo el BTC1 quien obtuvo una menor absorción y el BTC3 la que obtuvo mayor porcentaje de absorción de todos los bloques analizados.

Cabe señalar que el promedio de peso seco en los bloques que utilizaron agregado fue de 3.35 kg aproximadamente, mientras que el bloque que utilizó residuos provenientes de concreto triturado el peso fue aproximadamente de 3.50 kg.

Análisis de costos unitarios

En la realización del análisis de costo unitario del bloque tradicional y aquel que emplea residuos de construcción y demolición triturado en sustitución del agregado tradicional, se analizó para aquel bloque en la que se obtuvo más resistencia a la compresión; el cual fue el BTC1 y BTC1+RCD1 y para las unidades en las que se obtuvieron resultados desfavorables BTC3 y BTC+RCD3.

BTC1: 20% suelo, 65% de arena, 15% de cemento

Tabla 14. Análisis de costo del BTC1

Partida	PRODUCCIÓN DE BTC 1						
Rendimiento	Und/DIA	MO.	500.0000	EQ.	500.0000	Costo unitario directo por : und	0.41
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0160	8.04	0.13
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0160	5.81	0.09
							0.22
Materiales							
0207020001	ARENA FINA		m3		0.0017	45.00	0.08
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (42.5 kg)		bol		0.0003	22.90	0.01
0216060002	SUELO ARCILLOSO		m3		0.0005	0.00	0.00

						0.08
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5%	0.22	0.01
0301120005	MAQUINA PRENSADORA	hm	1.0000	0.0160	6.25	0.10
						0.11

Fuente: Elaboración propia, s10 de costos y presupuestos

Interpretación: En la realización del análisis del costo del bloque tradicional, se obtuvo los datos mostrados en la tabla 13, en todos los análisis se consideró la remuneración básica en la mano de obra por cada trabajador, ya que en la actualidad esta unidad de albañilería es elaborada en base a conocimientos empíricos, no hay empresas industrializadas que realicen este proceso de forma masiva en donde los trabajadores reciban todos sus beneficios de acuerdo a la ley.

Con respecto a los materiales este se analizó de acuerdo a la cantidad que se requiere en m³ y el cemento en bolsa para elaborar un bloque, es decir que para fabricar un bloque de 12.3cmx24.8cmx7cm (bloque que se realizó en este proyecto) se va a necesitar 0.0014m³ de arena fina, 0.0003 bolsa de cemento de 42 kg, 0.004 de suelo arcilloso.

En el análisis de equipos se consideró la depreciación de una máquina prensadora. Cabe recalcar que el costo respectivo se hizo en base a una maquina prensadora manual, cuyo rendimiento promedio es de 500 bloques al día. Obteniendo como resultado el costo por cada unidad de s/. 0.41.

BTC+RCD1: 20% suelo, 65% de residuos triturados, 15% de cemento

Tabla 15. Análisis de costo del BTC+RCD1

Partida	PRODUCCIÓN DE BTC+RCD1						
Rendimiento	Und/DIA	MO.	500.0000	EQ.	500.0000	Costo unitario directo por : und	0.34
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0160	8.04	0.13
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0160	5.81	0.09
							0.22
Materiales							
0207020003	AGREGADO DE RESIDUOS TRITURADOS		m3		0.0014	0.00	0.00
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (42.5 kg)		bol		0.0003	22.90	0.01
0216060002	SUELO ARCILLOSO		m3		0.0004	0.00	0.00

						0.01
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5%	0.22	0.01
0301120005	MÁQUINA PRENSADORA	hm	1.0000	0.0160	6.25	0.10
						0.10
						0.11

Fuente: Elaboración propia, s10 de costos y presupuestos

Interpretación: En el análisis del costo del bloque empleando residuos de concreto triturados y que sustituyo al agregado fino en la mezcla, se obtuvo los datos mostrados en la tabla 14:

Con respecto a los materiales este se analizó de acuerdo a la cantidad que se requiere en m3 y el cemento en bolsa para elaborar un bloque, es decir que para fabricar un bloque de 12.3cmx24.8cmx7cm (bloque que se realizó en este proyecto) se va necesitar 0.0014 m3 de agregado proveniente de residuos de concreto triturados, 0.0003 bolsa de cemento de 42 kg y 0.004 de suelo arcilloso.

Teniendo en cuenta el rendimiento de una maquina prensadora manual cuyo rendimiento promedio con dos trabajadores es de 500 unidades por día y para fabricar una unidad, el costo por cada bloque es de S/.0.34.

BTC3: 40% suelo, 45% de arena, 15% de cemento

Tabla 16. Análisis de costo del BTC3

Partida	PRODUCCIÓN DE BTC 3						
Rendimiento	Und/DIA	MO.	500.0000	EQ.	500.0000	Costo unitario directo por : und	0.39

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0160	8.04	0.13
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0160	5.81	0.09
						0.22
Materiales						
0207020001	ARENA FINA	m3		0.0012	45.00	0.05
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (42.5 kg)	bol		0.0003	22.90	0.01
0216060002	SUELO ARCILLOSO	m3		0.0010	0.00	0.00
						0.06
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5%	0.22	0.01

0301120005	MAQUINA PENSADORA	hm	1.0000	0.0160	6.25	0.10
						0.11

Fuente: Elaboración propia, s10 de costos y presupuestos

Interpretación: En la realización del análisis del costo del bloque tradicional, del que se obtuvo resultados desfavorables. Con respecto a los materiales este se analizó de acuerdo a la cantidad que se requiere en m³ y el cemento en bolsa para elaborar un bloque, es decir que para fabricar un bloque de 12.3cmx24.8cmx7cm (bloque que se realizó en este proyecto) se va necesitar 0.0012m³ de arena fina, 0.0003 bolsa de cemento de 42 kg, 0.0010 de suelo arcilloso. Obteniendo como resultado el costo por cada unidad de s/. 0.39.

BTC+RCD3: 40% suelo, 45% de residuos triturados, 15% de cemento

Tabla 17. Análisis de costo del BTC+RCD3.

Partida	PRODUCCIÓN DE BTC+RCD3						
Rendimiento	Und/DIA	MO.	500.0000	EQ.	500.0000	Costo unitario directo por : und	0.34

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0160	8.04	0.13
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0160	5.81	0.09
						0.22
Materiales						
0207020003	AGREGADO DE RESIDUOS TRITURADOS	m3		0.0012	0.00	0.00
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (42.5 kg)	bol		0.0003	22.90	0.01
0216060002	SUELO ARCILLOSO	m3		0.0010	0.00	0.00
						0.01
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5%	0.22	0.01
0301120005	MAQUINA PENSADORA	hm	1.0000	0.0160	6.25	0.10
						0.10
						0.11

Fuente: Elaboración propia, s10 de costos y presupuestos

Interpretación: En la realización del análisis del costo del bloque que utiliza residuos triturados es sustitución del agregado tradicional y se obtuvo resultados más desfavorables. Con respecto a los materiales este se analizó de acuerdo a la cantidad que se requiere en m³ y el cemento en bolsa para elaborar un bloque, es decir que para fabricar un bloque de 12.3cmx24.8cmx7cm (bloque que se realizó en este proyecto) se va necesitar 0.0012m³ de residuo triturado, 0.0003

bolsa de cemento de 42 kg, 0.0010 de suelo arcilloso. Obteniendo como resultado el costo por cada unidad de s/. 0.34.

Cabe señalar que el costo de esta unidad no está incluido el flete de transporte de cada material. Por lo que para el análisis del bloque se agregaría el costo de transporte:

Costo De Bloque: Costo Unitario + Transporte

IV. DISCUSIÓN

Después de haber detallado y analizado los resultados obtenidos se procede a realizar la discusión de estos en base a teorías y trabajos antes descritos en esta investigación, por ende se realiza la discusión por cada objetivo específico.

En el primer objetivo; determinar las características del suelo para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020. Según el (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2009) el tipo de suelo ideal no debe contener material orgánico, la composición del suelo es arcilla y arena, la arcilla le da cohesión a la mezcla permitiendo el desmolde y la manipulación de los bloques después del prensado y la arena forma parte de la estructura de la unidad.

En el análisis de la clasificación del suelo extraído del C.P Valle de los Incas, en el distrito de Tambogrande y utilizado en la elaboración de los bloques, presentó como resultados según la clasificación SUCS para suelos de grano fino como un suelo ML (limos arcillosos con poca plasticidad) y según AHHSTO como un suelo A-7-6 clasificado como suelo arcilloso, cuyo límite líquido es 42%, límite plástico 26% e índice de plasticidad 16.

Las características del suelo van a varias de acuerdo al lugar, ya que este no es un material estandarizado, siendo esta una de las desventajas que presenta construir con tierra, por lo que es indispensable realizar un análisis para determinar las propiedades que presenta el suelo que se va a utilizar, particularidad que se ve reflejada en las investigaciones anteriores a este proyecto.

En la investigación realizada por (VÁSQUEZ Hernandez, y otros, 2015) utilizó tierra producto de la nivelación de terreno de un conjunto residencial; clasificado como un (MH) limo de alta

comprensibilidad, así mismo (MEJÍA pacheco, 2018) utilizó suelo proveniente de la ciudad de Saraguro en Loja-Ecuador, determinó que el suelo estaba compuesto por arena media-gruesa, presentando un contenido de arcilla menor al 20%, siendo este un suelo no plástico, de igual manera en la investigación de (MOLINA Vinasco, 2016) que empleó suelo limo-arenoso inorgánico, con baja plasticidad proveniente del corregimiento de la Florida. Lo cual para mejorar las propiedades del suelo realizaron una estabilización suelo-cemento.

Para que el bloque pueda adquirir estabilidad y resistencia al ser expuesto a la intemperie, es necesario realizar una estabilización, que permita que las partículas del suelo se unan entre sí, por lo que en este estudio se decidió realizar una estabilización suelo-cemento, por ser este un material accesible, que de acuerdo a este se rigió para determinar las características del suelo apropiado.

Según (TOIRAC Corral, 2008) menciona que todo los suelos son aptos para ser empleados en una estabilización suelo-cemento, siempre y cuando no contenga materia orgánica, pero este se reduce cuando se requiere que la cantidad de cemento sea mínima. Los suelos aptos son aquellos que presentan proporciones de finos y gruesos cuyo límite líquido no sea superior al 45% y el límite plástico no exceda el 18%, por lo que denomina suelos eficientes a suelos arenosos y con grava, arenosos con poca cantidad de finos y suelos limosos y arcillosos con baja plasticidad y como suelos deficientes en los que realizar este tipo de estabilización no resulta económico, son los suelos arcillosos y limosos con plasticidad alta y suelos orgánicos.

Según (NEVES, y otros, 2011), menciona que para fabricar BTC es recomendable usar un porcentaje superior al 50% de arena, ya que la arena es la responsable de formar la estructura interna del bloque brindando mejor resistencia, mientras que la arcilla es la encargada de cohesionar las partículas de la mezcla ya que funciona como ligante, además de que este tiene efectos de retracción y dilatación siendo la causante de la aparición de las grietas en el bloque, por eso es indispensable adecuar el suelo, es decir realizar una estabilización para mejorar sus propiedades en cuanto a su resistencia e impermeabilización y garantizar que el bloque sea durable en su vida útil.

Por lo que al obtener un tipo de suelo que su mayor parte presenta arcilla y limos fue necesario agregar material granular, adicionando arena para optimizar su granulometría y plasticidad, así

como también mejorar su resistencia a la abrasión y absorción, ya que el suelo por si solo tiende a presentar una sensibilidad alta al agua, y para un mejor comportamiento a los esfuerzos de compresión se requiere de un estabilizante químico.

En el segundo objetivo, el cual fue determinar la dosificación óptima para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_ 2020. Ya habiendo identificado las características del suelo extraído y elegido el estabilizante a emplear, va a depender del tipo de suelo para que este optimice las propiedades del mismo, por lo que debe presentar las siguientes características:

Según (GATANI, Mariana, 2000) el suelo ideal para ser estabilizado debe presentar arena, limo y arcillas, y si en el caso de que estuviera ausente uno de estos componentes se le debe adicionar hasta cumplir con las proporciones requeridas. Los suelos arenosos son ideales para ser estabilizados ya que presentan una mejor resistencia. Señalando que la proporción óptima es aquella que presenta el 75% de arena y 25% de limo y arcilla, pero cabe resaltar que estos pueden cambiar de acuerdo al tipo de suelo y la presencia de sus componentes en el suelo hace que la cantidad de cemento varíe.

El tipo de cemento que se emplee también juega un papel importante en la estabilización, ya que su composición química varía y se adecua de acuerdo al suelo que se tiene. Según una investigación de (NOBLE, y otros, 1970) señalan que el uso del cemento tipo I permite a la mezcla alcanzar mayor resistencia, ya que contiene mayor porcentaje de aluminato tricálcico y sulfato de calcio en comparación al cemento tipo II.

Por lo que en esta investigación realizada se hizo en 03 dosificaciones con un 20-35-40% de suelo y 65-50-45% de arena respectivamente, adicionando el 15% de cemento a la mezcla, lo cual aquellos bloques que estaban compuesto por el 20% de suelo y 65% de arena fue aquel que presentó mejores resultados en comparación a aquel bloque que estaba compuesto por 40% de suelo y 45% de agregado.

En las investigaciones realizada por (ABANTO Flores, Peter y AKARLEY Poma, Luis, 2014) utilizaron una mezcla compuesta por 25% de arcilla y limo y el 75% de arena, adicionando un 20% de cemento, de igual manera (MEJÍA pacheco, 2018) en su estudio analizó bloques cuya dosificación varía entre el 25-50% de suelo y arena entre el 45-70%, cabe señalar que el suelo

usado presentó una clasificación como arena con poco contenido de arcilla, adicionando el 5% de cemento, al igual que en el estudio realizado por (VÁSQUEZ Hernandez, y otros, 2015) cuya dosificación de suelo está entre el 25-45% y la arena entre el 50-70%, utilizando el 5% de cemento. Presentando mejores resultado aquellos bloques que estaba compuesto por un 70% de arena.

Por lo que se demuestra que la mezcla que presenta mejores resultados son aquellos que están compuesto por igual o más del 70% de arena, con respecto a la adición de cemento a la mezcla, según (DE LA FUENTE Lavalle, 2013) la cantidad de cemento puede variar entre el 2-25% del peso seco de la mezcla, procurando que no sea superior al 15% por razones económicas, pero para obtener resistencias elevadas el promedio es más alto. Recomendado por la PCA utilizar suelos con menos del 15% de arcilla y la suma de arcilla y limos varíe entre el 20-45% y que preferiblemente contenga entre el 55-80% de arena.

Según (TOIRAC Corral, 2008), señala que un suelo ideal para realizar estabilización suelo-cemento lo óptimo de agregado de arena debe ser entre el 55-75%, mientras que lo óptimo de limo debe estar entre el 0-18% y el de arcilla entre el 15-18% de arcilla, además el suelo debe pasar por el tamiz # 4 (4,8mm)

Para determinar el porcentaje de RCD que reemplazó el agregado tradicional en la elaboración del BTC, lo cual fue en su totalidad, ya que el residuo triturado presenta características similares al agregado tradicional, estos residuos fueron obtenidos de restos de concreto provenientes de una remodelación de vivienda, posibilitando el reciclaje de los mismos.

Como es sabido en el sector de construcción se caracteriza por la utilización masiva de agregados pétreos y en la elaboración del BTC es necesario su utilización para poder obtener un elemento de albañilería apto para su utilización, ya que como se menciona en teorías anteriores este es el que le va a dar la resistencia al bloque.

La granulometría va a depender del sistema de trituración que se emplee. Según (SÁNCHEZ Luyo, 2019) existen 3 diferentes tipos de trituradoras que permiten obtener un mayor porcentaje de finos como las trituradoras de impacto y en menor porcentaje como las de cono y machacadoras de mandíbulas. El porcentaje de finos que representa la mezcla, caracteriza el contenido de mortero. Para obtener partículas similares al agregado fino, la trituración se realizó

de forma manual pues las posibilidades de realizar este proceso para pocas cantidades en una trituradora son mínimas, ya que estas lo realizan en grandes volúmenes.

Efectuado los ensayos del análisis granulométrico se verificó que este presentaba tamaños en un 10% de gravas; siendo el 2.8% de 6.3 mm pues quedó retenido en la malla de $\frac{1}{4}$ y 7.2% en la malla # 4 cuyo diámetro es de 4.75mm, el 86.3 % de arena con un 3.8% de finos. Teniendo en cuenta la investigación de (MEJÍA pacheco, 2018) empleó residuos de concreto que posteriormente fueron molidos por una trituradora de mandíbulas, llegando a obtener partículas máximo de 5mm, de igual manera en el estudio de (VÁSQUEZ Hernandez, y otros, 2015) que utilizó residuos de concreto y materiales cerámicos.

Según la (Cement Sustainability Initiative, 2009) la industria del cemento ha considerado el reciclaje del concreto como una práctica en contribución al desarrollo sostenible. El reciclaje de concreto puede disminuir el impacto ambiental asociado a la explotación de agregados tradicionales ya que reduce costos de transporte y los desechos de concreto que son dispuestos a vertederos sin control alguno, posibilitando el reciclaje y cerrando ciclos de vida en el proceso constructivo de las edificaciones.

El reciclaje de agregados reduce la utilización de agregados tradicionales vírgenes y los costos derivados de su explotación y transporte además de reducir los desechos de materiales que pueden ser recuperados. El concreto es un material que se puede recuperar, se estima que a nivel mundial se fabrican alrededor de 25 billones de toneladas. Países como Holanda, Dinamarca, Japón y Bélgica tienen esquemas de reciclaje que presentan mayor porcentaje de reciclaje de residuos de construcción, que viendo la escasez de obtener agregados y el déficit de vertederos emplean este sistema, además países como Finlandia, Reino Unido y Austria, factores por lo que han impulsado el reciclaje es porque se rigen a una política de gestión de residuos, utilizando normas obligatorias y acuerdos de planificación y control, teniendo en cuenta el aspecto económico.

El reciclaje de los residuos provenientes del sector construcción en nuestro país es casi nulo, especialmente para los concretos, terminando como desecho en los botaderos municipales o invadiendo lugares de dominio público. Esta práctica además de tener beneficios con carácter ambiental, puede ser factible y económico con respecto a la generación de otros productos más

económicos posibilitando la “economía circular”; la cual se basa en reducir la entrada de materiales vírgenes, reduciendo los desechos, cerrando ciclos, haciendo que este se transforme en un flujo circular, donde todos los elementos mantienen su utilidad y valor, con la posibilidad de dar otra vida y devolverlos al mercado en una nueva forma.

Los residuos reciclables según granel 2014, están compuestos generalmente del 30% de materiales que derivan de concreto, un 50% de albañilería y 10% de asfalto y 10% de otros materiales (AQUINO Esperanza, 2015), por lo que se puede generar un nuevo sector con vista al reciclaje de este tipo de desechos .

En el proceso para determinar la resistencia mecánica a compresión y absorción del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020. Con respecto a la resistencia a la compresión los BTC1 (40 kg/cm²); conformado por 20% de suelo, 65% de arena, son los que obtuvieron una resistencia elevada con respecto al BTC2 (32 kg/cm²); compuesto por el 35% de suelo y 50% de arena y BTC3 (28 kg/cm²); conformado por 40% de suelo y 45% de arena. Mientras que los bloques que utilizaron residuos de concreto triturado, cuya dosificación de mezcla fue la misma que la de los bloques que emplearon agregado tradicional; el BTC+RCD1 presentó una resistencia de 52 kg/cm², mientras que el BTC+RCD2 (46 kg/cm²) y el BTC+RCD3 (25 kg/cm²).

Con respecto a la investigación de (ABANTO Flores, Peter y AKARLEY Poma, Luis, 2014), cuyos bloques lograron alcanzar resistencias superiores a la mínima requerida, establecida en la norma E.070 de albañilería, en cuya elaboración utilizaron una maquina CINVA RAM modificada manual y un 20% de cemento con una dosificación de 25% de limos y arcillas y un 75% de arena, por lo que la cantidad de cemento y arena han podido influir en la resistencia obtenida, la cual fue de 74.78 kg/cm². Así mismo con respecto al ensayo de absorción los bloques presentaron en promedio el 11.52% siendo esta menor a la establecida en la norma E.070 (22%).

Asimismo en el estudio de (MEJÍA pacheco, 2018), lo cual empleó dosificaciones variando el contenido de suelo en 50-45-35-25% y arena 45-50-60-70% respectivamente, utilizando una maquina hidráulica cuya presión dentro del molde fue de 19 Mpa y un porcentaje de cemento del 5%, obtuvo una resistencia de 5.87- 6.97-7.03-5.97 y 7.71 Mpa aquellos que utilizaron

agregado convencional, mientras que los bloques que emplearon residuos provenientes de construcción y demolición alcanzaron resistencia de 7.91-8.12-5.97-8.03 Mpa de forma respectiva.

De igual manera en la investigación de (MOLINA Vinasco, 2016), en cuya dosificación empleo desde 0-3-4-5% de cemento a la mezcla, utilizando una maquina CINV RAM manual, cuya resistencia de los bloques adquirida fue de 0.47-0.42-0.45 y 0.54 Mpa respectivamente y aquel que utilizo escombros entre el 0-10-15-20% logro una resistencia entre 0.6-0.7-0.9-0.7 Mpa distributivamente.

De igual manera en la investigación de (VÁSQUEZ Hernandez, y otros, 2015) , lo cual empleo 5% de cemento tipo I para realizar la estabilización, empleando residuos de concreto y utilizando una maquina CINVA RAM manual, empleando dosificaciones de 45-35-25% de suelo y 50-60-70% de arena respectivamente, obteniendo bloque cuya resistencia varía entre 1.99 Mpa a 2.32 Mpa aquellos que utilizaron agregado tradicional, mientras que aquellos bloque que utilizaron RCD como agregado, la resistencia obtenida varía entre 2.93-4.68 Mpa, siendo el BCCRD3 el que obtuvo la mayor resistencia.

Como se puede apreciar en los diferentes estudios que utilizaron, diferente máquina y en donde el porcentaje de cemento y la cantidad de materiales varia en mínimas proporciones, se puede intuir que son factores a considerar para obtener una alta resistencia. Según (Mas M, Jorge y Kirschbaum C, 2011) la resistencia a la compresión final del bloque depende de la presión ejercida por la máquina al realizar la fabricación de estos y por las proporciones de tierra que se utilicen.

Con respecto a la absorción, mientras más se comprima la mezcla el porcentaje de vacíos va a ser menor y por ende la absorción de las unidades disminuye, detalle que se ve reflejado en aquellas investigaciones que utilizaron el mismo porcentaje de cemento, pero diferente máquina, en donde aquellos que utilizaron una maquina hidráulica la resistencia a la absorción es menor en comparación a aquellos bloque en cuya maquina la presión que se ejerce es de forma manual, obteniendo bloques porosos.

Cabe señalar que aquellos bloques que contiene mayor porcentaje de suelo, la resistencia es menor y esto se debe a que según (DE LA FUENTE Lavalle, 2013) en mezclas donde la arcilla

predomina y el cemento se le adiciona en menor porcentaje, tiende a reducir su resistencia y no aumentar, esto ocurre porque el cemento produce un efecto de encapsulamiento de las partículas de la arcilla, obteniendo una estructura interna débil. Ya que las partículas del cemento su finura está comprendido entre 2 800cm²/gr, mientras que la arcilla mayor con 100, 000 cm²/gr, por lo que se aprecia que las partículas de arcilla son más pequeñas y si es tratado con poco cemento no se logrará la liga completa a través del estabilizante.

Si se compara el bloque de tierra comprimido de esta investigación estabilizado con cemento, con respecto a las unidades existentes en el sector construcción de nuestro país se puede inferir que es superior a otras unidades de tierra ya que según la norma (NORMA E-080, 2017) la resistencia mínima del adobe debe ser 10.2 kg/cm² por lo que el bloque de tierra estabilizado supera en gran diferencia esta resistencia, además de que cuenta con dos alveolos possibilitando que se realice un refuerzo y realizar un diseño sismo resistente, obteniendo una estructura con menor peso, ya que las dimensiones estipuladas en la norma entre el adobe, el espesor mínimo es de 0.40 m y el BTC (0.25x0.125x0.07m) varían considerablemente

Asimismo según la norma (E.070, 2006), supera la resistencia mínima exigida para bloques no portantes y por sus dimensiones las cuales son similares a un ladrillo, puede ser usado con fines estructurales aquel bloque que utilizó residuos de concreto triturados, llegando a obtener una resistencia de 52 kg/cm². Según la Norma (E.070, 2006) de Albañilería los BTC por sus características se puede definir como una unidad de albañilería alveolar sólida, ya que su sección transversal tiene un área mayor al 70 % de su área bruta, con dos alveolos possibilitando su refuerzo vertical, utilizándose en construcción con sistema de albañilería armada, y aquellos cuya resistencia es igual o mayor al 20kg/cm² se puede emplear para muros no portante, en donde la única carga que soportan es su peso propio, por lo que se puede utilizar en la construcción de parapetos y cercos perimétricos.

Figura 7. Clase de unidades de albañilería para fines estructurales.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Fuente: (E.070, 2006)

De igual manera los bloques superaron el ensayo de absorción mostrando un porcentaje inferior (5-11%) a estipulada en la norma de albañilería (22%), por lo que no representa un riesgo si es expuesto a humedad.

Cabe señalar que las unidades no presentaron variaciones en el largo y ancho de este, variando en la altura, siendo la máxima variación de 0.5 cm, obteniendo unidades con un peso en promedio de 3.350 kg para BTC y para bloques que utilizo RCD un peso aproximado de 3.500 kg.

Finalmente en la comparación del costo beneficio del BTC que emplea agregados tradicionales, con el BTC que utiliza RCD en sustitución del agregado fino.

Según (GUZMÁN, Sebastián e IÑIGUEZ, Mateo, 2016), depende del tipo de estabilizante que se utilice para que el bloque resulte económico o caro, cuya elección va a depender de la composición química del suelo y de la disponibilidad en el lugar en el que se lleve a cabo la fabricación de estos. Hay que tener en cuenta ciertos factores si es que se quiere lograr que los impactos ambientales en la fabricación de los bloques sean mínimos, teniendo en cuenta que estos sean accesibles al mercado

Según (VALDIVIA Cariat, 2016 pág. 81) en su análisis de costo unitario para diferentes tipos de suelo, y considerando un rendimiento de 600 Und/día, en el cual varia el porcentaje de cemento. Considerando el análisis de costo unitario para un suelo SP (Arena uniforme),

incorporando un 5% de cemento el costo por bloque es de S/. 0.27, asimismo adicionando el 8% de cemento para un suelo SM (arena limosa), el costo de este es de S/. 0.27, mientras que para un suelo CL-CH (Arcilla), agregando el 12% de cemento el costo por unidad es de S/.0.40, en el cual consideraron el costo de mano de obra asociado a la autoconstrucción, donde se reconoce el trabajo realizado y no aquel con beneficios. En su análisis se puede percibir que en aquellas dosificaciones en las que se emplea más cantidad de cemento el costo del bloque es mayor.

Según (GATANI, Mariana, 2000), para analizar el costo de un bloque suelo-cemento y que este sea económico hay que tener ciertas consideraciones para su producción, ya que no es lo mismo producir para una asociación con fines de ayuda; donde esta puede resultar económica ya que la mano de obra es aportada por los grupos de apoyo, el suelo debe extraerse del mismo lugar, que producir bloque con fines comerciales en donde para que la producción de los bloques sea auto sostenida y resulte competitivo con los ladrillos tradicionales, esta debe mantener una producción de 19.701 ladrillos al mes y así competir con los costos del ladrillo de arcilla cocida y si supera esta cantidad resulta favorable para los bloques de suelo cemento.

Por lo que en la realización del análisis entre el bloque de tierra comprimido y el que emplea residuos de construcción y demolición, el monto de los bloques que utilizan el agregado tradicional el costo varía entre S/. 0.39 a S/. 0.41, mientras que el bloque que utiliza residuos triturados su costo permanece en S/. 0.34.

Cabe señalar que este costo se realizó sin tener en consideración el costo de transporte, además que el costo del suelo fue nulo, ya que para garantizar que este resulte económico se debe extraer del lugar.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que se elaboró el bloque de tierra comprimido con adición de residuos de construcción y demolición como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020, empleando suelo según el SUCS como un suelo ML (limos arcillosos de baja plasticidad) y según la AASHTO como un suelo A-7-6 (Arcilloso). Los bloques cumplieron con los requerimientos mínimos establecidos en la Norma E.070 de Albañilería para Bloques no portantes y con fines estructurales el BTC+ RCD1; compuesto por 20% de suelo, 65% de residuos de concreto triturados y el 15% de cemento, siendo esta la dosificación óptima para elaborar los BTC, asimismo todos los bloques cumplieron con el porcentaje de absorción ya que fue menor a la mínima permitida en la Norma E.070 de Albañilería ya que establece el 22% y los bloques obtuvieron un porcentaje entre 5-11% . En la comparación del costo beneficio entre el bloque que empleó agregados tradicionales y el que utilizó residuos triturados en sustitución del agregado convencional este último resultó ser de menor costo.

Con respecto al primer objetivo; determinar las características del suelo para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020, se concluye que las características del suelo van a depender del lugar del que se extraiga, que si bien es cierto no todos tienen las mismas propiedades se les puede realizar alguna estabilización con el fin de que puede ser apto para utilizarse en la elaboración de los BTC. Además que previamente a la fabricación de los bloques es necesario conocer sus características para así poder realizar una estabilización adecuada, por lo que en esta investigación se empleó un suelo ML (limos arcillosos de baja plasticidad) siendo necesario realizar una estabilización granulométrica para que la adición de cemento como estabilizante se realice de la mejor manera.

En concordancia al segundo objetivo; determinar la dosificación óptima para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020. Según investigaciones anteriores que han realizado una estabilización suelo-cemento, muestran que aquellas dosificaciones compuesta por más del 50% de agregado fino, el suelo tiende a mejorar sus propiedades, con un porcentaje mínimo de cemento, por lo que se constata en esta investigación que la dosificación que presenta mejores resultados es aquel que contiene el 20% de suelo, 65% de arena y 15% de cemento (BTC1) ; la cual logró una mayor resistencia

con respecto a los demás bloques que tienen diferentes dosificaciones, variando su contenido en suelo y agregado fino, obteniendo la siguiente dosificación en volumen: 1:1.70:4.15. Cabe señalar que en aquellos suelos arcillosos, si se le adiciona cemento como estabilizante en pequeñas cantidades la resistencia a la compresión tiende a disminuir.

En relación al tercer objetivo; determinar el porcentaje de RCD en reemplazo del agregado tradicional para la elaboración del BTC como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_ 2020. Este agregado proveniente de concreto triturado, presentó características similares a las del agregado tradicional y en concordancia con las investigaciones anteriores su sustitución se realizó de forma total. Esto se propone como una alternativa para cerrar ciclos, en donde los residuos de concreto pueden emplearse como agregado fino en sustitución del convencional, pero es necesario que se utilice una trituradora para optimizar este procedimiento y se obtengan partículas menores a 5mm; siendo el tamaño recomendable para elaborar los BTC, ya que al realizarlo de forma manual se obtuvo partículas de 6.3mm, representando el 2.8% del peso retenido del total de la muestra.

En la determinación de la resistencia mecánica a compresión y absorción del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020. Se concluye que aquellas unidades que presenten más porcentaje de agregado (arena fina) son los que más resisten en comparación de aquellas unidades que contienen más cantidad de suelo, ya que aquellos bloques que estaban compuestas por el 20% de suelo, 65% de arena y el 15% de cemento (BTC1) se obtuvo como resultado de resistencia a la compresión 40 kg/cm², mientras que el que estuvo conformado por el 40% de suelo y 45% de arena es el que menor resistencia mostró ante los esfuerzos a la compresión, así mismo el bloque compuesto por residuos de construcción y demolición triturados (BTC+RCD1) la resistencia obtenida fue de 52 kg/cm² superando a la mínima requerida por la norma E.070 para unidades con fines estructurales.

Asimismo los bloques presentaron un coeficiente de absorción mucho menor de lo estipulado en la norma E.070 (22%), cuyo rango está entre 5 y 11% siendo este un indicador que el bloque si es expuesto a la intemperie va a ser durable. Cabe recalcar que el tipo de máquina que se use para elaborar los bloques influye en el aumento de su resistencia, como también la adecuada distribución granulométrica de las partículas en la mezcla, así mismo el tipo de

cemento ya que de acuerdo a sus propiedades puede hacer que este adquiera más resistencia en comparación de otro tipo.

Para finalizar se concluye que en la comparación del costo beneficio del BTC que emplea agregados tradicionales, con el BTC que utiliza RCD en sustitución del agregado fino, como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_ 2020. Para que el bloque resulte de bajo costo van a influir ciertos aspectos como que el suelo sea del sitio o local, el tipo de suelo, ya que de acuerdo a este se debe seleccionar la cantidad y el tipo de estabilizante; por lo que este debe ser accesible. El bloque que empleó residuos como agregado fino en su análisis resulta más económicos que aquel que utiliza el agregado convencional ya que su costo es de S/. 0.34 y S/0.41 respectivamente. Así mismo en la elaboración de unidades suelo-cemento se genera un ahorro con respecto al ladrillo tradicional ya que se nula por completo el proceso de cocción generando un ahorro energético, pues sus propiedades mecánicas las adquiere mediante el prensado y la estabilización.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda analizar y conocer las características del suelo que se utilizará como material de construcción, pues de estas depende que el porcentaje de estabilizante sea menor y resulte económico su fabricación, así mismo que este sea extraído localmente o material propio producto de las excavaciones.

Se recomienda no utilizar suelos que contienen materia orgánica ya que este puede perjudicar la estructura del bloque, afectando su resistencia a la compresión en cuando se realice una estabilización química.

Para que sea rentable fabricar unidades suelo-cemento con fines comerciales, es necesario realizar este proceso mediante una maquina hidráulica, ya que el rendimiento de una manual es en promedio de 500 Und/ día, y para optimizar el proceso se puede emplear maquinas que elaboren más de dos bloques por ciclos. Además que el uso de este tipo de maquina puede influir de manera positiva para lograr obtener unidades con mayor resistencia a la compresión.

Para los bloques que utilizaron agregado tradicional y no superaron a la mínima requerida para fines estructurales, se recomienda emplearse en muros no portantes; como cercos perimétricos o con fines estéticos, ya que el acabado resulta caravista en aquellas unidades que tienen más contenido de suelo arcilloso y en el ensayo a la absorción, estos obtuvieron porcentaje menor a la establecida en la norma, por lo que son resistentes a la humedad.

Se recomienda realizar ensayos de pilas a compresión axial, así como compresión diagonal en muretes para realizar un diseño estructural de muros.

Para los residuos de construcción se debe realizar un plan de gestión, en donde se permita recolectar estos desechos y clasificarlos para su posterior reciclaje. Para procesos de trituración en grandes volúmenes es esencial emplear una maquina chancadora especializada que permita obtener partículas finas, similares al agregado tradicional, puede resultar costoso por lo que previamente se debe realizar un análisis de costo, ya que puede variar de acuerdo al lugar y la cantidad.

Se recomienda emplear residuos de concreto, ya que este presenta características similares al agregado tradicional, permitiendo mejorar la estructura del bloque y con ello su resistencia.

Para fabricar una máquina compresora de bloques tipo CINVA RAM se debe realizar con un profesional especialista.

Para futuras investigaciones se recomienda considerar utilizar otro tipo de estabilizante ya sea químico o natural que aporte resistencia a la compresión, asimismo comparar este bloque con respecto al ladrillo cocido. También realizar simulaciones y estudios sísmicos para analizar el comportamiento de estas unidades ante un eventual fenómeno.

REFERENCIAS

ABANTO Flores, Peter y AKARLEY Poma, Luis. 2014. Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo-cemento en la ciudad de Trujillo. *Tesis (Título de Ingeniero Civil)*. Trujillo-Perú : Universidad Privada Antenor Orrego, 2014. pág. 98.

AENOR . 2008. *Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. definiciones, especificaciones y métodos de ensayo* . Madrid- España : AENOR, 2008.

ANDRADE Gambarini, Marissa. 2014. *Diagnostico de residuos solidos de las actividades de construccion y demolición depositados en espacios públicos y de obras menores*. Lima : s.n., 01 de 2014.

AQUINO Bolaños, Esperanza. 2015. Reciclaje de residuos de la construcción para la fabricación de ladrillos sustentables. *Tesis (Optar el grado de Maestra en Ingeniería)*. México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2015. pág. 164.

AQUINO Esperanza. 2015. *Reciclaje de residuos de la construcción para la fabricación de ladrillos sustentables*. México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2015.

ARTEGA Medina, Karen, GUTIÉRREZ Junco, Óscar y HUMBERTO Medina, Óscar. 2011. Bloque de tierra comprimida como material constructivo. Colombia : Revistas Facultad de Ingenieria- UPTC, 2011. Vol. 20, 31, págs. 55-68. ISSN 0121-1129.

BERLIGIERI, Raúl. 2017. Caracterización de bloques suelo cemento como Mampuesto. *Práctica supervisada(Título de Ingeniero Civil)*. Córdoba-Argentina : Universidad Nacional de Córdoba, 03 de 2017. pág. 53.

BESTRATEN, S, HORMÍAS, E y ALTEMIR, A. 2011. Construcción con tierra en el siglo XXI. Barcelona - España : Informes de la construcción, 2011. Vol. 63, 523, págs. 5-20. ISSN: 0020-0883.

CCONISLLA Carrasco, Jhony. 2014. *Caracterización de los residuos de la construcción*. Lima- Perú : Revista civilizate - PUCP, 2014. Vol. 4.

Cement Sustainability Initiative. 2009. Reciclando concreto. Suiza : Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009. pág. 65. ISBN:978-3-940388-50-6.

Construye diferente . 2017. BLog. [En línea] 11 de Septiembre de 2017. <http://construyediferente.com/category/sistemas-constructivos/>.

DE LA FUENTE Lavallo, Eduardo. 2013. *Suelo-cemento*. MEXICO : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C, 2013. pág. 85. ISBN:968-464-018-8.

Decreto supremo N° 003-2013 vivienda. 2013. *Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de construcción y demolición.* Lima-perú : s.n., 2013. pág. 59.

DUQUE Escobar, Gonzaloy ESCOBAR Potes, Enrique. 2002. *Mecánica de los suelos.* Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2002. pág. 171.

DURAND Orellana, Rocío y BENITES Gutiérrez, Luis. 2017. *Unidades de albañilería fabricadas con suelo-cemento como alternativa para la construcción sostenible.* Perú : *Rev. ciencia y tecnología*, 2017. Vol. 13, (1), págs. 21-32. ISSN 1810-6781.

E.070. 2006. *Albñilería.* Lima-Perú : *Diario Oficial El Peruano*, 23 de 05 de 2006. pág. 15.

FARALDO, Pedro y PATEIRO, Beatriz. 2013. *Estadística y metodología de la investigación.* s.l. : Universidad de Santiago de Compostela, 2013. pág. 15.

GATANI, Mariana. 2000. *Ladrillos de suelo-cemento: mampuesto tradicional en base a un material sostenible.* Argentina : *Informe de la construcción*, 2000. 514-68.

GATTI, Fabio. 2012. *Arquitectura y construcción en tierra.* Barcelona : Universidad Politécnica de Catalunya, 2012. pág. 101.

GUZMÁN, Sebastián y IÑIGUEZ, Mateo. 2016. *Metodología para elección de estabilizantes químicos para bloques de tierra.* Ecuador : ESTOA, 2016. Vol. 5. ISSN:1390-7263.

HERNÁNDEZ Pocero, Josue. 2016. *Construcción con tierra: Análisis, conservación y mejora.* Barcelona : *Departamento de Tecnología de la Arquitectura*, 07 de 2016. pág. 21.

HERNANDEZ Sampieri, Roberto, FERNÁNDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, Pilar. 2006. *Metodología de la investigación.* 4ta edición. México : McGraw-Hill, 2006. pág. 182.

Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón. 2009. *Manual simplificado de Fabricación de Bloques de Suelo Cemento.* La paz-Bolivia : s.n., 2009.

LOU Ma, Roberto. 1981. *Manual para la construcción de la CETA RAM.* Guatemala : *Centro de Investigaciones de Ingeniería*, 1981.

LOYOLA Alama, María y VALENCIA Rodríguez, Josué. 2019. *ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN EN BASE DE RELAVE MINERO, DESECHOS DE OBRAS Y CEMENTO PORTLAND, PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL".* Guayaqui-Ecuador : *Universidad Laica Vicente Rocafuerte*, 2019. pág. 133.

MANIATIDIS, Vasilios y WALKER, Peter. 2003. *A REVIEW OF RAMMED EARTH CONSTRUCTION.* Reino Unido : *University of Bath*, 2003. pág. 118.

Mas M, Jorge y Kirschbaum C. 2011. Ensayo de resistencia a la compresión de bloques de suelo cemento. s.l. : Informes de la construcción, Diciembre de 2011. Vol. 63, págs. 43-48. ISSN:0020-0883.

MEJÍA pacheco, Javier. 2018. Bloque de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro,Loja,Ecuador. *Tesis (Magíster en construcciones)*. Cuenca-Ecuador : Universidad de Cuenca, 2018. pág. 125.

Ministerio de Transportes y comunicaciones. 2016. Manual de ensayo de materiales. Lima:Perú : s.n., 05 de 2016. pág. 1269.

Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. 2017. Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Lima : El peruano, 2017. pág. 29. N° 121-2017-Vivienda.

MINKE, Gernot. 2006. *Building with Earth*. Alemania : Birkhäuser-publishers for Architecture, 2006. pág. 198. ISBN-13: 978-3-7643-7477-8.

MIÑAN Arenas, Mamen. 2012. Materiales sostenibles en la edificación. Italia : Università Politecnica delle Marche, 2012. pág. 98.

MOLINA Vinasco, Gloria. 2016. Bloques de tierra comprimida con adición de residuos de concreto y cemento como solución sostenible para la construcción de muros no estructurales. *Proyecto de grado (Título de Ingeniero Civil)*. Pereira - Colombia : Universidad Libre de Pereira Sede Belmode, 2016. pág. 113.

Montoya, Estefany. 2014. *Practicassostenibles en la construcción de edificaciones* . Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA. 2019. CIUDAD. [En línea] 2019. [Citado el: 30 de julio de 2019.] <http://www.munipiura.gob.pe/79-ciudad/117-districtos-de-piura-2>.

NEVES, Celia y OBEDE Borges, Faria. 2011. Técnicas de construcción con tierra. Brasil : UNESP/ PROTERRA, 2011. pág. 80. ISBN 978-85-64472-01-3.

NOBLE, David y PLASTER, Rodger. 1970. Reactions in portland cement-clay mixture. *Final*. Estados Unidos : Administración Federal de Carreteras, 1970. 00230729, pág. 36.

NORMA E-080. 2017. Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Lima : Diario Oficial El peruano, 07 de 04 de 2017. pág. 29. N° 121-2017-Vivienda.

RAEL, Ronald. 2009. *Earth Architecture*. New York : Princeton Architectural Press, 2009. pág. 208. ISBN: 978-1-56898-767-5.

ROBLES Pilar y DEL CARMEN Manuela. 2015. La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en lingüística aplicada. [En línea] 14 de 02 de 2015. [Citado el: 16

de 10 de 2018.] <https://www.nebrija.com/revista-linguistica/la-validacion-por-juicio-de-expertos-dos-investigaciones-cualitativas-en-linguistica-aplicada.html>. ISSN 1699-6569.

RODRÍGUEZ Félix. 2012. Tipos y niveles de investigación científica. [En línea] 17 de 06 de 2012. [Citado el: 30 de 05 de 2019.] <https://es.scribd.com/doc/97318021/Tipos-y-Niveles-de-Investigacion-Cientifica>.

ROUX Gutiérrez, Ruben y ESPUNA Mújica, José. 2012. Bloques de tierra comprimida adicionados con fibras naturales. México : Plaza y Valdés Editores, 2012. pág. 158. ISBN:978-607-402-542-2.

SÁNCHEZ Luyo, Anakaren. 2019. Análisi de residuos de construcción y demolición para su reutilización como materia prima de agregados de construcción, Lima-2018. *Tesis (Obtener el título de ingeniero civil)*. Lima : Universidad César Vallejo, 2019. pág. 137.

SENA. 2012. Centro de industria y construcción. Bogotá : Centro de Gestión de Mercados, Logística y TIC's, 2012.

SUSUNAGA Monroy, Jorge. 2014. construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interes social y prioritario. *Trabajo de grado (Especialista en Gerencia de Obras)*. Bogota : Universidad Católica de Colombia, 2014. pág. 55.

TAM Málaga , Jorge, VERA, Giovanna y OLIVEROS Ramos, Ricardo. 2008. Tipos, métodos y estrategias de investigación científica. s.l. : Revista: Pensamiento y Acción, 2008. Vol. 5, págs. 145-154.

TOIRAC Corral, José. 2008. *El suelo cemento como material de construcción*. República Dominicana : Ciencia y Sociedad, 2008. Vol. XXXIII. ISSN:0378-7680.

URIBE Vélez, Carolina. 2012. Materiales y prácticas de construcción sostenible. *Proyecto (Título de Pregrado)*. Medellín-Antioquia : Universidad EAFIT, 2012.

VALDIVIA Cariat, José. 2016. Factibilidad de implementación del material suelo-cemento como material de construcción para viviendas de bajo costo en el Perú. *Tesis (Optar el título de Ingeniero civil)*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016. pág. 114.

VÁSQUEZ Hernandez, Alejandro, BOTERO Botero, Luis y CARVAJAL Arango, David. 2015. Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado petreo convencional. Medellín-Colombia : Rev. Ingeniería y Ciencia, 01 de 2015. Vol. 11, (21), págs. 197-220. ISSN: 1794-9165.

Vivienda, Construcción y saneamiento. 2016. Decreto supremo N° 019-2016-VIVIENDA. Lima : s.n., 21 de 10 de 2016. pág. 8.

ANEXOS

ANEXO 01: Ubicación del proyecto

Para la realización de este proyecto se utilizó suelo proveniente del distrito de Tambogrande, efectuando los estudios del proyecto de la elaboración del bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) en el laboratorio ubicado en el distrito 26 de Octubre “Laboratorio y construcción ITLO”, así mismo los residuos empleados provinieron de este distrito veintiséis de octubre – provincia de Piura, departamento de Piura.



Anexo 01.01. Zona en la que se realizó el proyecto. Fuente: (MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA, 2019)

Anexo 02. Tabla 18.Matriz de consistencia

<u>PROBLEMA GENERAL</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPÓTESIS GENERAL</u>	<u>METODOLOGÍA</u>
<p>▪ ¿La elaboración de un bloque de tierra comprimido (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) reducirá los costos en relación con el bloque que utiliza agregado tradicional como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020?</p> <p><u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</u></p> <p>▪ ¿Cuáles son las características del suelo para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020?</p> <p>▪ ¿Cuál es la dosificación óptima para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020?</p>	<p>▪ Elaborar un bloque de tierra comprimido (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.</p> <p><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u></p> <p>▪ Determinar las características del suelo para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.</p> <p>▪ Determinar la dosificación óptima para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de piura_2020.</p>	<p>La elaboración de un bloque de tierra comprimido (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) reduce los costos en relación con aquel que utiliza agregado tradicional como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.</p> <p><u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</u></p> <p>Se logró determinar las características del suelo para la elaboración del BTC con adición de RCD como material sostenible en la ciudad de Piura_2020.</p> <p>Se determinó el porcentaje de RCD en reemplazo del agregado tradicional para la elaboración del BTC como material de construcción</p>	<p>1.Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>2.Nivel de investigación: Descriptivo</p> <p>3. Metodología de la investigación: Estadística descriptiva</p> <p>4. Diseño de investigación: De acuerdo a su finalidad se realizó de forma experimental.</p> <p>5. Población: Bloques de tierra comprimida Residuos de concreto</p>

<ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿Cuál es el porcentaje de RCD en reemplazo del agregado tradicional para la elaboración del BTC como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020? ▪ ¿Cuál es la resistencia mecánica a compresión y absorción de los BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020? ▪ ¿Cómo puedo comparar el costo-beneficio del BTC que emplea agregados tradicionales, con el BTC que utiliza RCD en sustitución del agregado fino, como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinar el porcentaje de RCD en reemplazo del agregado tradicional para la elaboración del BTC como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020. ▪ Determinar la resistencia mecánica a compresión y absorción del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020. ▪ Comparar el costo-beneficio del BTC que emplea agregados tradicionales, con el BTC que utiliza RCD en sustitución del agregado fino, como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020. 	<p>sostenible en la ciudad de Piura_2020.</p> <p>Se determinó la dosificación óptima para la elaboración del BTC con adición de RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.</p> <p>Se logró determinar la resistencia mecánica a compresión y absorción de los BTC con adición RCD como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.</p> <p>Se comparó el costo- beneficio del BTC que emplea agregados tradicionales, con el BTC que utiliza RCD en sustitución del agregado fino, como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020.</p>	<p>6. Muestra:</p> <p>8 bloques; 5 para hallar la resistencia a la compresión y 3 para absorción</p> <p>7. técnicas:</p> <p>Análisis documental Observación Exploración in situ</p> <p>8. Instrumentos:</p> <p>Normas Técnicas Peruanas Fichas de recolección de datos Ensayos de laboratorio</p>
---	--	--	---

Fuente: elaboración propia

Anexo 03. Panel fotográfico

Análisis granulométrico

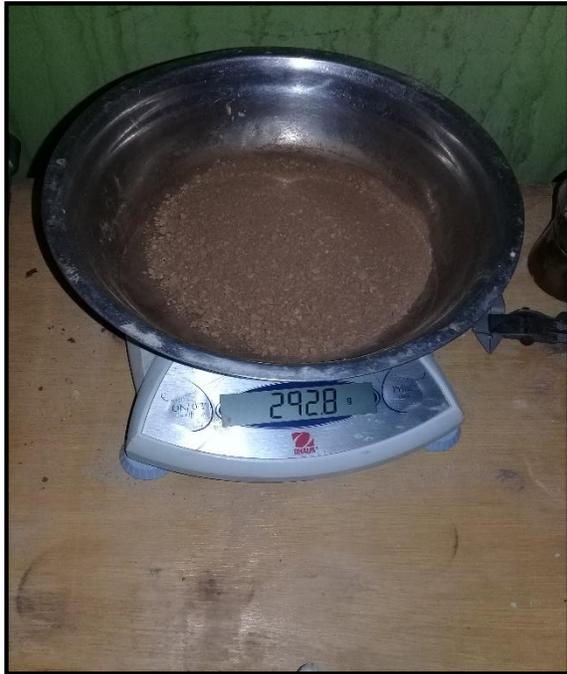


Figura 03.01. Pesado de muestra.



Figura 03.02. Lavado de muestra por malla #200 (suelo) para eliminar los finos.



Figura 03.03. Secado de muestra mediante estufa para realizar el tamizado.



Figura 03.04. Cernido de muestra del material.

LÍMITES DE CONSISTENCIA



Límite líquido y plástico

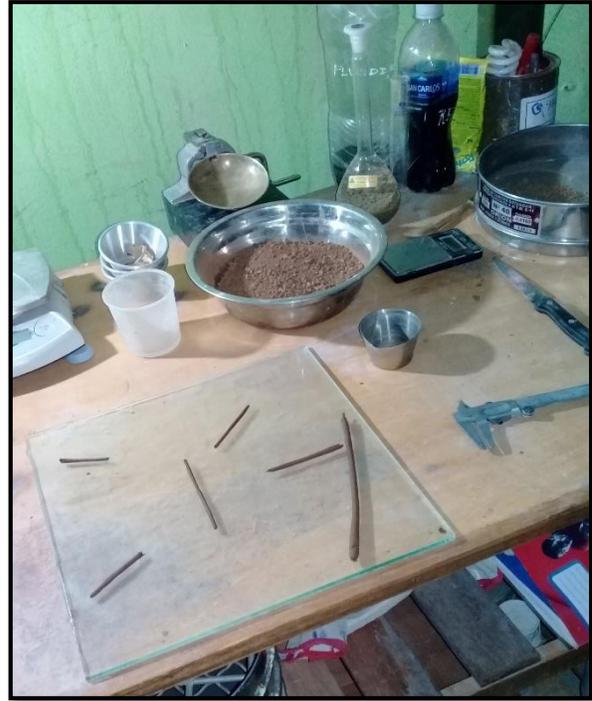


Figura 03.06: ensayo para determinar el límite plástico



Figura 03.05: Copa de casagrande

Figura 03.07: secado de muestras.



Figura 03.08: Muestras secas, el cual se pesa para determinar los límites.

GRAVEDAD ESPECÍFICA



Figura 03.09. Fiola con agua.



Figura 03.10. Fiola con agua + suelo

PESO UNITARIO



Figura 03.10. Enrasado de material



Figura 03.11. Peso unitario o volumétrico del material suelto.

ELABORACIÓN DE LOS BTC



Figura 03.11. Recolección de los RCD.



Figura 03.12. Residuos seleccionados



Figura 03.13. Trituración de residuos de concreto de forma manual.



Figura 03.14. Residuos en proceso de trituración.



Figura 03.15. Tamizado de agregados.



Figura 03.16. Agregados tamizados



Figura 03.17. Pesado de material



Figura 03.18. Materiales listos para mezclar en seco. (Suelo + arena)



Figura 03.18. Mezclado de materiales (suelo – cemento).



Figura 03.19. Adición de agua a la mezcla.



Figura 03.20. Mezclado con agua, verificando la humedad óptima.



Figura 03.21. Llenado de mezcla en caja de máquina compresora.



Figura 03.22. Cerrado de caja para comprimir.



Figura 03.23. Comprimido de mezcla para obtener el BTC.



Figura 03.24. Desmoldado del bloque.



Figura 03.25. Bloque sacado de la caja.



Figura 03.26. Bloques en cuya dosificación utilizo arena fina como agregado.



Figura 03.27. Bloques en cuya dosificación utilizó residuos de concreto triturados como agregado fino.



Figura 03.28. Bloques transcurrido los 28 días.

ABSORCIÓN EN LOS ESPECÍMENES



Figura 03.29. Bloques sumergidos por 24 horas



Figura 03.30. Pesado de los BTC

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



Figura 03.31. Rotura de probetas.

Fabricación de la máquina compresora



ANEXO 07:
CONSTANCIAS DE
VALIDACIÓN

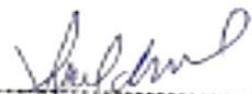
CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo... KRISTINA DEL FATIMA VALDIVIAZO CASTILLO.....con
D.N.I nº... 42834528....., de profesión..... INGENIERO CIVIL..... con
nº CIP: 108587..... desempeñándome actualmente como DOCENTE.....
en UCV - PIURA.....

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, para su aplicación en la: "Elaboración de un bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura, 2019"

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

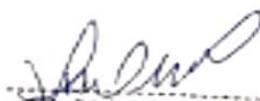
ANÁLISIS GRANULOMETRICO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				/	
2. Objetividad				/	
3. Actualidad			/		
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				/	
6. Intencionalidad				/	
7. Consistencia				/	
8. Coherencia				/	
9. Metodología			/		


 F. Valdiviazo Castillo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 108587



LÍMITES DE CONSISTENCIA	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				/	
2. Objetividad				/	
3. Actualidad				/	
4. Organización			/		
5. Suficiencia				/	
6. Intencionalidad			/		
7. Consistencia				/	
8. Coherencia				/	
9. Metodología				/	

CONTENIDO DE HUMEDAD	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				/	
2. Objetividad				/	
3. Actualidad				/	
4. Organización				/	
5. Suficiencia				/	
6. Intencionalidad				/	
7. Consistencia				/	
8. Coherencia				/	
9. Metodología			/		


Encargado del F. Valdivia de:
INSTRUMENTO C/11
REG. C/11 N° 180387



PESO UNITARIO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad			✓		
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad			✓		
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

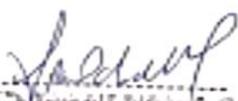
PESO ESPECIFICO- AGREGADO FINO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad			✓		
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología			✓		


Asesor del P. Vicedecano Acad.
INGENIERO CIVIL
REG. EXP. N° 14387



ABSORCIÓN PARA LOS AGREGADOS	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					/
2. Objetividad				/	
3. Actualidad				/	
4. Organización					/
5. Suficiencia				/	
6. Intencionalidad				/	
7. Consistencia				/	
8. Coherencia			/		
9. Metodología				/	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				/	
2. Objetividad				/	
3. Actualidad				/	
4. Organización				/	
5. Suficiencia			/		
6. Intencionalidad				/	
7. Consistencia				/	
8. Coherencia				/	
9. Metodología				/	


Instituto de F. Tecnología de Construcción
INGENIERO CIVIL
REG. PROF. 110000



ABSORCIÓN PARA EL BLOQUE	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad					✓
3. Actualidad				✓	
4. Organización					✓
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los..... días del mes de junio del 2019.


 Colegio de P. Valdivia Castillo
INGENIERO CIVIL
REG. Nº.....
FIRMA

DNI : 42334528
Especialidad : Ing. civil
E-mail : krissanm@hotmail.com



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo... CRISTHIAN ALEXANDER LEÓN PANTAdon
D.N.I nº 42.798693 de profesión... Ingeniero Civilcon
nº CIP: 120580desempeñándome actualmente como Docente
en UCV - Piura

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, para su aplicación en la: "Elaboración de un bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura, 2019"

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

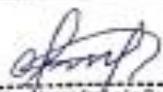
ANÁLISIS GRANULOMETRICO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia			✓		
6. Intencionalidad					✓
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

Ing. Cristian Alexander León Panta
INGENIERO CIVIL
CIP. 120580



ABSORCIÓN PARA LOS AGREGADOS	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad			✓		
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad			✓		
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología			✓		

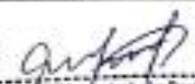
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización			✓		
5. Suficiencia			✓		
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia			✓		
8. Coherencia				✓	
9. Metodología			✓		


Ing. Christian Alvarado León Pareda
Investigador C.A.S.
D.I. 1208 84



PESO UNITARIO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad			✓		
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia			✓		
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

PESO ESPECÍFICO-AGREGADO FINO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad			✓		
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	


Ing. Christian Alexander León Pantoja
Investigador Científico
C.P. 211521



LÍMITES DE CONSISTENCIA	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad			/		
4. Organización			/		
5. Suficiencia				/	
6. Intencionalidad			✓		
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				/	

CONTENIDO DE HUMEDAD	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				/	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad			✓		
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia			/		
9. Metodología				/	


Ing. Cristian Alexander Lucio Pantoja
INOVIEDP-CVU
CIP. 126138



ABSORCIÓN PARA EL BLOQUE	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				/	
2. Objetividad				/	
3. Actualidad				/	
4. Organización			/		
5. Suficiencia				/	
6. Intencionalidad				/	
7. Consistencia			/		
8. Coherencia				/	
9. Metodología				/	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los..... días del mes de junio del 2019.


Ing. Cristian Alexander León Paer
INGENIERO CIVIL
C.P. 128177

FIRMA

DNI : 42798693
Especialidad : ING. CIVIL
E-mail : ckenpate.236@gmail.com

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo... RONALDO PEREZ MONTESO con
 D.N.I nº... 48025063 de profesión... ING. CIVIL con
 nº CIP: 88658 desempeñándome actualmente como COORDINADOR
 en UCV - PIURA

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación de los instrumentos, para su aplicación en la: "Elaboración de un bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura, 2019"

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

ANÁLISIS GRANULOMETRICO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad			✓		
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad			✓		
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología			✓		


 Ronald Montoya
 CIP. 88658



LÍMITES DE CONSISTENCIA	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad			✓		
4. Organización				✓	
5. Suficiencia			✓		
6. Intencionalidad			✓		
7. Consistencia			✓		
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

CONTENIDO DE HUMEDAD	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad			✓		
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad			✓		
7. Consistencia			✓		
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	


Rodolfo E. Ramal Montejo
CIP. 86632



PESO UNITARIO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad			✓		
4. Organización			✓		
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología			✓		

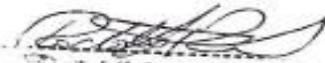
PESO ESPECIFICO-AGREGADO FINO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización			✓		
5. Suficiencia			✓		
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia			✓		
8. Coherencia				✓	
9. Metodología			✓		


Rodolfo E. Rosal Montejo



ABSORCIÓN PARA LOS AGREGADOS	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			✓		
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad			✓		
4. Organización				✓	
5. Suficiencia			✓		
6. Intencionalidad			✓		
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia			✓		
9. Metodología				✓	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia			✓		
6. Intencionalidad			✓		
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia			✓		
9. Metodología			✓		


Rodolfo E. Bernal Montejó
C.R. 93603



ABSORCIÓN PARA EL BLOQUE	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización			✓		
5. Suficiencia			✓		
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología			✓		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los..... días del mes de junio del 2019.



Rodolfo E. Rosal Montejo

FIRMA

DNI : 40025063
Especialidad : ING. CIVIL
E-mail : RODRAMAL@HOTMAIL.COM

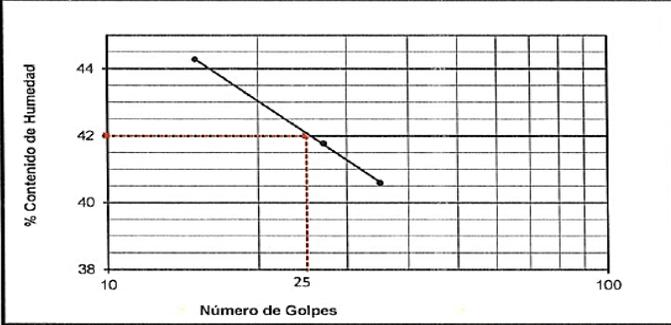
ANEXO 08:

FICHAS DE LOS ENSAYOS **DE LABORATORIO**

Anexo 08.01. Análisis granulométrico del suelo

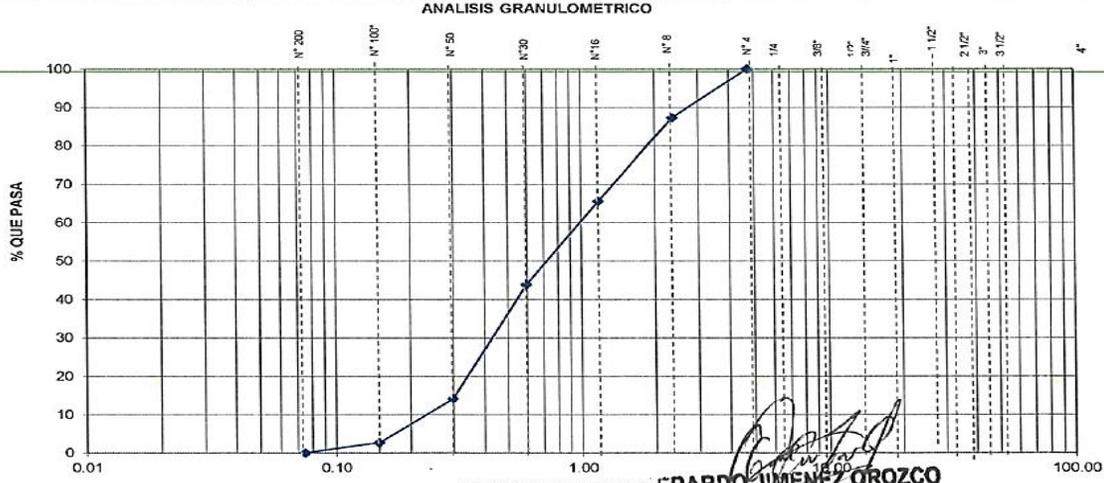
		ITLO ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES, CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES								
PROYECTO	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"									
SOLICITA	SERNAQUÉ SILVA PATRICIA			FECHA: Oct-2019						
MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 339.128)										
Material	: Suelo									
Ubicación	: Distrito de Tambogrande									
Cantera	: C.P. Lloque yupanqui									
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		Especificación EG-2013 Gradación B	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)		PESO INICIAL (gr)	214.70		
							PORCION DE FINOS (gr)	214.70		
							% DE HUMEDAD	6.90		
							TAMAÑO MAXIMO			
						100.0	% DE GRAVA	0.0		
							% DE ARENA	13.9		
						75-95	% PASANTE N° 200	86.1		
							L.L.	42		
							L.P.	26		
						40-75	I.P.	16		
						30-60	CLASIFIC. SUCS	ML		
						20-45	CLASIFIC. AASHTO	A-7-8 (15)		
							D10	0.074	Cu	1.000
						15-30	D30	0.074	Cc	1.000
							D60	0.074		
						5-15	OBSERVACIONES:			
BANDEJA		184.8	86.1	100.0						
ANALISIS GRANULOMETRICO										

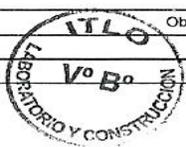
Anexo 08.02. Límites de consistencia

		ITLO .ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES. CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES		
Proyecto	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"			
Solicita	SERNAQUÉ SILVA PATRICIA	FECHA : Oct-2019		
MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS				
Material	: Suelo			
Ubicacion	: Distrito de Tambogrande			
Cantera	: C.P. Lloque yupanqui			
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (NTP 339.129)				
N°	MUESTRA	1	2	3
1	Tara N°	B-2	A-45	B-03
2	Peso de la Tara grs.	35.60	37.84	21.52
3	Peso Suelo Húmeso + Tara grs.	59.64	55.32	40.68
4	Peso Suelo Seco + Tara grs.	52.70	50.17	34.80
5	Peso del Agua (3) - (4) grs.	6.94	5.15	5.88
6	Peso Suelo Seco (4) - (2) grs.	17.10	12.33	13.28
7	Humedad (5) / (6) x 100 %	40.6	41.8	44.3
8	N°. De Golpes	35	27	15
<				
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)				
N°	MUESTRA	1	2	
1	Tara N°	11	21	
2	Peso de la Tara grs.	22.10	22.06	
3	Peso Suelo Húmeso + Tara grs.	28.34	29.52	
4	Peso Suelo Seco + Tara grs.	27.00	28.00	
5	Peso del Agua (3) - (4) grs.	1.34	1.52	
6	Peso Suelo Seco (4) - (2) grs.	4.90	5.94	
7	Humedad (5) / (6) x 100 %	27.3	25.6	
Promedio de Límite Plástico :		26		
		RESULTADOS: L.L. : 42.00 L.P. : 26.00 I.P. : 16.00		
GERARDO JIMENEZ OROZCO TÉCNICO DE ENSAYOS DE MATERIALES				
CERTIFICADO: ITLO-ES-2018-112		Observaciones: Material Proporcionados por el solicitante.		
TÉCNICO RESPONSABLE: G. J. O				
ING. RESPONSABLE: J. C. A. P				
				

Anexo 08.03. Análisis granulométrico del agregado

		ITLO ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES, CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES						
Proyecto :	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"							
Solicitante :	SERNAQUE SILVA PATRICIA	Fecha :	Oct-2109					
ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012)								
Ubicación :	Piura							
cantera :	Arena de rio							
Material :	Arena Zarandeada							
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	MINIMO (%)	MAXIMO (%)	
4"	100							PESO INICIAL (gr) 235.40
3 1/2"	90							CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 0.3
3"	75							TAMAÑO MAXIMO (") --
2 1/2"	63							GRAVA (Pasa 3", retiene N°4) (%) 0.0
2"	50							ARENA (Pasa N°4, retiene N°200) (%) 100.0
1 1/2"	37.5							PASANTE N° 200 (%) 0.0
1"	25.0							LIMITE LIQUIDO --
3/4"	19.0							LIMITE PLASTICO --
1/2"	12.5							INDICE DE PLASTICIDAD --
3/8"	9.5							MODULO DE FINEZA 2.86
1/4"	6.3							OBSERVACIONES:
N° 4	4.75	0.00	0.0	0.0	100.0			
N° 8	2.36	29.90	12.7	12.7	87.3			
N° 16	1.18	51.00	21.7	34.4	65.6			
N° 30	0.600	51.30	21.8	56.2	43.8			
N° 50	0.300	70.00	29.7	85.9	14.1			
N° 100	0.150	27.00	11.5	97.4	2.6			
N° 200	0.075	6.20	2.6	100.0	0.0			
BANDEJA		0.00	0.0	100.0	0.0			

ANALISIS GRANULOMETRICO	
	GERARDO JIMENEZ OROZCO TECNICO DE ENSAYOS DE MATERIALES

CERTIFICADO: ITLO-DC-2019		Observaciones: Material Proporcionados por el solicitante.
TÉCNICO RESPONSABLE: G.J.O		
ING. RESPONSABLE: J.C.A.P		



PERALTA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 189769

Anexo 08.04. Análisis granulométrico del RCD triturados



ITLO
 ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES
 CARRETERAS
 • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO
 • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN
 • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES

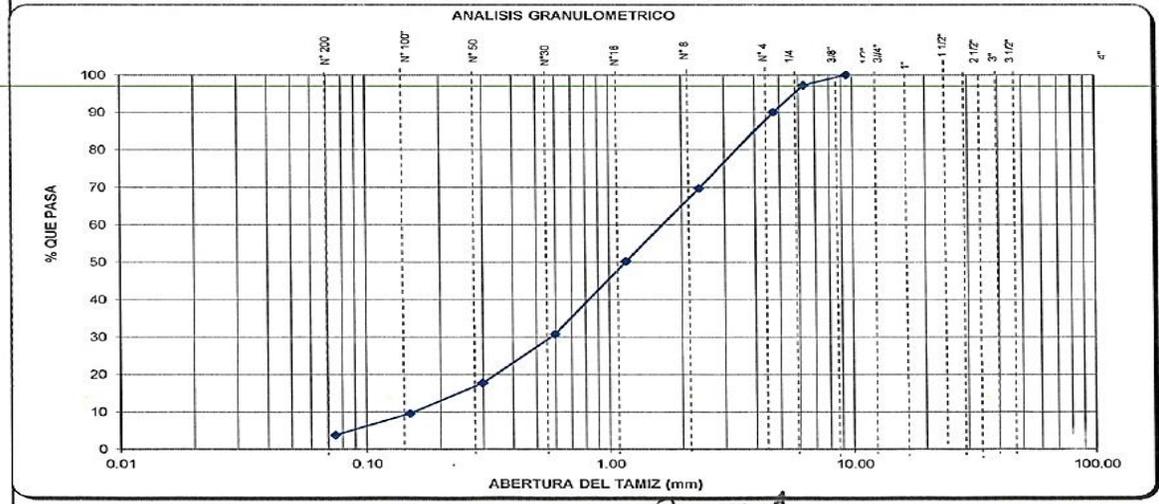


Proyecto : "Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"
 Solicitante : SERNAQUÉ SILVA PATRICIA Fecha : Oct-2109

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO
(NTP 400.012)

Ubicación : Piura
 cantera : Remodelación de vivienda
 Material : RCD Triturados

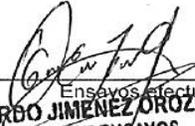
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	MINIMO (%)	MAXIMO (%)	
4"	100							PESO INICIAL (gr) 507.30
3 1/2"	90							CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 0.3
3"	75							TAMAÑO MAXIMO (") --
2 1/2"	63							GRAVA (Pasa 3", retiene N°4) (%) 10.0
2"	50							ARENA (Pasa N°4, retiene N°200) (%) 86.3
1 1/2"	37.5							PASANTE N° 200 (%) 3.8
1"	25.0							LIMITE LIQUIDO --
3/4"	19.0							LIMITE PLASTICO --
1/2"	12.5							INDICE DE PLASTICIDAD --
3/8"	9.5	0.00	0.0	0.0	100.0			MODULO DE FINEZA 3.32
1/4"	6.3	14.00	2.8	2.8	97.2			OBSERVACIONES:
N° 4	4.75	36.60	7.2	10.0	90.0			
N° 8	2.36	103.00	20.3	30.3	69.7			
N° 16	1.18	98.80	19.5	49.8	50.2			
N° 30	0.600	98.80	19.5	69.2	30.8			
N° 50	0.300	66.20	13.0	82.3	17.7			
N° 100	0.150	41.40	8.2	90.4	9.6			
N° 200	0.075	29.40	5.8	96.2	3.8			
BANDEJA		19.10	3.8	100.0	0.0			



CERTIFICADO: ITLO-DC-2019 Observaciones: Material proporcionados por el solicitante.
 TÉCNICO RESPONSABLE: G.J.O. **GERARDO JIMENEZ OROZCO**
 ING. RESPONSABLE: J.C.A.P. **TÉCNICO DE ENSAYOS DE MATERIALES**



Anexo 08.05. Contenido de humedad

		ITLO ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES						
PROYECTO	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"							
SOLICITANTE	SERNAQUÉ SILVA PATRICIA	FECHA	Octubre-2019					
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)								
Material	: Suelo	-	Agregado fino					
Ubicación	: Distrito de Tambogrande	-	Piura					
Cantera	: C.P. Lloque yupanqui	-	Arena de Rio					
IDENTIFICACION	Muestra	PROFUNDIDAD (m)	PESO SUELO HUMEDO + TARA (gr)	PESO SUELO SECO + TARA (gr)	PESO TARA (gr)	PESO AGUA (gr)	PESO SUELO SECO (gr)	% DE HUMEDAD
SUELO	M - 1	-	313.40	293.20	0.00	20.20	293.20	6.9
AGREGADO FINO	M-2	-	247.30	235.40	1.00	11.90	234.40	5.1
CERTIFICADO: ITLO-ES-2019		Observaciones:  Ensayos efectuados al material en estado natural GERARDO JIMENEZ OROZCO TÉCNICO DE ENSAYOS DE MATERIALES						
TÉCNICO RESPONSABLE: G.J.O.								
ING. RESPONSABLE: J.C.A.P								



Anexo 08.06. Peso unitario del suelo suelto.

 <p>LABORATORIO Y CONSTRUCCIÓN</p>	<p>ITLO</p> <p>ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES, CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES</p>	
--	---	---

Proyecto	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"		
Solicitante	SERNAQUÉ SILVA PARICIA	Fecha	Oct-2019
Ubicación	PIURA		

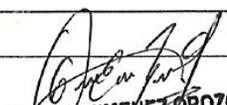
MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD ("PESO UNITARIO") Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS
(NTP 400.017)

PESO UNITARIO DEL SUELO SUELTO

IDENTIFICACIÓN	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm3)	PROMEDIO (gr/cm3)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
Suelo	CP.Lloque Yupanqui	-	1121	1109	1115	933	1.195

CERTIFICADO: ITLO-DC-2019	Observaciones: Material Proporcionados por el solicitante.
TÉCNICO RESPONSABLE: G.J.O.	
ING. RESPONSABLE: J.C.A.P	




GERARDO JIMENEZ OROZCO
 TÉCNICO DE ENSAYOS DE MATERIALES


CESAR GIANCARLO ALMARAZ PERALTA
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 189769

Anexo 08.08. Peso unitario del agregado fino.

	ITLO ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES	
---	--	---

Proyecto	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"		
Solicitante	SERNAQUÉ SILVA PARICIA	Fecha	Oct-2019
Ubicación	PIURA		

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD ("PESO UNITARIO") Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS
(NTP 400.017)

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO SUELTO

IDENTIFICACIÓN	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm3)	PROMEDIO (gr/cm3)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
Agregado fino	Arena de río	-	1472	1467	1470	933	1.575

CERTIFICADO: ITLO-DC-2019	Observaciones: Material Proporcionados por el solicitante.
TÉCNICO RESPONSALE: G.J.O.	
ING. RESPONSABLE: J.C.A.P	




GERARDO JIMÉNEZ OROZCO
 TÉCNICO DE ENSAYOS DE MATERIALES


 C.E.S. ALBERTO ALBERTO ALBERTO
 PERALTA
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 189769

Anexo 08.08. Peso unitario del residuo de concreto triturado

	<p>ITLO</p> <p>ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES, CARRETERAS DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO ENSAYOS DE COMPACTACIÓN CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES</p>	
---	--	---

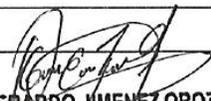
Proyecto	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"		
Solicitante	SERNAQUÉ SILVA PARICIA	Fecha	Oct-2019
Ubicación	PIURA		

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD ("PESO UNITARIO") Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS
(NTP 400.017)

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO SUELTO

IDENTIFICACIÓN	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm3)	PROMEDIO (gr/cm3)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
RCD triturados	Remodelación de vivienda	-	1290	1305	1310	933	1.395

CERTIFICADO: ITLO-DC-2019	Observaciones: Material Proporcionados por el solicitante.
TÉCNICO RESPONSABLE: G.J.O.	
ING. RESPONSABLE: J.C.A.P	


GERARDO JIMENEZ OROZCO
 TÉCNICO DE ENSAYOS
 DE MATERIALES

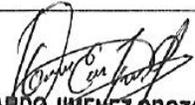

CESAR GIANCARLO ALMARAZ PERALTA
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 189769



Anexo 08.09. Peso específico del suelo.

		ITLO ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES, CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES		
Proyecto :	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"			
Solicitante :	SERNAQUÉ SILVA PATRICIA	Fecha:	Oct-2019	
MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZANDO PARA PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS DE UN SUELO				
Material :	Suelo			
Ubicación :	Distrito de Tambogrande			
Cantera :	C.P. Lloque yupanqui			
Peso Especifico relativo de las partículas sólidas de un suelo (NTP 339.131)				
DETERMINACIÓN N°		1	2	
A	Masa de la muestra de suelo seco al horno (gr.)	250.000	250.000	
B	Masa del picnometro lleno de agua	362.800	362.700	
C	Masa del picnometro lleno con agua y suelo	511.200	511.100	PROMEDIO
Peso específico relativo de las partículas sólidas (Gs)		$A/(A-(C-B))$	gr/cm^3	2.461
		2.461	2.461	2.46
CERTIFICADO: ITLO-ES-2019		Observaciones:		
TÉCNICO RESPONSABLE: G.J.O.				
ING. RESPONSABLE: J.C.A.P				

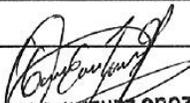



GERARDO JIMENEZ OROZCO
 TÉCNICO DE ENSAYOS
 DE MATERIALES


CESAR GIMENCILLO ALMARAZ PERALTA
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 189769

Anexo 08.10. Peso específico del agregado fino.

		<p>ITLO ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES, CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES</p>				
Proyecto :	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"					
Solicitante :	SERNAQUÉ SILVA PATRICIA	Fecha:	Oct-2019			
MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZANDO PARA PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTICULAS SÓLIDAS DE UN SUELO						
Ubicación :	Piura					
cantera :	Arena de río					
Material :	Arena Zarandeada					
Peso Específico relativo de las partículas sólidas de un suelo (NTP 339.131)						
DETERMINACIÓN N°		1	2			
A	Masa de la muestra de suelo seco al horno (gr.)	250.700	250.700			
B	Masa del picnometro lleno de agua	361.600	361.500			
C	Masa del picnometro lleno con agua y suelo	518.300	518.200	PROMEDIO		
Peso específico relativo de las partículas sólidas (Gs)		$A/(A-(C-B))$	gr/cm^3	2.667	2.667	2.67
CERTIFICADO: ITLO-ES-2019		Observaciones:				
TÉCNICO RESPONSABLE: G.J.O.						
ING. RESPONSABLE: J.C.A.P						


GERARDO JIMENEZ OROZCO
 TÉCNICO DE ENSAYOS
 DE MATERIALES


PERALTA
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 189769



Anexo 08.11. Peso específico del RCD triturado.

		ITLO .ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES, CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES				
Proyecto :	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"					
Solicitante :	SERNAQUÉ SILVA PATRICIA	Fecha	Oct-2019			
MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZANDO PARA PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS DE UN SUELO						
Ubicación :	Piura					
cantera :	Remodelación de vivienda					
Material :	RCD Triturados					
Peso Especifico relativo de las particulas solidas de un suelo (NTP 339.131)						
DETERMINACION N°		1	2			
A	Masa de la muestra de suelo seco al horno (gr.)	153.500	153.500			
B	Masa del picnometro lleno de agua	361.200	361.400			
C	Masa del picnometro lleno con agua y suelo	452.800	452.900	PROMEDIO		
Peso especifico relativo de las particulas solidas (Gs)		$A/(A-(C-B))$	gr/cm^3	2.480	2.476	2.48
CERTIFICADO: ITLO-ES-2019		Observaciones:				
TÉCNICO RESPONSABLE: G.J.O.						
ING. RESPONSABLE: J.C.A.P						

[Signature]
GERARDO JIMENEZ OROZCO
 TÉCNICO DE ENSAYOS
 DE MATERIALES

[Signature]
CESAR GERARDO ALMESTAR
 PERALTA
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP Nº 183769



Anexo 08.12. Absorción de los BTC.

		ITLO . ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES, CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES			
Proyecto :	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"				
Solicitante :	SERNAQUÉ SILVA PATRICIA				
Ubicación :	PIURA	Fecha	Nov-2019		
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA ABSORCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA (NTP 339.613)					
DESCRIPCIÓN	Peso del espécimen saturado(WD)(gr)	Peso del espécimen seco(WS)(gr)	Absorción (%)	PROMEDIO	
BTC1-A	3585.00	3340.00	6.74	5.38	
BTC1-B	3535.00	3365.00	5.05		
BTC1-C	3605.00	3455.00	4.34		
Absorción %: $100 \cdot ((WD-WS)/WS)$					
DESCRIPCIÓN	Peso del espécimen saturado(WD)(gr)	Peso del espécimen seco(WS)(gr)	Peso seco(gr)	PROMEDIO	
BTC2-A	3655.00	3460.00	5.64	7.86	
BTC2-B	3645.00	3415.00	6.73		
BTC2-C	3625.00	3260.00	11.20		
Absorción %: $100 \cdot ((WD-WS)/WS)$					
DESCRIPCIÓN	Peso del espécimen saturado(gr)	Peso del espécimen seco(WS)(gr)	Peso seco(gr)	PROMEDIO	
BTC3-A	3635.00	3207.00	13.35	11.45	
BTC3-B	3545.00	3205.00	10.61		
BTC3-C	3610.00	3270.00	10.40		
Absorción %: $100 \cdot ((WD-WS)/WS)$					
CERTIFICADO: ITLO-ES-2019					
TÉCNICO RESPONSABLE: G.J.O.					
ING. RESPONSABLE: J.C.AP					




GERARDO JIMENEZ OROZCO
 TÉCNICO DE ENSAYOS
 DE MATERIALES


CESAR CHANCARLO ALMARAZ FERALTA
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 189769

Anexo 08.13. Absorción de los BTC+RCD

		ITLO ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES, CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES		
Proyecto :	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"			
Solicitante :	SERNAQUÉ SILVA PATRICIA			
Ubicación :	PIURA	Fecha	Nov-2019	
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA ABSORCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA (NTP 339.613)				
DESCRIPCIÓN	Peso del espécimen saturado(gr)	Peso del espécimen seco(WS)(gr)	Absorción (%)	PROMEDIO
BTC+RCD1-A	3785.00	3570.00	5.46	5.59
BTC+RCD1-B	3630.00	3450.00	5.22	
BTC+RCD1-C	3650.00	3440.00	6.10	
Absorción %: 100*((WD-WS)/WS)				
DESCRIPCIÓN	Peso del espécimen saturado(gr)	Peso del espécimen seco(WS)(gr)	Peso seco(gr)	PROMEDIO
BTC+RCD2-A	3730.00	3550.00	5.07	6.16
BTC+RCD2-B	3840.00	3395.00	7.22	
BTC+RCD2-C	3690.00	3475.00	6.19	
Absorción %: 100*((WD-WS)/WS)				
DESCRIPCIÓN	Peso del espécimen saturado(gr)	Peso del espécimen seco(WS)(gr)	Peso seco(gr)	PROMEDIO
BTC+RCD3-A	3765.00	3495.00	7.73	6.75
BTC+RCD3-B	3655.00	3410.00	7.18	
BTC+RCD3-C	3640.00	3455.00	5.35	
Absorción %: 100*((WD-WS)/WS)				
CERTIFICADO: ITLO-ES-2019				
TÉCNICO RESPONSABLE: G.J.O.				
ING. RESPONSABLE: J.C.AP				




GERARDO JIMENEZ OROZCO
 TÉCNICO DE ENSAYOS
 DE MATERIALES


CESAR GIANCARLO ALMARAZ PERALTA
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 189769

Anexo 08.14. Resistencia a la compresion de los BTC.

		ITLO ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES, CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES								
		LABORATORIO Y CONSTRUCCIÓN								
Proyecto :	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"									
Solicitante :	SERNAQUE SILVA PATRICIA									
Ubicación :	PIURA	Fecha	Nov-2019							
RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA COCIDA (NTP 399.613)										
IDENTIFICACION	FECHA ROTURA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	AREA BRUTA (cm2)	DIAMETRO AGUJEROS (cm2)	AREA AGUJEROS (cm2)	AREA DE CARGA (cm2)	CARGA MAXIMA (Kg)	Esfuerzo maximo a la compresion (Kg/cm2)
BTC1	30/11/2019	24.8	12.3	7.00	305.04	6.15	59.41	245.63	10280.0	41.85
BTC1	30/11/2019	24.8	12.3	7.10	305.04	6.15	59.41	245.63	9739.0	39.65
BTC1	30/11/2019	24.8	12.3	6.80	305.04	6.15	59.41	245.63	9379.0	38.18
BTC1	30/11/2019	24.8	12.3	6.60	305.04	6.15	59.41	245.63	9965.0	40.57
BTC1	30/11/2019	24.8	12.3	7.00	305.04	6.15	59.41	245.63	9587.0	39.03
PROMEDIO									40	
IDENTIFICACION	FECHA ROTURA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	AREA BRUTA (cm2)	DIAMETRO AGUJEROS (cm2)	AREA AGUJEROS (cm2)	AREA DE CARGA (cm2)	CARGA MAXIMA (Kg)	Esfuerzo maximo a la compresion (Kg/cm2)
BTC2	30/11/2019	24.8	12.3	6.80	305.04	6.15	59.41	245.63	7917.0	32.23
BTC2	30/11/2019	24.8	12.3	7.00	305.04	6.15	59.41	245.63	7330.0	29.84
BTC2	30/11/2019	24.8	12.3	7.00	305.04	6.15	59.41	245.63	7356.0	29.95
BTC2	30/11/2019	24.8	12.3	6.90	305.04	6.15	59.41	245.63	8644.0	35.19
BTC2	30/11/2019	24.8	12.3	7.00	305.04	6.15	59.41	245.63	7536.0	30.68
PROMEDIO									32	
IDENTIFICACION	FECHA ROTURA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	AREA BRUTA (cm2)	DIAMETRO AGUJEROS (cm2)	AREA AGUJEROS (cm2)	AREA DE CARGA (cm2)	CARGA MAXIMA (Kg)	Esfuerzo maximo a la compresion (Kg/cm2)
BTC3	30/11/2019	24.8	12.3	6.90	305.04	6.15	59.41	245.63	6821.0	27.77
BTC3	30/11/2019	24.8	12.3	7.00	305.04	6.15	59.41	245.63	7014.0	28.56
BTC3	30/11/2019	24.8	12.3	6.80	305.04	6.15	59.41	245.63	7024.0	28.60
BTC3	30/11/2019	24.8	12.3	6.70	305.04	6.15	59.41	245.63	6542.0	26.63
BTC3	30/11/2019	24.8	12.3	7.00	305.04	6.15	59.41	245.63	6937.0	28.24
PROMEDIO									28	
Observaciones: Descripción de la unidad: con 02 agujeros, de diametro promedio de 6,15 cm, % de area hueca de 19,55 % El ensayo se efectuo con unidades enteras Defectos en el especimen: ninguno Muestreo realizado por el solicitante										
CERTIFICADO: ITLO-ES-2019										
TÉCNICO RESPONSABLE: G. J. O.										
ING. RESPONSABLE: J. C. AP										


GERARDO JIMENEZ OROZCO
 TÉCNICO DE ENSAYOS
 DE MATERIALES




PERALTA
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 139769

Anexo 08.15. Resistencia a la compresion de los BTC+RCD

		ITLO . ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES, CARRETERAS • DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO • ENSAYOS DE COMPACTACIÓN • CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES								
Proyecto :	"Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2019"									
Solicitante :	SERNAQUÉ SILVA PATRICIA									
Ubicación :	PIURA	Fecha	Nov-2019							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA COCIDA										
(NTP 399.813)										
IDENTIFICACION	FECHA ROTURA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	AREA BRUTA (cm ²)	DIAMETRO AGUJEROS (cm ²)	ÁREA AGUJEROS (cm ²)	ÁREA DE CARGA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	Esfuerzo maximo a la compresion (Kg/cm ²)
BTC+RCD1	01/11/2019	24.8	12.3	6.80	305.04	6.15	59.41	245.63	12582.0	51.22
BTC+RCD1	01/11/2019	24.8	12.3	7.00	305.04	6.15	59.41	245.63	12630.0	51.42
BTC+RCD1	01/11/2019	24.8	12.3	7.20	305.04	6.15	59.41	245.63	12282.0	50.00
BTC+RCD1	01/11/2019	24.8	12.3	6.57	305.04	6.15	59.41	245.63	13075.0	53.23
BTC+RCD1	01/11/2019	24.8	12.3	7.00	305.04	6.15	59.41	245.63	12804.0	52.13
									PROMEDIO	52
IDENTIFICACION	FECHA ROTURA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	AREA BRUTA (cm ²)	DIAMETRO AGUJEROS (cm ²)	ÁREA AGUJEROS (cm ²)	ÁREA DE CARGA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	Esfuerzo maximo a la compresion (Kg/cm ²)
BTC+RCD2	01/11/2019	24.8	12.3	7.00	305.04	6.15	59.41	245.63	11353.0	46.22
BTC+RCD2	01/11/2019	24.8	12.3	7.10	305.04	6.15	59.41	245.63	10998.0	44.77
BTC+RCD2	01/11/2019	24.8	12.3	6.80	305.04	6.15	59.41	245.63	11204.0	45.61
BTC+RCD2	01/11/2019	24.8	12.3	6.90	305.04	6.15	59.41	245.63	11498.0	46.81
BTC+RCD2	01/11/2019	24.8	12.3	7.00	305.04	6.15	59.41	245.63	11054.0	45.00
									PROMEDIO	46
IDENTIFICACION	FECHA ROTURA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	AREA BRUTA (cm ²)	DIAMETRO AGUJEROS (cm ²)	ÁREA AGUJEROS (cm ²)	ÁREA DE CARGA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	Esfuerzo maximo a la compresion (Kg/cm ²)
BTC+RCD3	01/11/2019	24.8	12.3	6.80	305.04	6.15	59.41	245.63	6040.0	24.59
BTC+RCD3	01/11/2019	24.8	12.3	6.70	305.04	6.15	59.41	245.63	6103.0	24.85
BTC+RCD3	01/11/2019	24.8	12.3	6.90	305.04	6.15	59.41	245.63	6238.0	25.40
BTC+RCD3	01/11/2019	24.8	12.3	7.15	305.04	6.15	59.41	245.63	6030.0	24.55
BTC+RCD3	01/11/2019	24.8	12.3	7.00	305.04	6.15	59.41	245.63	6240.0	25.40
									PROMEDIO	25
Observaciones: Descripción de la unidad: con 02 agujeros, de diametro promedio de 6.15 cm, % de area hueca de 19.55 % El ensayo se efectuo con unidades enteras Defectos en el espécimen: ninguno Muestreo realizado por el solicitante										
CERTIFICADO: ITLO-ES-2019										
TÉCNICO RESPONSABLE: G.J.O.										
ING. RESPONSABLE: J.C.AP										




GERARDO JIMENEZ OROZCO
 TÉCNICO DE ENSAYOS
 DE MATERIALES


CESAR GIANCARLO PERALTA
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP Nº 189769