

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“MEJORAMIENTO DEL ADOBE COMPACTADO
ADICIONANDO EL 5%, 10% Y 15% DE
CASCARILLA DE ARROZ EN LA PROVINCIA DE
CAJAMARCA, 2023”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Kevin Chris Leon Julcamoro

Asesor:

Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen
<https://orcid.org/0000-0001-5024-7595>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

| | | |
|---------------------------|--|-----------------|
| Jurado 1 Presidente(a) | LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO | 40012838 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

| | | |
|----------|--------------------------------------|-----------------|
| Jurado 2 | ERLYN GIORDANY SALAZAR HUAMAN | 71106769 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

| | | |
|----------|---------------------------------|-----------------|
| Jurado 3 | MARIO RENE CARRANZA LIZA | 26602358 |
| | Nombre y Apellidos | Nº DNI |

INFORME DE SIMILITUD

Tesis Kevin Chris Leon Julcamoro

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | docplayer.es Fuente de Internet | 2% |
| 2 | repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 3 | laccei.org Fuente de Internet | 2% |
| 4 | idoc.pub Fuente de Internet | 1% |
| 5 | repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 6 | documents.mx Fuente de Internet | 1% |
| 7 | repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 8 | repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 9 | Submitted to Webster University Trabajo del estudiante | 1% |

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi tío Carlos Alberto Julcamoro Cubas y a mi abuelo Cesar Aurelio Julcamoro Cubas quienes en vida con sus consejos y enseñanzas me ayudaron a avanzar en la carrera, a mi madre Rosario del Carmen Julcamoro Cubas que sin su apoyo no lo hubiera logrado, por haberme encaminado en mis caídas y siempre con un sabio consejo levantarme para seguir adelante, a mi padre y a mi hermana que siempre estuvieron a mi lado apoyándome.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirme tener a mi familia, para que guíen paso a paso este largo camino, agradezco a mis tíos Luis Enrique Julcamoro Cubas y María Elena Julcamoro Cubas por siempre estar a mi lado, por sus aportes y su apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos y hago presente este trabajo a ustedes mi hermosa familia.

Tabla de contenido

| | |
|--|-----------|
| JURADO EVALUADOR | 2 |
| INFORME DE SIMILITUD | 3 |
| DEDICATORIA | 4 |
| AGRADECIMIENTO | 5 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 8 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | 10 |
| RESUMEN | 11 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 12 |
| CAPÍTULO II. METODOLOGÍA | 22 |
| Procedimiento de tratamiento y análisis de datos | 36 |
| Aspectos Éticos | 48 |
| CAPITULO III. RESULTADOS | 49 |
| Contenido de humedad | 49 |
| Granulometría | 49 |
| Limite liquido | 50 |
| Limite Plástico | 51 |
| Proctor Modificado | 52 |
| Ensayo Resistencia a la compresión | 56 |
| CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 58 |
| Limitaciones | 58 |
| Interpretación Comparativa | 58 |
| Implicancias | 59 |
| Conclusiones | 60 |
| REFERENCIAS | 61 |
| ANEXOS | 64 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Componentes principales de la Cascarilla de arroz..... | 14 |
| Tabla 2 Composición química de la Cascarilla de arroz | 15 |
| Tabla 3 Características fisicoquímicas de la Cascarilla de arroz | 15 |
| Tabla 4 Muestras para ensayo de resistencia a la compresión | 23 |
| Tabla 5 Técnicas e instrumentos | 24 |
| Tabla 6 Cuantía de materiales para Adobes Compactados con Cascarilla de Arroz..... | 37 |
| Tabla 7 Diseño de mezcla al 5% | 38 |
| Tabla 8 Diseño de mezcla al 10% | 38 |
| Tabla 9 Diseño de mezcla al 15% | 38 |
| Tabla 10 Ensayo de contenido de humedad | 49 |
| Tabla 11 Ensayo de granulometría..... | 49 |
| Tabla 12 Ensayo limite liquido | 50 |
| Tabla 13 Ensayo Limite Plástico..... | 51 |
| Tabla 14 Calculo de Índice de Plasticidad | 51 |
| Tabla 15 Compactación Proctor Modificado Adobe Patrón | 52 |
| Tabla 16 Compactación Proctor Modificado Adobe con 5% de Cascarilla de Arroz..... | 53 |
| Tabla 17 Compactación Proctor Modificado Adobe con 10% de Cascarilla de Arroz..... | 54 |
| Tabla 18 Compactación Proctor Modificado Adobe con 15% de Cascarilla de Arroz..... | 55 |
| Tabla 19 Ensayo de resistencia a la compresión | 56 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Bola de tierra | 28 |
| Figura 2 Como presionar la bola de tierra..... | 29 |
| Figura 3 Tamizado | 30 |
| Figura 4 Mezcla del suelo con agua..... | 32 |
| Figura 5 Ensayo Proctor Modificado..... | 34 |
| Figura 6 Ensayo Compactación muestra en molde | 35 |
| Figura 7 Muestra pesada y separada | 39 |
| Figura 8 Mezcla de muestra y cascarilla de arroz | 39 |
| Figura 9 <i>Adobe en maquina CINVA RAM</i> | 40 |
| Figura 10 Unidad de adobe | 41 |
| Figura 32 Adobes almacenados | 41 |
| Figura 12 Adobes a los 28 días | 42 |
| Figura 13 Bloque de Adobe en la máquina de compresión | 43 |
| Figura 14 Bloque de Adobe máquina de compresión..... | 43 |
| Figura 15 Protocolo Contenido de Humedad..... | 44 |
| Figura 16 Protocolo Granulometría | 45 |
| Figura 17 Protocolo Límite Líquido | 46 |
| Figura 18 Protocolo Límite Plástico | 46 |
| Figura 19 Protocolo Resistencia a la Compresión | 47 |
| Figura 20 Diagrama de flujo | 36 |
| Figura 21 Curva granulométrica | 50 |
| Figura 22 Gráfico límite líquido | 51 |
| Figura 23 Carta de Casagrande | 52 |
| Figura 24 Curva de compactación Adobe Patrón | 53 |
| Figura 25 Curva de compactación con 5% de cascarilla de arroz..... | 54 |
| Figura 26 Curva de compactación con 10% de cascarilla de arroz..... | 55 |
| Figura 27 Curva de compactación con 15% de cascarilla de arroz..... | 56 |
| Figura 28 <i>Resumen General – Resistencia a compresión del adobe compactado</i> | 57 |
| Figura 29 <i>Protocolo Contenido de Humedad</i> | 64 |
| Figura 30 <i>Protocolo Granulometria</i> | 65 |
| Figura 31 <i>Protocolo Limites de Plasticidad</i> | 66 |
| Figura 32 <i>Protocolo Proctor Modificado con 5% de cascarilla de arroz</i> | 67 |
| Figura 33 <i>Protocolo Proctor Modificado con 10% de cascarilla de arroz</i> | 68 |
| Figura 34 <i>Protocolo Proctor Modificado con 15% de cascarilla de arroz</i> | 69 |
| Figura 35 <i>Protocolo Proctor Modificado adobe patrón</i> | 70 |
| Figura 36 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-01</i> | 71 |
| Figura 37 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-02</i> | 72 |
| Figura 38 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-03</i> | 73 |
| Figura 39 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-04</i> | 74 |
| Figura 40 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-05</i> | 75 |
| Figura 41 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-06</i> | 76 |
| Figura 42 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-07</i> | 77 |
| Figura 43 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-08</i> | 78 |
| Figura 44 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-09</i> | 79 |
| Figura 45 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-10</i> | 80 |
| Figura 46 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-01</i> | 81 |
| Figura 47 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-02</i> | 82 |
| Figura 48 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-03</i> | 83 |
| Figura 49 <i>Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-04</i> | 84 |

| | | |
|------------------|---|-----|
| Figura 50 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-05 | 85 |
| Figura 51 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-06 | 86 |
| Figura 52 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-07 | 87 |
| Figura 53 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-08 | 88 |
| Figura 47 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-09 | 89 |
| Figura 55 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-10 | 90 |
| Figura 56 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-01 | 91 |
| Figura 57 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-02 | 92 |
| Figura 47 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-03 | 93 |
| Figura 59 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-04 | 94 |
| Figura 60 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-05 | 95 |
| Figura 61 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-06 | 96 |
| Figura 62 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-07 | 97 |
| Figura 63 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-08 | 98 |
| Figura 64 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-09 | 99 |
| Figura 65 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-10 | 100 |
| Figura 66 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-01 | 101 |
| Figura 67 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-02 | 102 |
| Figura 68 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-03 | 103 |
| Figura 69 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-04 | 104 |
| Figura 70 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-05 | 105 |
| Figura 71 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-06 | 106 |
| Figura 72 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-07 | 107 |
| Figura 73 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-08 | 108 |
| Figura 74 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-09 | 109 |
| Figura 75 | Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-10 | 110 |
| Figura 76 | Comparativa 1 de resistencias | 111 |
| Figura 77 | Comparativa 2 de resistencia | 111 |
| Figura 78 | Comparativa 3 de resistencias | 112 |
| Figura 79 | Mezcla muestra y cascarilla de arroz | 112 |
| Figura 80 | Bloques de Adobes Compactados | 113 |
| Figura 81 | Límite Líquido 14 golpes | 113 |
| Figura 82 | Muestra en horno por 24 horas | 114 |
| Figura 83 | Proctor Modificado sin cascarilla de arroz | 115 |
| Figura 84 | Medidas molde de Proctor modificado | 115 |
| Figura 85 | Ensayo Proctor Modificado quinta capa de compactación | 115 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1: Cálculo Contenido de Humedad. | 26 |
| Ecuación 2: Cálculo porcentajes retenidos (Granulometría)..... | 28 |
| Ecuación 3: Cálculo porcentaje retenido acumulado 1 (Granulometría). | 28 |
| Ecuación 4: Cálculo porcentaje retenido acumulado 2 (Granulometría). | 28 |
| Ecuación 5: Cálculo porcentaje retenido acumulado 3 (Granulometría). | 28 |
| Ecuación 6: Cálculo Porcentajes Acumulados que pasan (Granulometría). | 28 |
| Ecuación 7: Coeficiente de Uniformidad..... | 28 |
| Ecuación 8: Coeficiente de Curvatura..... | 28 |
| Ecuación 9: Límite Líquido. | 30 |
| Ecuación 10: Densidad Seca Muestra Compactada. | 31 |
| Ecuación 11: Deformación Longitudinal..... | 32 |

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo general, determinar la resistencia a la compresión del adobe compactado adicionando cascarilla de arroz como material de construcción, esta adición se hará en porcentajes de 5%, 10% y 15%. El agregado utilizado para la fabricación de los adobes compactados se obtuvo de una cantera en el CP Cruz Blanca de la ciudad de Cajamarca.

Se elaboraron en total 40 adobes compactados por medio de la máquina CINVA RAM, donde 10 adobes sirvieron como adobe patrón y 30 adobes con adición de cascarilla de arroz.

Esta investigación se desarrolló ya que el adobe según Norma E080 tiene una resistencia mínima a la compresión de 10.2 kg/cm², por lo que no podrían resistir esfuerzos grandes y dado que Cajamarca de acuerdo con la norma E0.30 de diseño sismorresistente se encuentra en una zona de alta sismicidad, por eso se propuso mejorar las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión con adición de cascarilla de arroz.

Esta investigación es experimental ya que se realizó ensayos y un diseño experimental para determinar su validez, los resultados obtenidos en el ensayo a compresión superan la resistencia mínima de 10.2 kg/cm² indicada en Norma E 080, obteniendo en la muestra patrón una resistencia última de 12.05 kg/cm² y los adobes con adición del 5%, 10% y 15% de cascarilla de arroz una resistencia última de 15.87 kg/cm², 19.95 kg/cm² y 18.87 kg/cm² respectivamente, teniendo la mayor resistencia a compresión el adobe compactado con adición del 10% de cascarilla de arroz.

Palabras clave: Adobe compactado, resistencia a la compresión, cascarilla de arroz.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Uno de los primeros materiales que utilizó el hombre para protegerse de la inclemencia del tiempo fue la tierra moldeada con agua, la construcción con adobes se menciona en el viejo testamento donde el Faraón ordenó que no se diera a los hijos de Israel para fabricar ladrillos. Se refiere a los ladrillos de adobe para los cuales se necesitaba paja.

El adobe es una de las técnicas de construcción más antigua y populares del mundo. Su uso ha sido registrado a más de 10 mil años en variadas zonas del mundo.

La construcción con adobe en nuestro país se remonta a la época prehispánica. Muchas de esas edificaciones han perdurado en el tiempo, como en el caso de la ciudadela de Chan Chan, considerada “la ciudad de barro más grande de América”, la ciudad Sagrada de Caral, “la ciudad más antigua de América”.

El uso del adobe se prolongó hasta la actualidad por su acceso fácil y porque hizo factible crear condiciones adecuadas.

En el Perú, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), hay más de 1 millón 700 mil casas cuyas paredes son de adobe, y algunas de estas viviendas pasan los 300 años de antigüedad. Contelab (2019)

En Cajamarca, el INEI a través del Censo Nacional de Población y Vivienda (2007), también indica que el adobe ha sido el material más empleado para la construcción de viviendas rurales. Según el material predominante en las paredes exteriores de vivienda, 2007, el 76,7 %, son de adobe o tapial. (Antinori Ortiz, 2018)

Pensando en un mundo sustentable, al momento de construir se toman decisiones para generar una huella con un menor impacto, y los materiales reciclables aportan considerablemente a esta decisión. Al momento de construir un muro con materiales reutilizables se puede pensar por ejemplo en botellas plásticas, y así evitar su desecho. Sin embargo, hay una técnica ancestral utilizada en todo el mundo que es posiblemente el material más sostenible: adobe. (Baraya, 2022)

En los últimos años, sin embargo, las edificaciones con adobe han sido criticadas, y la maquinaria propagandística de los productores y comerciantes de cemento y hierro han influido negativamente en la opinión popular, al punto de ser percibida como insegura, y ser rechazada por la mayoría de las personas.

Después del terremoto en Huaraz, Perú, 1970, comenzaron las investigaciones sobre el potencial de construcciones de adobe resistentes a terremotos, un empeño en el que la “Pontificia Universidad Católica del Perú” (PUCP) tomó pronto el liderazgo. Esto ha resultado en una norma oficial del Perú para construcciones de adobe, que ya ha sido revisado y mejorado dos veces. (Granja, s. f.)

Según norma E-080, 2006, los bloques de adobe tienen una resistencia mínima a la compresión por unidad de 10.2 kg/cm^2 , el cual es muy baja para resistir grandes esfuerzos y por lo cual ha disminuido su uso en ciudades con alta sismicidad. Ante este problema y dado que Cajamarca de acuerdo a norma E-0.30 de diseño sismorresistente se encuentra en una zona de alta sismicidad, además siendo Cajamarca de acuerdo a INEI en el año 2018 la zona más pobre del Perú, el uso de adobe se seguirá dando sobre todo en zonas rurales, debido a su bajo costo comparado con otros materiales (albañilería, concreto), por lo que se está buscando alternativas de mejora para las propiedades de los adobes para tener viviendas más resistentes. (Antinori Ortiz, 2018)

Para mejorar las propiedades del adobe y considerando que estos son más utilizados en zonas rurales, optamos por agregados, ya que construir con este tipo de materiales tiene ventajas como, alta capacidad de absorción, por eso usaremos la cascarilla de arroz como aditivo en la producción de bloques de adobe (que es como mayormente se usa), pues aparte de brindar menor capacidad de absorción de agua al adobe (debido a la composición con la cual cuenta está), la cascarilla de arroz puede ser empleado desde un punto de vista de reutilización ya que, este material llega a desecharse en grandes cantidades anualmente debido a su costoso y difícil almacenamiento. Huarancca Quito & Vásquez Ramírez (2020)

La cascarilla de arroz es un subproducto obtenido del proceso industrial del grano de arroz proveniente de los campos de cultivo. Está constituida mayormente por la parte externa del grano. La cascarilla de arroz es de consistencia frágil, rugosa, y su color varía del pardo rojizo a la púrpura oscura. Por su apariencia cóncava y consistencia liviana es fácilmente volátil (baja densidad), por lo cual al apilarse ocupa grandes espacios. Varón (2005).

(Piñeros et al., 2011) la cascarilla de arroz es fuente biológica de silicatos en la forma de tridimita y cristobalita, tiene unas características muy marcadas de porosidad, actividad de agua, compactación, pH y balance de nutrientes, entre otros. En la tabla 1 se observa los componentes de la cascarilla de arroz.

Tabla 1 Componentes principales de la Cascarilla de arroz.

| ANÁLISIS COMPOSICIONAL | % ABUNDANCIA |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Celulosa | 60.12 |
| Hemicelulosa | 11.19 |
| Lignina | 6.66 |
| Cenizas | 15.9 |

Fuente: Herrera, Hormaza y Gallego (2011)

En la tabla 2 y 3 se muestra la composición química y las características fisicoquímicas propias de la cascarilla de arroz:

Tabla 2 Composición química de la Cascarilla de arroz

| COMPONENTE | % |
|--------------|---------------|
| Carbono | 39.1 |
| Hidrógeno | 5.2 |
| Nitrógeno | 0.6 |
| Oxígeno | 37.2 |
| Azufre | 0.1 |
| Cenizas | 17.8 |
| TOTAL | 100.00 |

Fuente: Varón (2005)

Tabla 3 Características fisicoquímicas de la Cascarilla de arroz

| CARACTERÍSTICAS | UNIDADES | VALOR |
|----------------------|-------------------|--------|
| Densidad aparente | g/ml | 0.73 |
| Contenido de humedad | % | 6.62 |
| Contenido de ceniza | % | 45.97 |
| Tamaño de partícula | µm | 200.00 |
| Área superficial | m ² /g | 272.50 |
| Acidez superficial | meq/gm | 0.10 |

Fuente: Varón (2005)

Con lo expuesto tenemos la investigación de (Morales Domínguez et al., 2007) “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe compactado, Oaxaca - México”, se utilizó como agregado al cemento con porcentajes del 2% al 16%, donde se elaboraron 8 mezclas con 2% de variación en cada una y determino la flexión, compresión y absorción de los adobes compactados. Obteniendo como resultados que en la adición del 4% y 8% de cemento en la mezcla la resistencia a compresión es más alto a los porcentajes del 8% y 16% que tienen un incremento moderado.

Moreno Pelayes & García Torres (2019) en su artículo “Estabilización de adobes con fibras de bambú. Caso de estudio: proyecto de construcción de viviendas de interés social en el barrio “El pantanal”, Granada, Nicaragua”, en este estudio se realizaron adobes de 30 cm x 30 cm x 12 cm, utilizando como componentes al zacate de arroz y viruta de bambú, sometidas a pruebas de compresión y flexión, obteniendo como resultado en el adobe con la adición del 18% de fibra de zacate de arroz una resistencia a compresión de 11.10 kg/cm² a 12.20 kg/cm² y en el adobe con la adición del 25% de fibra de viruta de bambú una resistencia a compresión de 11.5 kg/cm² a 15.62 kg/cm².

Asimismo Mejía Pacheco (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”, analizaron la resistencia a la compresión de los adobes convencionales, con los adobes con el 45%, 50%, 60% y 70% de residuos de construcción y demolición (RCD), obteniendo resultados del adobe convencional una resistencia a la compresión de 5.87 MPa, 6.97 MPa, 7.03 MPa, 7.71 MPa y del adobe con 45%, 50%, 60% y 70% de RCD una resistencia a la compresión de 7.91 MPa, 8.12 MPa, 5.97 MPa, 8.03 MPa respectivamente; por lo cual el comportamiento de los bloques de tierra comprimida con RCD supera al mostrado por los bloques de tierra comprimida convencionales.

Tenemos las tesis de López Domínguez & Nolasco Ortiz (2021) “Resistencia a la compresión del adobe con paja de arroz, Chimbote – Ancash”, que utilizo como agregado la paja de arroz y determino las resistencia a compresión de los cubos de adobe patrón y experimental, obteniendo una resistencia a la compresión del cubo patrón de 14.61 Kg/cm², cubos experimental con adición de paja de arroz en 5% de 15.61 Kg/cm² y cubos de adobe experimental con adición de paja de arroz en 5% de 16.82 Kg/cm².

También tenemos la investigación de Huarancca Quito & Vásquez Ramírez (2020)

“Mejoramiento del adobe adicionando cascarilla de arroz para el diseño de viviendas unifamiliares en San Miguel - Piura – 2020”, se calculó que la adición de (3%, 6% y 9%) de cascarilla de arroz si favorece en el incremento de las propiedades mecánicas del adobe en los tres tipos de dosificación trabajados, en lo cual se obtuvo mayores resultados en los ensayos a compresión en bloques y pilas, flexión de bloques de adobe, incrementando su resistencia a la compresión hasta en un 39% y en cuanto a la flexión a más del doble del resultado dado por la muestra patrón.

Esto nos da un alcance de lo que podríamos obtener al adicionar cascarilla de arroz a nuestro adobe, también podemos observar que en esta investigación las propiedades físicas del adobe no se dieron resultados favorables en cuanto a su absorción de agua que, en vez de reducir la absorción, a más adición de cascarilla de arroz lo que nos dio como resultado fue un mayor porcentaje de esta capacidad, teniendo hasta un 19.10% con adición de 9% de cascarilla de arroz comparada a la muestra patrón que nos da un 16.40% de absorción.

Ascencios Mostacero (2020) en su tesis titulada: “Propiedades de un adobe estructural con adición de cascarilla de arroz y plástico reciclado molido aplicado a viviendas climatizadas en Alto Perú, Ancash – 2019”, se realizaron 72 muestras en las que se hicieron ensayos de resistencia a la compresión, flexión y absorción; adicionando el 3%, 5% y 7% de cascarilla de arroz y plástico reciclado molido respectivamente. Obteniendo como resultados una resistencia a la compresión de 18.56 kg/cm² del adobe patrón y de 19.92 kg/cm² con el 3%, 21.28 kg/cm² con el 5% y 22.71 kg/cm² con el 7% con la adición de cascarilla de arroz, y de 19.07 kg/cm² con el 3%, 19.58 kg/cm² con el 5% y de 19.95 kg/cm² con el 7% con la adición de plástico reciclado molido.

En la investigación de Antinori Ortiz (2018) “Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con reemplazo de cerámica triturada”, La hipótesis no cumple respecto al ensayo de resistencia a compresión debido a que el adobe compactado patrón obtuvo la mayor resistencia promedio con 45.35 kg/cm^2 , disminuyendo al reemplazar 5%, 10% y 15% de cerámica triturada con promedios de 43.96 kg/cm^2 , 40.91 kg/cm^2 y 39.86 kg/cm^2 respectivamente. Esto nos demuestra y nos da un alcance de que agregando cerámica triturada no es tan eficiente que agregar cascarilla de arroz.

La investigación de Medina Cercado (2022) “Resistencia a compresión flexión de bloques de adobe compactado con adición de vaina de bambú, Cajamarca, 2022”. Se ha comprobado la hipótesis, los adobes compactados con 0,5%, 0,75% y 1,0% de vaina de bambú tienen un aumento en la firmeza a compresión de 62,70%, 76,67% y 49,94% cuando se utiliza fibra de 4 cm, 57,12%, 82,49% y 54,48% cuando se utiliza fibra de 5 cm, y 61,35%, 56,65% y 67,71% cuando se utiliza fibra de 6 cm, respectivamente, respecto a la resistencia de $13,25 \text{ kg/cm}^2$ dada en la norma UNE 41410 (AENOR, 2008).

Para poder llevar a cabo los objetivos de esta investigación se realizaron ensayos para determinar que cada uno de los materiales que se utilizaron cumplieron con sus estándares de calidad, a partir de eso se elaboraron unidades de albañilería que cumplan con la norma con que trabajamos que es la E080.

Esta investigación es de diseño experimental y de observación directa, para Ernesto Rivas Gonzales (1997) Investigación directa, es aquella en que el investigador observa directamente los casos o individuos en los cuales se produce el fenómeno, entrando en contacto con ellos; sus resultados se consideran datos estadísticos originales, por esto se llama también a esta investigación primaria.

Esta investigación está justificada ya que con lo expuesto anteriormente en la actualidad se sigue construyendo con este material en especial en zonas rurales, ya que, por bajo costo y rápida contracción, es muy accesible para muchas personas.

Por este motivo en esta investigación se quiere promover el uso de adobe y aditivos minerales para que estas unidades de construcción sean más resistentes y que no contaminan al medio ambiente

Como justificación teórica lo que pretende esta investigación es dar a conocer como la cascarilla de arroz puede mejorar la calidad del adobe, el sílice que presenta la cascarilla de arroz presenta estabilizantes y demuestra un efecto cementante en las partículas de suelos granulares y cohesivos que en general mejora su capacidad portante, resistencia, rigidez ante desplazamiento (Acuña Supo & Liendo Luque 2020).

Como justificación metodológicamente, esta investigación tiene diseño experimental y cuantitativa, ya que se recolectará datos de ensayos de laboratorio, de esta manera podremos comprobar la hipótesis. Para la obtención de estos datos se elaborarán bloques de adobe adicionando cascarilla de razón con diferentes porcentajes, 5%, 10% y 15%, luego de esto se realizarán ensayos de compresión axial y de esta manera se comprobará la hipótesis.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es la resistencia a compresión axial del adobe compactado con la adición de cascarilla de arroz como material de construcción?

Tenemos como problemas específicos:

- ¿La adición de cascarilla de arroz aumentará las propiedades mecánicas del adobe compactado?
- ¿Cuál es el porcentaje óptimo de humedad de la mezcla con adición de cascarilla de arroz para mejorar las propiedades mecánicas?

1.3 Objetivos

Objetivo General

Determinar la resistencia a la compresión axial del adobe compactado adicionando el 5%, 10% y 15% de cascarilla de arroz como material de construcción.

Objetivos Específicos

- a) Realizar la prueba de cinta de barro de acuerdo con la norma E080 para poder elaborar el adobe compactado.
- b) Determinar el contenido de humedad del material recolectado.
- c) Determinar el % que pasa y retenido con el análisis granulométrico del material recolectado.
- d) Determinar el LL y LP del material recolectado.
- e) Elaborar adobe compactado con adición de cascarilla de arroz que cumpla con la norma e.080 de adobe.

1.4 Hipótesis

La resistencia a la compresión axial del adobe compactado con adición de cascarilla de arroz aumentará su resistencia última indicada en la norma E080.

Las hipótesis específicas:

- La adición de cascarilla de arroz aumentará las propiedades mecánicas del adobe compactado y será mayor a la resistencia indicada en la norma E080.
- El porcentaje óptimo de humedad de la mezcla con adición de cascarilla de arroz será el 6%

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Tipo de investigación

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación. (Dr. Hernández Sampieri et al., 2014). Por lo tanto, se ira recolectando los resultados de los materiales con la finalidad verificar que sean los adecuados para la elaboración del adobe compactado.

Según Cauas (2015), menciona que la investigación cuantitativa, es aquella que utiliza preferentemente información cuantitativa o cuantificable (medible), mismas que pone como ejemplos a diseños experimentales, diseños cuasiexperimentales, investigaciones basadas en la encuesta social, entre otras; siendo uno de las más usadas la encuesta social.

Esta investigación es de diseño experimental, Un experimento es una investigación en la cual el investigador manipula y controla una o más variables independientes y observa la o las variables dependientes para medir las variaciones concomitantes.(Miguel Aignerren & Ruiz, s. f.).

El alcance de esta investigación es exploratorio, se realiza el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas. (Dr. Hernández Sampieri et al., 2014).

Población y muestra

La población en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio (G. Arias, s. f.). La población para esta investigación lo conforman 40 adobes de los cuales 10 adobes patrón que no tendrán ninguna adición, 10 adobes compactados con 5% de adición de cascarilla de arroz, 10 adobes compactados con 10% de adición de cascarilla de arroz, 10 adobes compactados con 15% de adición de cascarilla de arroz.

Cuando por diversas razones resulta imposible abarcar la totalidad de los elementos que conforman la población accesible, se recurre a la selección de una muestra.(G. Arias, s. f.). Según la Norma E080 (MVCS, 2017) nos dice que los cubos de adobe deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras de seis muestras como mínimo, debe ser igual o mayor a la resistencia última de 10.2 kgf/cm². La muestra que conforma la siguiente investigación son 10 unidades de adobes patrón sin adición de cascarilla de arroz y 30 unidades de adobes compactados con adición de cascarilla de arroz, para una mayor precisión en los resultados.

Tabla 4 Muestras para ensayo de resistencia a la compresión

| Muestras Elaboradas | Muestras mínimas según Norma E080 | Tipo de adobe |
|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 10 | 6 | Adobe Patrón |
| 10 | 6 | Adobe con 5% de cascarilla de arroz |
| 10 | 6 | Adobe con 10% de cascarilla de arroz |
| 10 | 6 | Adobe con 15% de cascarilla de arroz |

Materiales, procedimiento y métodos

Materiales, herramientas y equipos

Para la elaboración de los adobes compactados con adición de cascarilla de arroz, se obtuvo el material de una cantera situada en el Centro Poblado Cruz Blanca, en el distrito, provincia y región de Cajamarca. En esta cantera se realizaron las pruebas de campo indicadas en la Norma E080, donde se seleccionó el material ya que cumplía con lo indicado, siendo así llevada a laboratorio para los ensayos respectivos.

El instrumento con lo que, se elaboraron los adobes compactados con adición de cascarilla de arroz es la máquina de compactación CINVA-RAM.

El método de esta investigación fue de diseño experimental, realizados en los laboratorios de la Universidad Privada del Norte Cajamarca, por observación directa, utilizando los protocolos con el formato de la UPN otorgados por la misma universidad, para el desarrollo de los ensayos y luego ser procesados en Excel.

Tabla 5 Técnicas e instrumentos

| Variable dependiente | Recolección de datos | | |
|---|----------------------|---------------------|---|
| | Fuente | Técnica | Instrumento |
| Resistencia a compresión del adobe compactado | Experimento | Observación directa | Hojas de cálculo Máquina de compresión |

Pruebas realizadas en campo

- A. Prueba Cinta de Barro, se encuentra en la Norma E080
- B. Prueba presencia de arcilla o resistencia seca, se encuentra en la Norma E080.

Ensayos realizados en laboratorio de la UPN

C. Granulometría NTP 400.012

Para la granulometría mediante tamizado en seco utilizaremos los siguientes materiales:

- Suelo seco, 1000 gr aprox.
- Juego de tamices
- Balanza con aproximación de 0.1 gr
- Taras

D. Contenido de Humedad NTP 339.127

El contenido de humedad de un material se usa para expresar las relaciones de fase del aire, agua y sólidos en un volumen de material dado. Como es posible obtener la humedad en casi todos los tipos de muestra, se utiliza con frecuencia para completar los diagramas de fase.(Universidad Privada del Norte, s. f.)

Para el ensayo de contenido de humedad utilizara los siguientes materiales:

- Suelo alterado obtenido por estrato
- Taras
- Balanza con aproximación de 0.01gr
- Estufa

E. Limite líquido NTP 339.129

Para limite liquido se utilizará siguientes materiales:

- Suelo seco pasante por el tamiz N°40
- Malla N°40
- Copa de Casagrande y ranurador o acanalador
- Balanza con aproximación de 0.01gr
- Estufa con control de temperatura
- Espátula
- Probeta de 100ml
- Capsula de porcelana
- Taras

F. Limite plástico NTP 339.129

Para limite plástico utilizara los siguientes materiales:

- Suelo preparado para el LL
- Balanza con aproximación de 0.01gr
- Estufa
- Espátula
- Capsula de porcelana
- Placa de vidrio
- Taras

G. Proctor Modificado ASTM D1557

Para el ensayo de Proctor modificado se utilizará los siguientes materiales:

- Papel filtro
- Suelo seco alterado
- Equipo Proctor modificado (molde cilíndrico, placa base, anillo de extensión)
- Pisón Proctor modificado
- Balanza con aproximación de 0.01gr
- Probeta de 1000 ml
- Recipiente de 6kg de capacidad
- Espátula

H. Elaboración de adobe

Los cubos de adobe compactado se utilizará el equipo que brinda la Universidad Privada del Norte, CINVA-RAM.

I. Resistencia a la compresión NTP 339.034

Para el ensayo de resistencia a la compresión axial se utilizará siguientes materiales:

- Maquina compresora

Procedimiento de recolección de datos

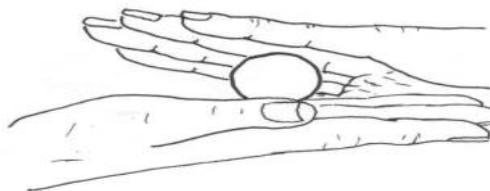
a) Prueba de cinta de barro

Utilizando una muestra de barro con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, colocado en una mano, aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de 4 mm de espesor y dejándola descolgar lo más que se pueda. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es muy arcilloso. Si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla («Norma E080 Diseño y construcción con tierra reforzada», 2017)

b) Prueba de Presencia de arcilla o resistencia seca. («Norma E080 Diseño y construcción con tierra reforzada», 2017)

- Formar cuatro bolitas con tierra de la zona. Utilizar la tierra de la zona que se considera apropiada para emplearla como material de construcción y agregarle una mínima cantidad de agua para hacer cuatro bolitas

Figura 1 Bola de tierra



Nota: Hacer cuidadosamente hasta que se forme una bolita de tierra

- Presionar las cuatro bolitas secas. Una vez transcurrido el tiempo de secado, se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano (ver imagen adjunta). En caso de que luego de la prueba, se quiebre, rompa o agriete al menos una sola bolita se debe volver a formar cuatro bolitas con los mismos materiales y dejando secar en las mismas condiciones anteriores.

Figura 2 Como presionar la bola de tierra



- Luego del tiempo de secado, se debe repetir la prueba. Si se vuelve a romper, quebrar o agrietar, se debe desechar la cantera de suelo donde se ha obtenido la tierra. Salvo que se mezcle con arcilla o suelo muy arcilloso. En caso, que luego de la prueba no se rompa, no se quiebre o no se agriete ninguna de las cuatro bolitas, dicha cantera puede utilizarse como material de construcción.

c) Contenido de Humedad NTP 339.127

- Identificación de la tara (A)
- Pesarse el recipiente (B)
- Pesarse la muestra húmeda en cada uno de los recipientes (C)
- Secar la muestra en una estufa durante 24h a 105°C.
- Pesarse la muestra seca con el recipiente (D)
- Determinar el peso del agua (E) = C – B
- Determinar el peso del suelo seco (F) = D – B
- Cálculo del contenido de humedad (G) = (E/F) x 100

$$W\% = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100 \quad \dots \dots (1)$$

Donde:

W% = humedad

Wmh = peso muestra húmeda

Ws = peso muestra seca

d) Granulometría ASTM D421

- Secar la muestra al aire.
- Pesar la muestra seca.
- Pasar la muestra seca por el juego de tamices, agitando en forma manual o mediante equipo vibrador.

Figura 3 Tamizado



- Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (%R.P) mediante la siguiente expresión.

$$\%R.P = \frac{P.R.P}{Wms} * 100 \quad \dots \dots (2)$$

- Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz P. RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los P.R.P., es decir.

$$\%RA1 = \%RA1 \quad \dots \dots (3)$$

$$\%RA2 = \%RA1 + \%RA \quad \dots \dots (4)$$

$$\%RA3 = \%RA1 + \%RA2 + \%RA3, etc \dots (5)$$

- Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \%RA \quad \dots \dots (6)$$

Donde:

%RP = Porcentaje del peso retenido

PRP = Peso retenido en el tamiz

Wt= Peso total de la muestra

%RA= Porcentaje retenido acumulado

- Dibujar la curva de gradación
- Determinar el coeficiente de uniformidad (Cu) y de curvatura (Cc)

$$Cu = \frac{D60}{D10} \quad \dots \dots (7)$$

$$Cc = \frac{(D30)^2}{D60 * D10} \quad \dots \dots (8)$$

Donde:

D10 = diámetro por el que pasa el 10% del suelo

D30 = diámetro por el que pasa el 30% del suelo

D60 = diámetro por el que pasa el 60% del suelo

e) Limite liquido NTP 339.129

- a) En una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme.

Figura 4 Mezcla del suelo con agua



- b) Colocar una porción de la pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.
- c) En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra queda dividida en dos partes.
- d) Elevar y caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm, registrar el número de golpes.

- e) Retirar el suelo de la copa de Casagrande y colocar en la capsula de porcelana, agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto, o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. (el número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35).
- f) Repetir el ensayo mínimo dos veces

$$LL = Wh * \left(\frac{N}{25}\right)^{\tan\beta} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

LL = Límite líquido

Wh = Humedad natural

N = cantidad de golpes

Tanβ = Pendiente de la línea de flujo (aprox 0.121)

f) Limite Plástico NTP 339.129

- a) A la porción de la mezcla preparada para el límite líquido agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad.
- b) Enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm de diámetro y que presenten agrietamientos, determinar su contenido de humedad.
- c) Repetir el ensayo una vez más
- d) El límite plástico es el promedio de los 2 valores de contenidos de humedad

g) Proctor Modificado NTP 339.141

- a) Obtener la muestra seca para el ensayo, de acuerdo con utilizar (método A, B o C).
- b) Preparar 5 muestras con una determinada cantidad de agua, de tal manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varíe aproximadamente en ¼% entre ellas.

- c) Ensamblar el molde cilíndrico con la placa de base y el collar de extensión y el papel filtro.
- d) Compactar cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 o 56 golpes (depende del método A, B o C), al terminar de compactar la última capa, se retira el collar de extensión, se enrasa con la espátula y se determina la densidad húmeda (D_h).
- e) Determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada ($W\%$), utilizando muestras representativas de la parte superior o inferior.
- f) Determinar las densidades secas de cada muestra compactada (D_s).

$$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{w\%}{100}\right)} \quad \dots \dots \dots (10)$$

- g) Dibujar la curva de compactación.
- h) Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

Figura 5 Ensayo Proctor Modificado



Figura 6 *Ensayo Compactación muestra en molde*



h) Resistencia a la compresión NTP 339.034

- Determinar las dimensiones promedio de la probeta, es decir el valor promedio largo, ancho y altura, por lo menos con la lectura de tres valores, esto nos garantizará el valor más cercano a la realidad que tiene cada una de sus dimensiones. Los valores nos darán el valor más probable del área resistente, así como de la dimensión que se va a deformar.
- Para determinar este ensayo se coloca la probeta estándar entre los platillos de la prensa, colocando una lámina de papel de un espesor de 1mm entre la cara del adobe y el platillo, esto para impedir el contacto directo del acero con la muestra de adobe.
- Observar las fallas que se van produciendo. Luego se comienza a aplicar de una manera ascendente una carga compresional (P) hasta que se produzca la rotura.
- Medir carga y deformación longitudinal en la máquina de compresión

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

A = Superficie de contacto (kg/cm²)

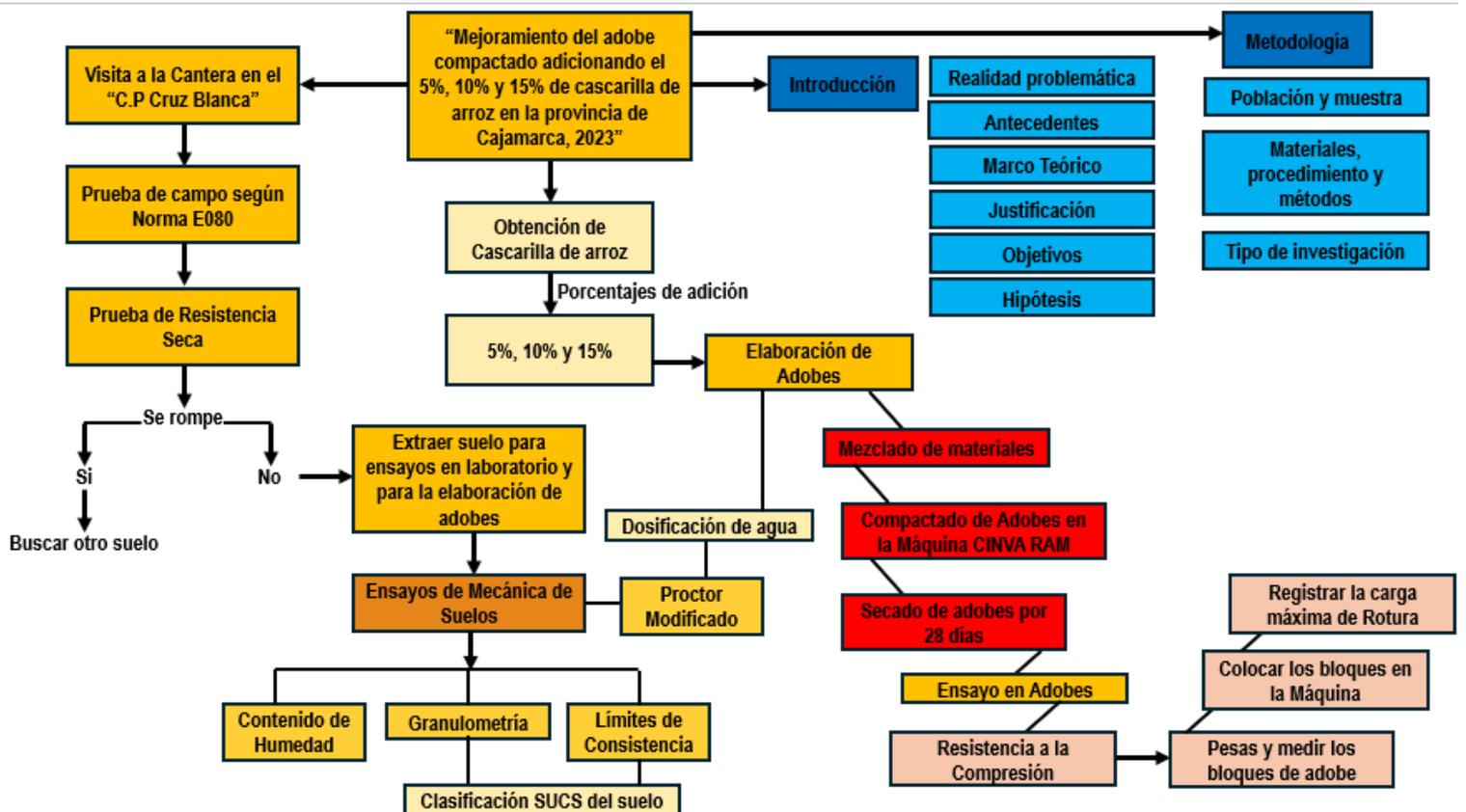
P= Carga a compresión (kg)

Procedimiento de tratamiento y análisis de datos

Procedimiento

Diagrama de Flujo

Figura 7 Diagrama de flujo



Para la obtención del agregado para la fabricación de los adobes compactados se extrajo material de una cantera en el Centro Poblado Cruz Blanca, donde se realizó las pruebas de campo indicadas en la Norma E080, como: resistencia seca donde tenemos que formar cuatro bolitas de tierra con un poco de agua y formándola con la palma de la mano, donde se deja secando por 48 horas y luego aplastarlas con el dedo índice de la mano, para verificar que no se rompa o agriete, se repite dos veces y como la cantera en Cruz Blanca pasó las pruebas dadas por la norma se eligió esta cantera para la fabricación de los adobes compactados.

Dosificación de cascarilla de arroz y agua

Con el contenido óptimo de humedad (OCH) determinado en el ensayo de Proctor modificado, se ha calculado para cada porcentaje la cuantía de agua para compactar los adobes.

Está cuantía se obtuvo en relación con 9,00 kg de suelo seco; material que entra en la maquina CINVA RAM, de igual manera se calculó la cascarilla de arroz para cada adobe compactado.

Tabla 6 Cuantía de materiales para Adobes Compactados con Cascarilla de Arroz

| Cascarilla de Arroz (%) | OCH (%) | Suelo (kg) | Agua (Lt) | Cascarilla de Arroz (kg) |
|--------------------------------|----------------|-------------------|------------------|---------------------------------|
| 0.00% | 11.90% | 9 | 1.071 | 0 |
| 5.00% | 12.60% | 8.55 | 1.134 | 0.45 |
| 10.00% | 11.80% | 8.1 | 1.062 | 0.9 |
| 15.00% | 9.80% | 7.65 | 0.882 | 1.35 |

Elaboración de Adobes

a) Con los datos obtenidos en laboratorio y teniendo de conocimiento que la norma E080 no cuenta con un diseño de mezcla, se elaboró un diseño experimental

Tabla 7 *Diseño de mezcla al 5%*

| Adobes con adición de 5% de cascarilla de arroz | |
|---|---------|
| Cantidad de tierra a utilizar | 8550 gr |
| Cascarilla de arroz | 450 gr |
| Agua | 1134 ml |

Nota: Cada una de las cantidades se obtuvo gracias a los resultados de laboratorio

Tabla 8 *Diseño de mezcla al 10%*

| Adobes con adición de 10% de cascarilla de arroz | |
|--|---------|
| Cantidad de tierra a utilizar | 8100 gr |
| Cascarilla de arroz | 900 gr |
| Agua | 1062 ml |

Nota: Cada una de las cantidades se obtuvo gracias a los resultados de laboratorio

Tabla 9 *Diseño de mezcla al 15%*

| Adobes con adición de 15% de cascarilla de arroz | |
|--|---------|
| Cantidad de tierra a utilizar | 7650 gr |
| Cascarilla de arroz | 1350 gr |
| Agua | 873 ml |

Nota: Cada una de las cantidades se obtuvo gracias a los resultados de laboratorio

b) Se pesó el material para poder elaborar cada adobe con su respectiva adición y se separó en una bolsa.

Figura 8 Muestra pesada y separada



Figura 9 Mezcla de muestra y cascarilla de arroz



c) El material que se separó se puso en la máquina de CINVA RAM y se procedió a elaborar el adobe

Figura 10 Adobe en maquina CINVA RAM



d) Se sacó la unidad de adobe elaborada y se separó sobre un plástico para evitar contaminación

Figura 11 Unidad de adobe



Figura 12 Adobes almacenados



- e) Se dejaron secar durante 28 días para luego hacer el ensayo de compresión

Figura 13 Adobes a los 28 días



Ensayo de resistencia a compresión axial en adobe compactado

Después de los 28 días de secado de los bloques de adobe, a temperatura ambiente en una superficie plana, se han analizado 40 adobes, 10 adobes patrón y 30 adobes con adición de cascarilla de arroz con 5%, 10% y 15% respectivamente.

Para realizar este ensayo primero se mide los adobes en largo, ancho y alto; 3 medidas por lado sacando un promedio, se identifica cada adobe con un código para poder realizar los cálculos próximamente.

Teniendo los adobes ya codificados y con sus medidas se procede a colocarlos en la máquina de compresión, donde surgen cargas las cuales al final estiman una rotura la cual se debe registrar para procesarlos en el Excel y en el protocolo de resistencia a la compresión.

Figura 14 Bloque de Adobe en la máquina de compresión



Figura 15 Bloque de Adobe máquina de compresión



Para analizar los datos se utilizaron los protocolos que nos brinda la Universidad Privada del Norte.

A. Contenido de Humedad NTP 339.127

Para procesar datos y analizarlos se utilizará la siguiente tabla:

Figura 16 Protocolo Contenido de Humedad

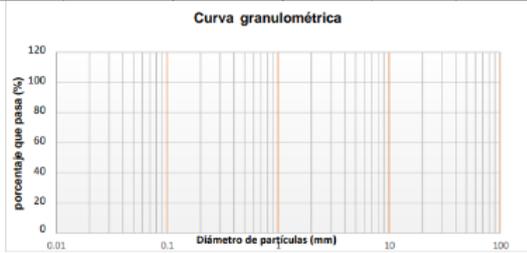
| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|---|------------------|---|-----------------------|---|---|---|---|----|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | | CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: | | | | | |
| NORMA: | | MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127 | | | | | CHLS-UPNC: | | | | | |
| PROYECTO: | | | | | | | | | | | | |
| CANTERA: | MUESTRA: | TIPO DE MATERIAL: | | | | | | | | | | |
| LUBICACIÓN: | | COLOR DE MATERIAL: | | | | | | | | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | | RESPONSABLE: | | | | | | | | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | | REVISADO POR: | | | | | | | | | | |
| Temperatura de Secado | | | | | Método | | | | | | | |
| 110 °C | | | | | Horno 110 ± 5 °C | | | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A | Identificación del recipiente o Tara | - | | | | | | | | | | |
| B | Peso del Recipiente | gr | | | | | | | | | | |
| C | Recipiente + Material Natural | gr | | | | | | | | | | |
| D | Recipiente + Material Seco | gr | | | | | | | | | | |
| E | Peso del material húmedo | gr | | | | | | | | | | |
| (W _{mh}) = C - B | | | | | | | | | | | | |
| F | Peso del material Seco | gr | | | | | | | | | | |
| (W _s) = D - B | | | | | | | | | | | | |
| W% | Porcentaje de humedad | % | | | | | | | | | | |
| (E - F / F) * 100 | | | | | | | | | | | | |
| G | Promedio Porcentaje Humedad | % | | | | | | | | | | |
| $(W\%) = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100$ | | | | | | | | | | | | |
| Nota: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino. | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | | | | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | | | COORDINADOR DE LABORATORIO | | | | ASESOR | | | | | |
| NOMBRE: | | | NOMBRE: | | | | NOMBRE: | | | | | |
| FECHA: | | | FECHA: | | | | FECHA: | | | | | |

Nota: En esta tabla se ingresarán los datos obtenidos al realizar el ensayo de contenido de humedad

B. Granulometría ASTM D421

Para procesar datos y analizarlos se utilizará la siguiente tabla:

Figura 17 Protocolo Granulometría

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | |
|--|---|----------------------------|--------------|---|------------|
|  UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | PROTOCOLO | | | | |
| | ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO | | | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGTS-LS-UPNC: | |
| | NORMA: MTC E 107 / ASTM D421 | | | | |
| | PROYECTO: | | | | |
| CALICATA: | ESTRATO: | TIPO DE MATERIAL: | | | |
| UBICACIÓN: | | COLOR DE MATERIAL: | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | | | RESPONSABLE: | | |
| FECHA DE ENSAYO: | | REVISADO POR: | | | |
| Peso muestra seca, Ws | | gr | | | |
| GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO EN SECO | | | | | |
| mall | Abertura (mm) | P.R.P. (gr) | % RP | % RA | % que pasa |
| Nº4 | 4.76 | | | | |
| Nº10 | 2 | | | | |
| Nº20 | 0.84 | | | | |
| Nº30 | 0.59 | | | | |
| Nº40 | 0.42 | | | | |
| Nº60 | 0.25 | | | | |
| Nº100 | 0.15 | | | | |
| Nº200 | 0,074 | | | | |
| Cazolota | 0 | | | | |
| Total | | | | | |
| Curva granulométrica  | | | | | |
| Cu= | | Cc= | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | | COORDINADOR DE LABORATORIO | | DOCENTE | |
| | | | | | |
| NOMBRE: | | NOMBRE: | | NOMBRE: | |
| FECHA: | | FECHA: | | FECHA: | |

Nota: En esta tabla se ingresarán los datos obtenidos al realizar el ensayo de granulometría

C. Límite líquido NTP 339.129

Para procesar datos y analizarlos se utilizará la siguiente tabla:

Figura 18 Protocolo Límite Líquido

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----|---|---|---|---|---|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A | Identificación de Recipiente | N° | | | | | |
| B | Suelo Húmedo + Recipiente | gr | | | | | |
| C | Suelo Seco + Recipiente | gr | | | | | |
| D | Peso de Recipiente | gr | | | | | |
| E | Peso del Agua (B – C) | gr | | | | | |
| F | Peso Suelo Seco (C – D) | gr | | | | | |
| G | Número de Golpes | N | | | | | |
| H | Contenido de Humedad (E/F)*100 | % | | | | | |

Nota: En esta tabla se ingresarán los datos obtenidos al realizar el ensayo de límite líquido

D. Límite plástico NTP 339.129

Figura 19 Protocolo Límite Plástico

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------|-----|---|---|---|---|---|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A | Identificación de Recipiente | N° | | | | | |
| B | Suelo Húmedo + Tara | gr | | | | | |
| C | Suelo Seco + Tara | gr | | | | | |
| D | Peso de Tara | gr | | | | | |
| E | Peso del Agua (B – C) | gr | | | | | |
| F | Peso Suelo Seco (C – D) | gr | | | | | |
| G | Contenido de Humedad (E/F)*100 | % | | | | | |
| H | Promedio Límite Plástico | | | | | | |

Nota: En esta tabla se ingresarán los datos obtenidos al realizar el ensayo de límite plástico

E. Resistencia a la compresión NTP 339.034

Para procesar datos y analizarlos se utilizará la siguiente tabla:

Figura 20 Protocolo Resistencia a la Compresión

| N° | Carga (Kg) | Deformación | σ (kg/cm ²) | ϵ_u |
|----|------------|-------------|--------------------------------|--------------|
| 1 | 0 | | | |
| 2 | 1000 | | | |
| 3 | 2000 | | | |
| 4 | 3000 | | | |
| 5 | 4000 | | | |
| 6 | 5000 | | | |
| 7 | 6000 | | | |
| 8 | 7000 | | | |
| 9 | 8000 | | | |
| 10 | 9000 | | | |
| 11 | 10000 | | | |
| 12 | 11000 | | | |
| 13 | 12000 | | | |
| 14 | 13000 | | | |
| 15 | 14000 | | | |
| 16 | 15000 | | | |
| 17 | 16000 | | | |
| 18 | 17000 | | | |
| 19 | 18000 | | | |
| 20 | 19000 | | | |
| 21 | 20000 | | | |
| 22 | 21000 | | | |
| 23 | 22000 | | | |
| 24 | 23000 | | | |
| 25 | 24000 | | | |
| 26 | 25000 | | | |

Nota: En esta tabla se ingresarán los datos obtenidos al realizar el ensayo de resistencia a la compresión

Aspectos Éticos

La presente investigación se elaboró mediante el código de ética del investigador científico, esta se encuentra ubicada en la unidad de investigación de la Universidad Privada del Norte. Estas normas serán cumplidas para tener una investigación auténtica y precisa.

Los cuales están citados correctamente según el APA (7° edición), con fuentes confiables, toda información con datos reales.

La información fue manejada con carácter confidencial y basada en los principales principios éticos de la investigación científica lo requiere. Principio de justicia. El estudio está planificado para proveer conocimientos que beneficien de manera distributiva a los interesados. Principio de beneficencia. A través de esta investigación se busca el bien y el beneficio para las personas que participan en el desarrollo de esta. Principio de no maleficencia. La información que se obtuvo será utilizada netamente con fines académicos; por otro lado, se busca maximizar todos los beneficios posibles de manera proporcional.

Este código de ética tiene como finalidad fortalecer una cultura de principios y valores regular los deberes y responsabilidades que deben tener en cuenta los investigadores durante todo el proceso de investigación, para salvaguardar en todo momento la integridad de las personas y animales que sean objeto o parte del estudio, para garantizar la confidencialidad de los resultados obtenidos. (codigo-etica-investigador-cientifico-upn.pdf, s. f.)

CAPITULO III. RESULTADOS

Contenido de humedad

Tabla 10 Ensayo de contenido de humedad

| Contenido de Humedad | | | | | |
|----------------------|--------------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCION | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Identificación del recipiente o Tara | | T1 | T2 | T3 |
| B | Peso del Recipiente | gr | 27.4 | 27.4 | 27.5 |
| C | Recipiente + Suelo Húmedo | gr | 194.9 | 196.8 | 211.5 |
| D | Recipiente + Suelo Seco | gr | 191 | 192.7 | 206.8 |
| E | Peso del Agua | gr | 3.9 | 4.1 | 4.7 |
| F | Peso Suelo Seco | gr | 163.6 | 165.3 | 179.3 |
| W% | Porcentaje de humedad | % | 2.38 | 2.48 | 2.62 |
| G | Promedio Porcentaje Humedad | % | | 2.50 | |

Nota: Luego de que se realizó el ensayo de humedad se obtuvo un porcentaje de humedad promedio de 2.50%

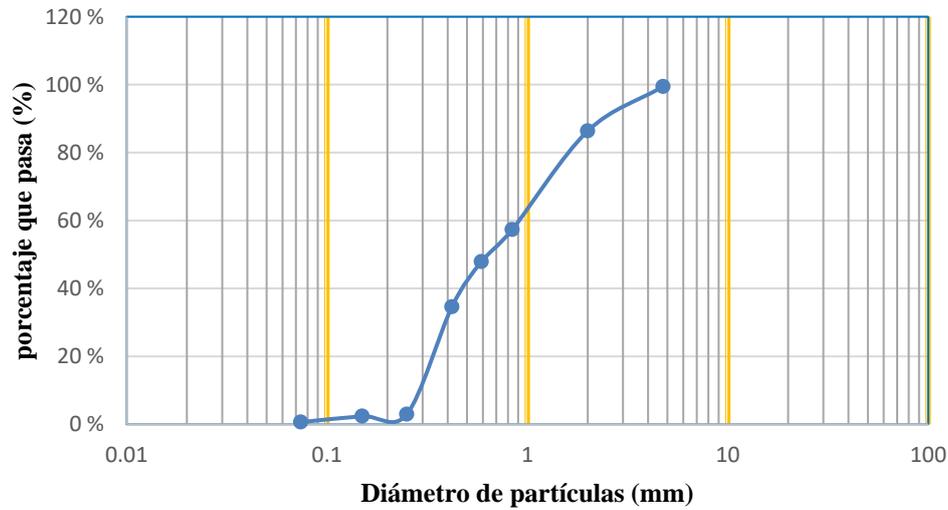
Granulometría

Tabla 11 Ensayo de granulometría

| Peso muestra seca, Ws: | | 1000 gr | | | |
|------------------------------------|---------------|---------------|------------|----------------------|------------|
| Granulometría por Tamizado en Seco | | | | | |
| malla (pulg) | Abertura (mm) | Peso Retenido | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Que pasa |
| N°4 | 4.76 | 5.5 | 0.55 | 0.55 | 99.45 |
| N°10 | 2 | 130.9 | 13.09 | 13.64 | 86.36 |
| N°20 | 0.84 | 290.3 | 29.03 | 42.67 | 57.33 |
| N°30 | 0.59 | 94.4 | 9.44 | 52.11 | 47.89 |
| N°40 | 0.42 | 133.3 | 13.33 | 65.44 | 34.56 |
| N°60 | 0.25 | 316.2 | 31.62 | 97.06 | 2.94 |
| N°100 | 0.15 | 5.7 | 0.57 | 97.63 | 2.37 |
| N°200 | 0.074 | 17.4 | 1.74 | 99.37 | 0.63 |
| Fondo | 0 | 6.3 | 0.63 | 100 | 0 |
| Total (gr): | | 1000 | | | |

Nota: Se determinó que el porcentaje de retenido acumulado en la malla N°04 es menor al 20%

Figura 21 Curva granulométrica



Limite liquido

Tabla 12 Ensayo limite liquido

| Determinación Límite Líquido (LL) | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCION | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Identificación de Recipiente | N° | T1 | T2 | T3 |
| B | Suelo Húmedo + Recipiente | gr | 37.3 | 34.6 | 33.6 |
| C | Suelo Seco + Recipiente | gr | 34.7 | 32.9 | 32.1 |
| D | Peso de Recipiente | gr | 27.3 | 27.5 | 27.1 |
| E | Peso del Agua | gr | 2.6 | 1.7 | 1.5 |
| F | Peso Suelo Seco | gr | 7.4 | 5.4 | 5 |
| G | Número de Golpes | N | 8 | 14 | 22 |
| H | Contenido de Humedad | % | 35.14 | 31.48 | 30.00 |
| J | Promedio Contenido de Humedad | % | 32.21 | | |

Nota: Se obtuvo como resultado promedio 32.21%

Limite Plástico

Tabla 13 Ensayo Limite Plástico

| Determinación Límite Plástico (LP) | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| ID | DESCRIPCION | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Identificación de Recipiente | N° | T1 | T2 | T3 |
| B | Suelo Húmedo + Recipiente | gr | 32.1 | 32.1 | 32.4 |
| C | Suelo Seco + Recipiente | gr | 31.3 | 31.4 | 31.6 |
| D | Peso de Recipiente | gr | 26.8 | 27.5 | 27.1 |
| E | Peso del Agua | gr | 0.8 | 0.7 | 0.8 |
| F | Peso Suelo Seco | gr | 4.5 | 3.9 | 4.5 |
| G | Contenido de Humedad | % | 17.78 | 17.95 | 17.78 |
| H | Promedio Límite Plástico | % | | 17.83 | |

Nota: Se obtuvo como resultado promedio 17.83%

Tabla 14 Calculo de Índice de Plasticidad

| CALCULO IP | |
|------------|-------|
| LL | 32.21 |
| LP | 17.83 |
| IP | 14.37 |

Nota: Se obtuvo el Índice de Plasticidad para poder clasificar el suelo

Figura 22 Gráfico límite líquido

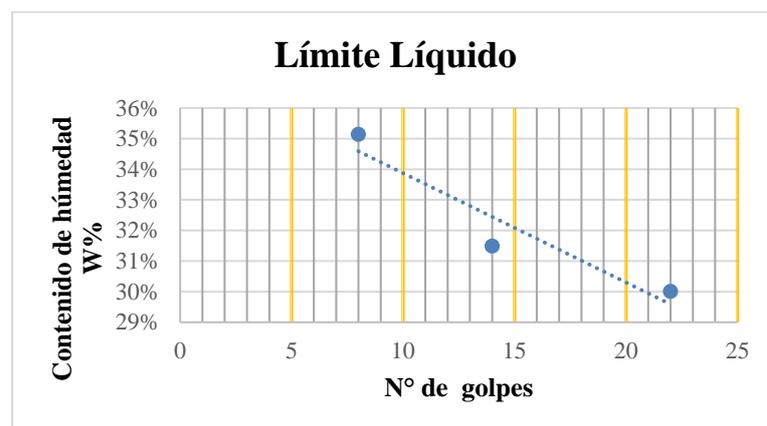
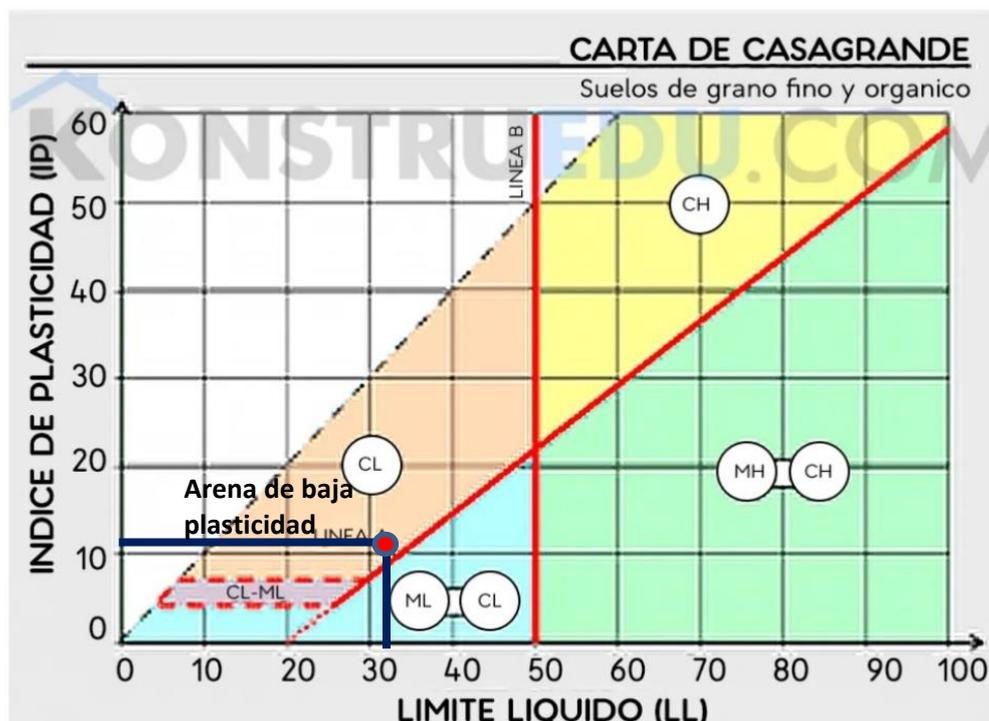


Figura 23 Carta de Casagrande



Nota: Se determinó que el suelo es CL, por lo tanto, una arcilla de baja plasticidad

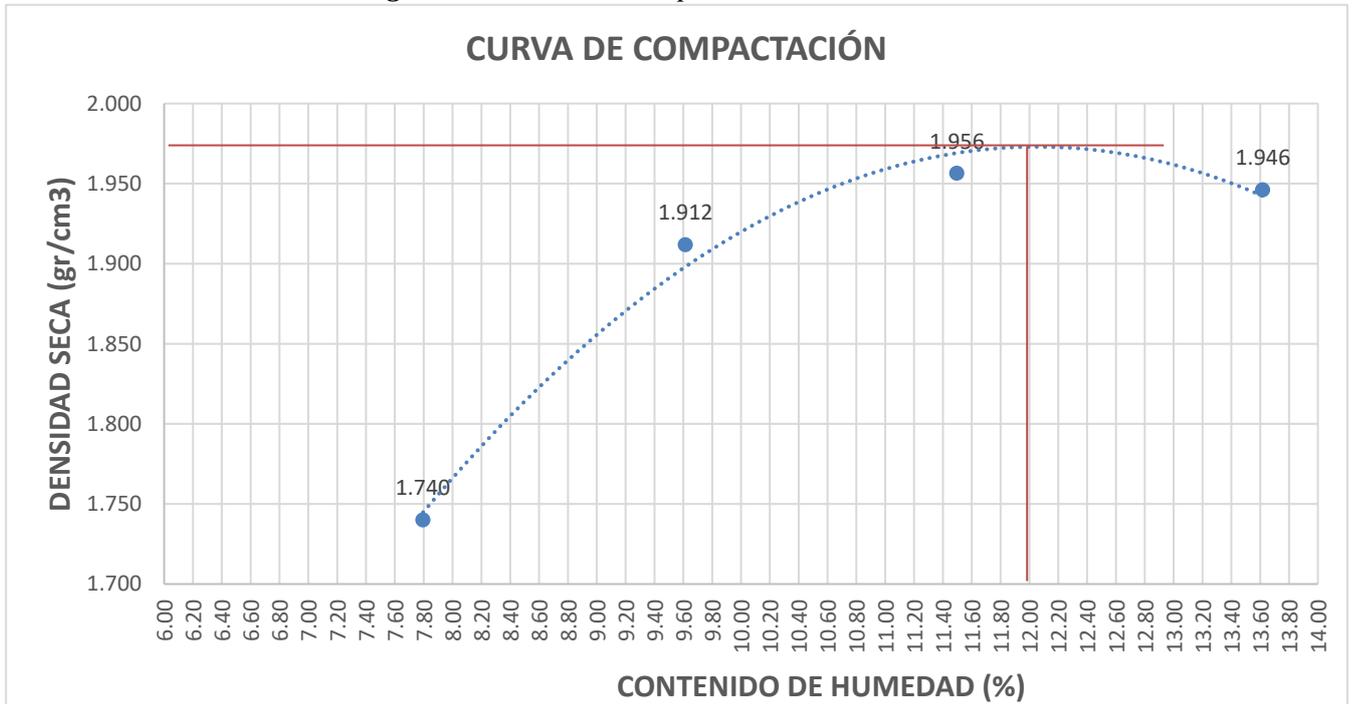
Proctor Modificado

Tabla 15 Compactación Proctor Modificado Adobe Patrón

| ID | DESCRIPCION | UND | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
|----|--------------------------------------|--------------------|------------|---------|------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| A | Peso Molde | gr | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5720.00 | 5920.00 | 5920.00 | 5998.00 | 5998.00 | 6025.00 | 6025.00 | 6025.00 |
| C | Peso Muestra Húmeda | gr | 1705.00 | 1905.00 | 1905.00 | 1983.00 | 1983.00 | 2010.00 | 2010.00 | 2010.00 |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 |
| F | Densidad húmeda; Dh | gr/cm ³ | 1.88 | 2.10 | 2.10 | 2.18 | 2.18 | 2.21 | 2.21 | 2.21 |
| G | Recipiente | Nº | a | b | a | b | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 27.60 | 27.40 | 27.50 | 26.90 | 27.30 | 27.10 | 27.20 | 27.40 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 125.60 | 124.40 | 125.40 | 125.10 | 126.00 | 126.30 | 126.20 | 127.00 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 118.60 | 117.30 | 117.10 | 116.20 | 116.50 | 115.40 | 114.90 | 114.50 |
| K | Peso del Agua | gr | 7.00 | 7.10 | 8.30 | 8.90 | 9.50 | 10.90 | 11.30 | 12.50 |
| L | Peso Muestra seca | gr | 91.00 | 89.90 | 89.60 | 89.30 | 89.20 | 88.30 | 87.70 | 87.10 |
| M | Contenido de Humedad W% | % | 7.69 | 7.90 | 9.26 | 9.97 | 10.65 | 12.34 | 12.88 | 14.35 |
| N | Promedio Contenido de Humedad Óptimo | % | 7.79 | | 9.61 | | 11.50 | | 13.62 | |
| O | Densidad Seca Máxima; Ds | gr/cm ³ | 1.740 | | 1.912 | | 1.956 | | 1.946 | |
| | | | 6% de agua | | 8% de agua | | 10% de agua | | 12% de agua | |

Nota: Se saco el promedio de dos muestras por cada porcentaje de agua añadido

Figura 24 Curva de compactación Adobe Patrón



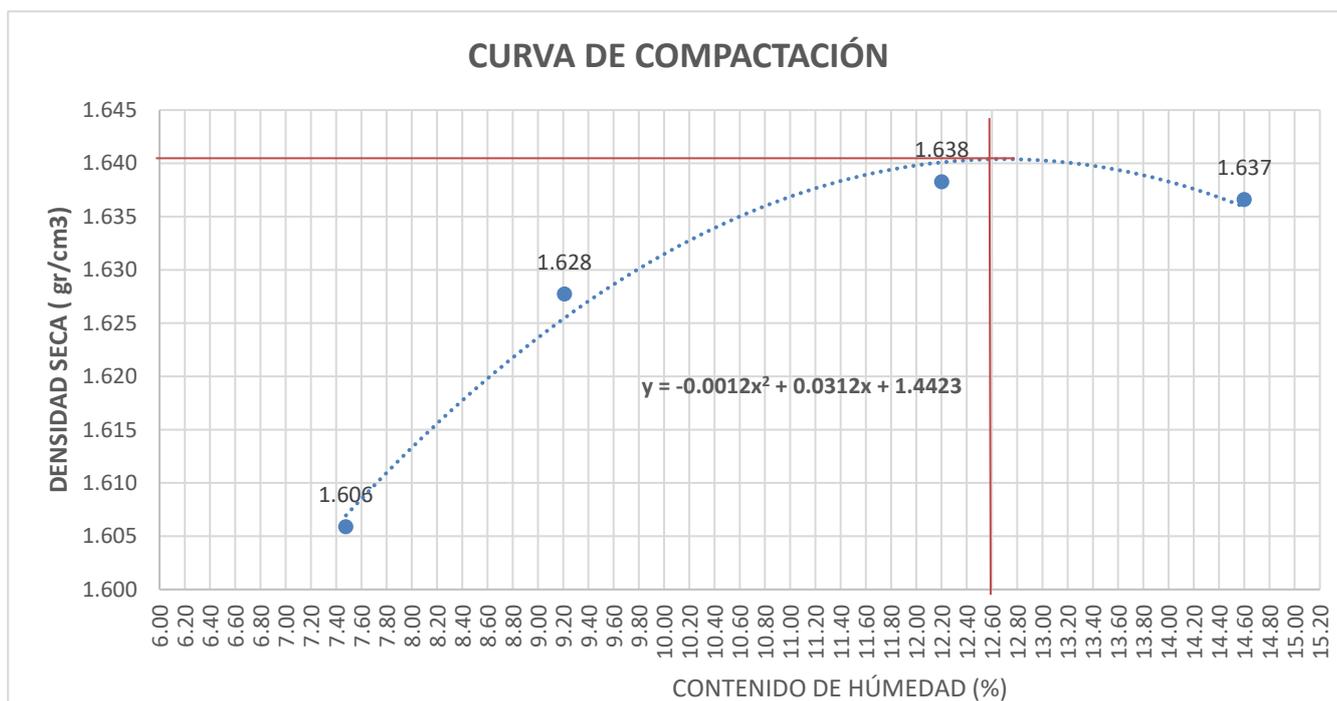
Nota: Se obtuvo la humedad óptima, 12%

Tabla 16 Compactación Proctor Modificado Adobe con 5% de Cascarilla de Arroz

| ID | DESCRIPCION | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
|----|--------------------------------------|--------------------|------------|------------|-------------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| A | Peso Molde | gr | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | | | | |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5584.00 | 5631.00 | 5686.00 | 5720.00 | | | | |
| C | Peso Muestra Húmeda | gr | 1569.00 | 1616.00 | 1671.00 | 1705.00 | | | | |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | | | | |
| F | Densidad húmeda; Dh | gr/cm ³ | 1.73 | 1.78 | 1.84 | 1.88 | | | | |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 27.61 | 27.39 | 27.40 | 27.50 | 27.10 | 27.40 | 27.20 | 27.40 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 126.40 | 127.97 | 128.20 | 127.21 | 125.70 | 126.60 | 125.30 | 127.10 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 119.50 | 121.00 | 119.80 | 118.70 | 114.40 | 116.40 | 112.70 | 114.50 |
| K | Peso del Agua | gr | 6.90 | 6.97 | 8.40 | 8.51 | 11.30 | 10.20 | 12.60 | 12.60 |
| L | Peso Muestra seca | gr | 91.89 | 93.61 | 92.40 | 91.20 | 87.30 | 89.00 | 85.50 | 87.10 |
| M | Contenido de Humedad W% | % | 7.51 | 7.45 | 9.09 | 9.33 | 12.94 | 11.46 | 14.74 | 14.47 |
| N | Promedio Contenido de Humedad Óptimo | % | 7.48 | | 9.21 | | 12.20 | | 14.60 | |
| O | Densidad Seca Máxima; Ds | gr/cm ³ | 1.606 | | 1.628 | | 1.638 | | 1.637 | |
| | | | 6% de agua | 8% de agua | 10% de agua | 12% de agua | | | | |

Nota: Se sacó el promedio de dos muestras por cada porcentaje de agua añadido

Figura 25 Curva de compactación con 5% de cascarilla de arroz



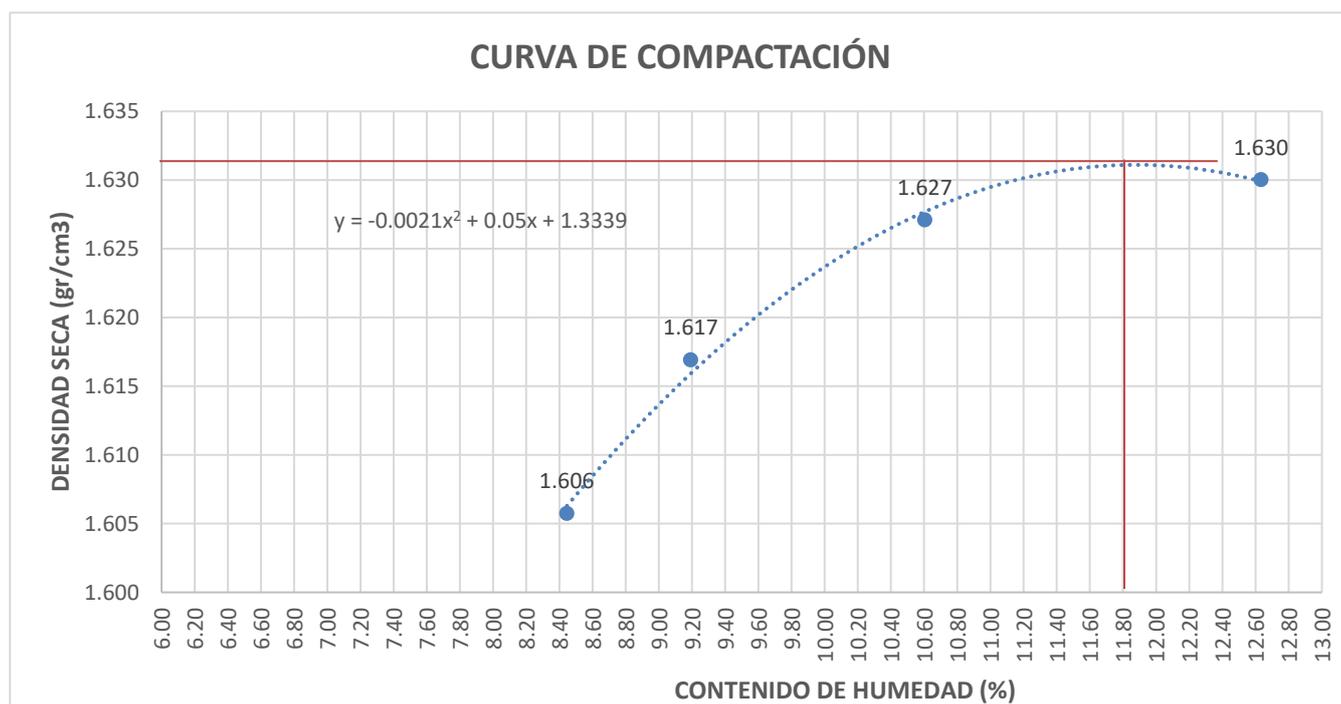
Nota: Se obtuvo la humedad óptima, 12.60%

Tabla 17 Compactación Proctor Modificado Adobe con 10% de Cascarilla de Arroz

| ID | DESCRIPCION | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
|----|--------------------------------------|--------------------|---------|------------|------------|-------------|-------------|--------|--------|--------|
| A | Peso Molde | gr | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | | | | |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5598.00 | 5620.00 | 5651.00 | 5684.00 | | | | |
| C | Peso Muestra Húmeda | gr | 1583.00 | 1605.00 | 1636.00 | 1669.00 | | | | |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | | | | |
| F | Densidad húmeda; Dh | gr/cm ³ | 1.74 | 1.77 | 1.80 | 1.84 | | | | |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b | a | b | | |
| H | Peso Recipiente | gr | 27.61 | 27.39 | 27.40 | 27.50 | 27.10 | 27.40 | 27.20 | 27.40 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 127.46 | 128.36 | 127.62 | 128.02 | 127.20 | 127.35 | 128.42 | 128.21 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 119.84 | 120.34 | 119.91 | 118.84 | 117.75 | 117.62 | 116.95 | 117.02 |
| K | Peso del Agua | gr | 7.62 | 8.02 | 7.71 | 9.18 | 9.45 | 9.73 | 11.47 | 11.19 |
| L | Peso Muestra seca | gr | 92.23 | 92.95 | 92.51 | 91.34 | 90.65 | 90.22 | 89.75 | 89.62 |
| M | Contenido de Humedad W% | % | 8.26 | 8.63 | 8.33 | 10.05 | 10.42 | 10.78 | 12.78 | 12.49 |
| N | Promedio Contenido de Humedad Óptimo | % | 8.45 | | 9.19 | | 10.60 | | 12.63 | |
| O | Densidad Seca Máxima; Ds | gr/cm ³ | 1.606 | | 1.617 | | 1.627 | | 1.630 | |
| | | | | 6% de agua | 8% de agua | 10% de agua | 12% de agua | | | |

Nota: Se sacó el promedio de dos muestras por cada porcentaje de agua añadido

Figura 26 Curva de compactación con 10% de cascarilla de arroz



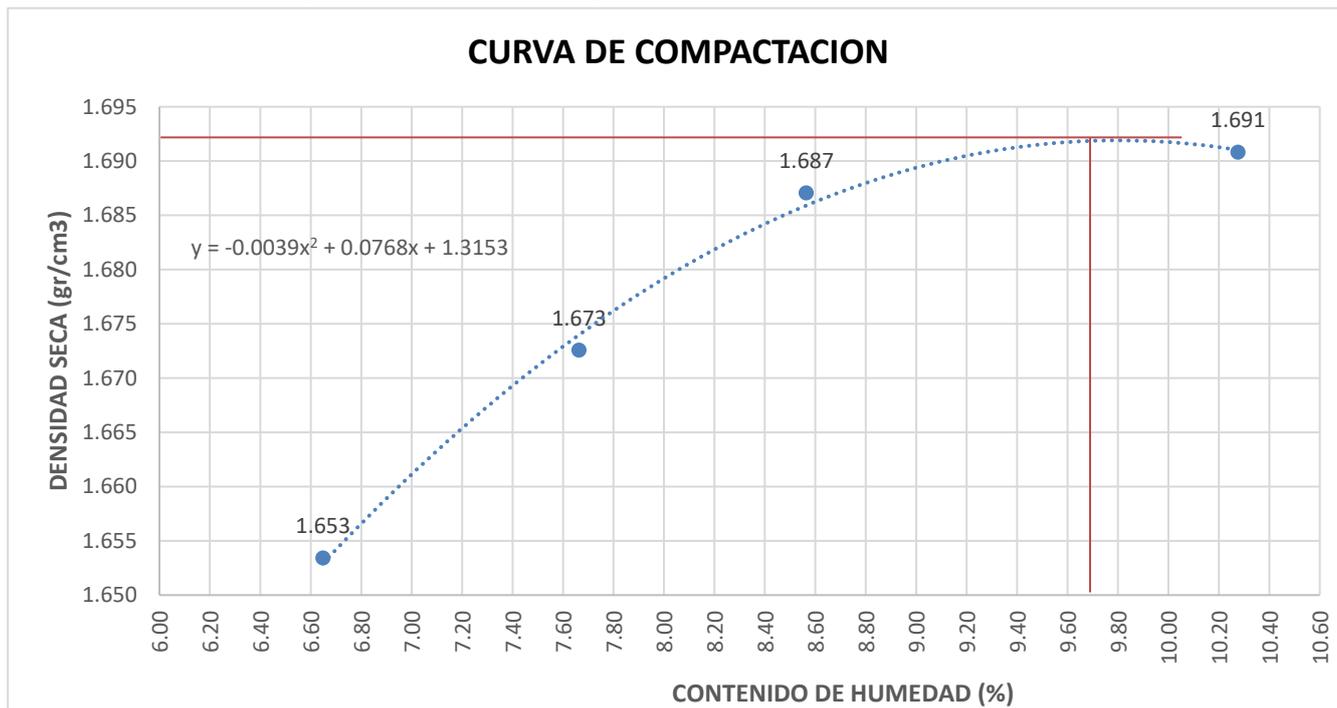
Nota: Se obtuvo la humedad óptima, 11.80%

Tabla 18 Compactación Proctor Modificado Adobe con 15% de Cascarilla de Arroz

| ID | DESCRIPCION | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
|----|--------------------------------------|--------------------|------------|------------|-------------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| A | Peso Molde | gr | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | | | | |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5618.00 | 5652.00 | 5680.00 | 5710.00 | | | | |
| C | Peso Muestra Húmeda | gr | 1603.00 | 1637.00 | 1665.00 | 1695.00 | | | | |
| D | Volumen Muestra Húmeda | cm ³ | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | | | | |
| F | Densidad húmeda; Dh | gr/cm ³ | 1.76 | 1.80 | 1.83 | 1.86 | | | | |
| G | Recipiente | Nº | a | b | a | b | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 27.63 | 27.37 | 27.41 | 27.49 | 27.11 | 27.39 | 27.21 | 27.41 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 127.68 | 128.45 | 128.50 | 128.41 | 128.45 | 128.62 | 128.94 | 128.96 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 121.76 | 121.83 | 121.20 | 121.33 | 120.65 | 120.44 | 119.76 | 119.20 |
| K | Peso del Agua | gr | 5.92 | 6.62 | 7.30 | 7.08 | 7.80 | 8.18 | 9.18 | 9.76 |
| L | Peso Muestra seca | gr | 94.13 | 94.46 | 93.79 | 93.84 | 93.54 | 93.05 | 92.55 | 91.79 |
| M | Contenido de Humedad W% | % | 6.29 | 7.01 | 7.78 | 7.54 | 8.34 | 8.79 | 9.92 | 10.63 |
| N | Promedio Contenido de Humedad Óptimo | % | 6.65 | 7.66 | 8.56 | 10.28 | | | | |
| O | Densidad Seca Máxima; Ds | gr/cm ³ | 1.653 | 1.673 | 1.687 | 1.691 | | | | |
| | | | 6% de agua | 8% de agua | 10% de agua | 12% de agua | | | | |

Nota: Se sacó el promedio de dos muestras por cada porcentaje de agua añadido

Figura 27 Curva de compactación con 15% de cascarilla de arroz



Nota: Se obtuvo la humedad óptima, 9.7%

Ensayo Resistencia a la compresión

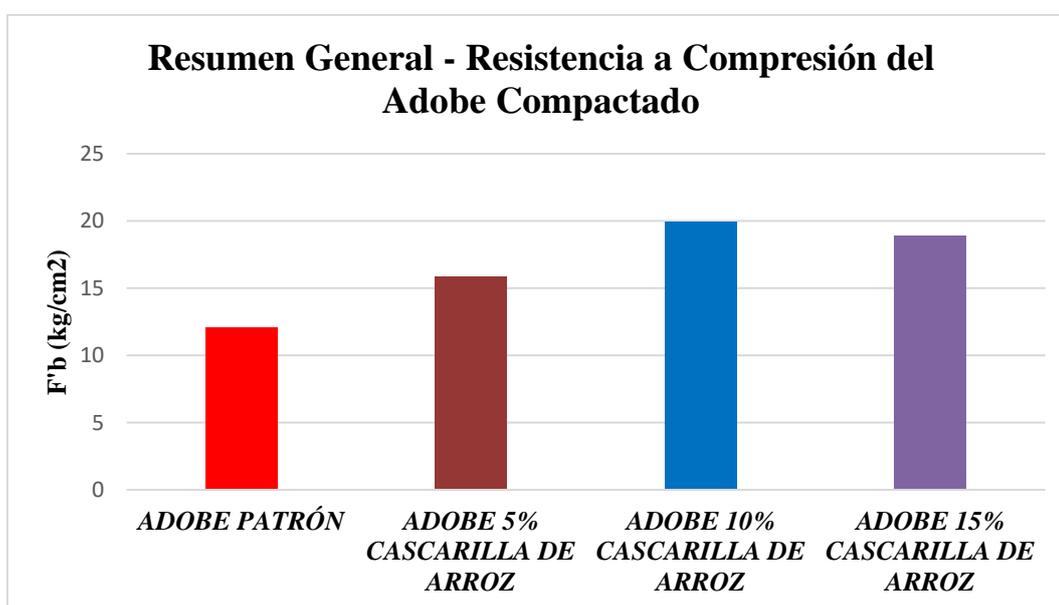
Tabla 19 Ensayo de resistencia a la compresión

| Resumen de ensayos de compresión de unidades de adobe | | | | |
|---|--------------|---------|---------------------------|--------------------------|
| Código | Carga ultima | Área | Resistencia | Resistencia promedio |
| AP1 | 3919 kg | 231.052 | 16.962 kg/cm ² | 12.05 kg/cm ² |
| AP2 | 3979 kg | 223.960 | 17.303 kg/cm ² | |
| AP3 | 1927 kg | 229.492 | 8.397 kg/cm ² | |
| AP4 | 2781 kg | 229.203 | 12.133 kg/cm ² | |
| AP5 | 2528 kg | 229.028 | 11.038 kg/cm ² | |
| AP6 | 2327 kg | 231.339 | 10.059 kg/cm ² | |
| AP7 | 2318 kg | 231.447 | 10.015 kg/cm ² | |
| AP8 | 3218 kg | 229.921 | 13.996 kg/cm ² | |
| AP9 | 1996 kg | 230.539 | 8.658 kg/cm ² | |
| AP10 | 2762 kg | 231.476 | 11.932 kg/cm ² | |
| 5%1 | 3587 kg | 231.965 | 15.464 kg/cm ² | 15.87 kg/cm ² |
| 5%2 | 3812 kg | 230.871 | 16.511 kg/cm ² | |
| 5%3 | 3961 kg | 230.403 | 17.192 kg/cm ² | |
| 5%4 | 3946 kg | 230.113 | 17.148 kg/cm ² | |
| 5%5 | 3373 kg | 229.938 | 14.669 kg/cm ² | |
| 5%6 | 3468 kg | 232.253 | 14.932 kg/cm ² | |
| 5%7 | 3742 kg | 232.362 | 16.104 kg/cm ² | |
| 5%8 | 3873 kg | 230.832 | 16.778 kg/cm ² | |
| 5%9 | 3831 kg | 231.451 | 16.552 kg/cm ² | |
| 5%10 | 3111 kg | 232.390 | 13.387 kg/cm ² | |

| | | | | |
|-------|---------|---------|---------------------------|--------------------------|
| 10%1 | 3606 kg | 232.880 | 15.484 kg/cm ² | |
| 10%2 | 4192 kg | 231.315 | 18.123 kg/cm ² | |
| 10%3 | 5632 kg | 231.315 | 24.348 kg/cm ² | |
| 10%4 | 4746 kg | 231.025 | 20.543 kg/cm ² | |
| 10%5 | 5112 kg | 230.849 | 22.144 kg/cm ² | |
| 10%6 | 5070 kg | 233.169 | 21.744 kg/cm ² | 19.95 kg/cm ² |
| 10%7 | 5385 kg | 233.278 | 23.084 kg/cm ² | |
| 10%8 | 4798 kg | 231.745 | 20.704 kg/cm ² | |
| 10%9 | 3947 kg | 232.365 | 16.986 kg/cm ² | |
| 10%10 | 3821 kg | 233.306 | 16.378 kg/cm ² | |
| 15%1 | 3933 kg | 233.797 | 16.822 kg/cm ² | |
| 15%2 | 5161 kg | 232.699 | 22.179 kg/cm ² | |
| 15%3 | 4699 kg | 232.229 | 20.234 kg/cm ² | |
| 15%4 | 5118 kg | 231.938 | 22.066 kg/cm ² | |
| 15%5 | 4519 kg | 231.762 | 19.499 kg/cm ² | |
| 15%6 | 3744 kg | 234.087 | 15.994 kg/cm ² | 18.87 kg/cm ² |
| 15%7 | 5139 kg | 234.195 | 21.943 kg/cm ² | |
| 15%8 | 4558 kg | 232.660 | 19.591 kg/cm ² | |
| 15%9 | 3783 kg | 233.281 | 16.217 kg/cm ² | |
| 15%10 | 3326 kg | 234.224 | 14.200 kg/cm ² | |

Nota: Promedios de las resistencias, siendo la resistencia mayor el adobe con adición del 10%

Figura 28 Resumen General – Resistencia a compresión del adobe compactado



CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Limitaciones

Tuve como limitación la extracción de las unidades de adobe, ya que se pegaba la mezcla en el interior de la máquina CINVA RAM, para esto como solución utilice lubricante desmoldante en el interior y en la tapa de la máquina CINVA RAM para poder evitar deformaciones de las unidades de adobes y su fabricación sea la adecuada.

Interpretación Comparativa

En la investigación de López Dominguez & Nolasco Ortiz (2021) “Resistencia a la compresión del adobe con paja de arroz, Chimbote - Ancash” La resistencia máxima a compresión de su adobe patrón es de 14.61 kg/cm², con adición de 5%, 15.61 kg/cm² y con adición de 10%, 16.82 kg/cm², se observa que existe una diferencia en el adobe siendo mayor a la resistencia del adobe elaborado en esta investigación, de esto se puede observar que la paja de arroz es más resistente a la compresión que la cascarilla de arroz. (Figura 76).

En otra investigación de Huaranca Quito & Vásquez Ramírez (2020) “Mejoramiento del adobe adicionando cascarilla de arroz para el diseño de viviendas unifamiliares en San Miguel - Piura – 2020” se obtuvo la resistencia a compresión en bloques de muestra patrón de 12.6 kg/cm² y con adición de 3%, 6% y 9% se obtuvo 14.5 kg/cm², 15.10 kg/cm² y 17.5 kg/cm² respectivamente, superando en 0.55 kg/cm² a nuestro adobe patrón realizado en esta investigación, obteniendo menores resultados de resistencia a la compresión axial, adicionando menor porcentaje de cascarilla de arroz con respecto a esta tesis. (Figura 77)

Con respecto a la tesis de (Ascencios Mostacero, 2020) “Propiedades de un adobe estructural con adición de cascarilla de arroz y plástico reciclado molido aplicado a viviendas climatizadas en Alto Perú, Ancash – 2019”, con una resistencia a compresión del adobe patrón de 18.56 kg/cm², donde se utilizaron se utilizaron porcentajes de adición de 3%, 5% y 7% con sus respectivas resistencias a la compresión de 19.92 kg/cm², 21.28 kg/cm² y 22.71 kg/cm², aquí podemos observar que a pesar de que se tiene el mismo agregado para la mezcla, las resistencias son mayores a las unidades de adobe propias. (Figura 78)

Implicancias

La sustitución de cascarilla de arroz aporta al medio ambiente ya que si bien es cierto gran parte de este pate de este material se reutiliza para fines de agricultura y como alimento para animales rumiantes, otra gran parte pasa por un horno para obtener ceniza de cascarilla de arroz y este proceso produce contaminación

Socialmente este adobe experimental aporta un diseño de mezcla con el cual podrán implementar en sus construcciones y tener mayor seguridad al momento de fabricar sus hogares, por otro lado, esta investigación propone una mayor agilización al proceso constructivo y por lo tanto mayor productividad.

Conclusiones

- La resistencia a la compresión axial del adobe compactado con adición de cascarilla de arroz si aumentó la resistencia última indicada en la Norma E080.
- La cascarilla de arroz mejoró considerablemente las propiedades mecánicas del adobe compactado.
- Las unidades patrón de adobe compactado obtuvieron como resistencia a compresión 12.05 kg/cm², este resultado cumpliría con la resistencia última calculada a compresión en la norma E80 (1.0 Mpa), los adobes con adición de cascarilla de arroz en 5%, 10% y 15 % obtuvieron una resistencia a compresión máxima de 15.87 kg/cm², 19.95 kg/cm² y 18.87 kg/cm² respectivamente, superando la resistencia última de la norma E080. Al evaluar cada uno de los resultados se observó que la unidad de adobe con adición de cascarilla de arroz en 10% es la mayor con respecto a los demás, lo cual el diseño de mezcla de esta unidad de adobe sería la adecuada para su uso como material de construcción.
- El porcentaje óptimo de humedad de la mezcla con adición de 5% de cascarilla de arroz fue de 12.60%, para la mezcla con 10% de adición fue de 11.80% y para la mezcla con 15% de adición fue de 9.7%, por lo tanto, rechazó la hipótesis.

Dado los resultados mencionados se concluye que esta investigación comprueba la hipótesis y la aprueba.

REFERENCIAS

- Acuña Supo, S. M., & Liendo Luque, C. E. (2020). *Uso de la ceniza de cáscara de arroz como alternativa para el mejoramiento de subrasantes arcillosas en pavimentos* [Pontificia Universidad Católica del Perú].
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/20754/LIENDO%20LUQUE_ACU%20SUPO_LAVADO%20S%20NCHEZ%20_CUSINGA%20VARGAS_CASTRO%20MARCH%20USO_CENIZA_ASCARA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Antinori Ortiz, L. R. (2018). *Resistencia a compresion y flexion del adobe compactado con reemplazo de ceramica triturada* [Experimental]. Universidad Privada del Norte.
- Ascencios Mostacero, S. F. (2020). *Propiedades de un adobe estructural con adición de cascarilla de arroz y plástico reciclado molido aplicado a viviendas climatizadas en Alto Perú, Ancash—2019*. Universidad César Vallejo.
- Baraya, S. (2022, abril 22). *Adobe: El material reciclable más sostenible*. Arch Daily.
https://www.archdaily.pe/pe/944575/adobe-el-material-reciclable-mas-sostenible?ad_campaign=normal-tag
- Codigo-etica-investigador-cientifico-upn.pdf*. (s. f.). Recuperado 23 de abril de 2023, de <https://www.upn.edu.pe/sites/default/files/2020-06/codigo-etica-investigador-cientifico-upn.pdf>
- Contelab. (2019, julio 24). *Casa de adobe: Una alternativa de construcción sismorresistente*. 1.
- Dr. Hernández Sampieri, R., Dr. Fernández Collado, C., & Dra. Baptista Lucio, M. del pilar. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edición). Mc Graw Hi.
<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista->

Metodolog% C3% ADa% 20Investigacion% 20Cientifica% 206ta% 20ed.pdf

G. Arias, F. (s. f.). *El proyecto de Investigaciion Introduccion a la metofología científica*

(6ta ed.). Episteme. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>

Granja, V. (s. f.). *Perú: Construcciones de adobe resistentes a terremotos*. Ecosur

Network. <https://www.ecosur.org/index.php/es/todos-los-articulos/51-ecosur-e-magazine/edicion-34-abril-2009/321-peru-construcciones-de-adobe-resistentes-a-terremotos>

Huarancca Quito, E., & Vasquez Ramirez, J. A. (2020). *Mejoramiento del adobe*

adicionando cascarilla de arroz para el diseño de viviendas unifamiliares en San Miguel—Piura—2020. Universidad Cesar Vallejo.

Lopez Dominguez, E. J., & Nolasco Ortiz, M. A. (2021). *Resistencia a la compresión del*

adobe con paja de arroz, Chimbote—Ancash. Universidad Cesar Vallejo.

Medina Cercado, S. (2022). *Resistencia a compresión flexión de bloques de adobe*

compactado con adición de vaina de bambú, cajamarca, 2022. Universidad Privada del Norte.

Mejía Pacheco, P. J. (2018). *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.

Miguel Aignerren, G. A., & Ruiz, J. (s. f.). *Diseños de investigación experimental y no*

experimental. Universidad de antioquia facultad de ciencias sociales y humanas.

Morales Dominguez, V., Ortiz Guzmán, M., & Alavéz Ramírez, R. (2007). *Mejoramiento*

de las propiedades mecánicas del adobe compactado.

Moreno Pelayes, L., & García Torres, J. (2019). *Estabilización de adobes con fibras de*

bambú. Cao de estudio: Proyecto de construcción de viviendas de interés social en

el barrio «El pantanal», Granada, Nicaragua". 2019, 4.

Norma E080 Diseño y construcción con tierra reforzada. (2017, abril 7). *Anexo -*

Resolución Ministerial N°121 - 2017 Vivienda, 24.

Universidad Privada del Norte. (s. f.). *Práctica de laboratorio N°1—Contenido de*

Humedad.

ANEXOS

Figura 29 Protocolo Contenido de Humedad

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|--|------|---------------------------|--|----------------------------|--|--|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | | CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | |
| NORMA: | | MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127 | | | | | | | | | |
| TESIS: | | * Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023* | | | | | | | | | |
| CANTERA: | Cruz Blanca | MUESTRA: | E-01 | TIPO DE MATERIAL: | | Arcilla | | | | | |
| UBICACIÓN: | Cruz Blanca | | | COLOR DE MATERIAL: | | Marrón | | | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 15-09-2023 | | | RESPONSABLE: | | Kevin Chris León Julcamoro | | | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 19-09-2023 | | | REVISADO POR: | | Jorge Luis Hoyos Martínez | | | | | |

| | |
|------------------------------|------------------|
| <u>Temperatura de Secado</u> | <u>Método</u> |
| 110 °C | Horno 110 ± 5 °C |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|-----|-------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|----|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A | Identificación del recipiente o Tara | - | T1 | T2 | T3 | | | | | | | |
| B | Peso del Recipiente | gr | 27.4 | 27.4 | 27.5 | | | | | | | |
| C | Recipiente + Material Natural | gr | 194.9 | 196.8 | 211.5 | | | | | | | |
| D | Recipiente + Material Seco | gr | 191 | 192.7 | 206.8 | | | | | | | |
| E | Peso del material húmedo (Wmh) = C - B | gr | 167.5 | 169.4 | 184 | | | | | | | |
| F | Peso del material Seco (Ws) = D - B | gr | 163.6 | 165.3 | 179.3 | | | | | | | |
| W% | Porcentaje de humedad (E - F / F) * 100 | % | 2.38 | 2.48 | 2.62 | | | | | | | |
| G | Promedio Porcentaje Humedad | % | 2.50 | | | | | | | | | |

$$(W\%) = \frac{W_{mh} - W}{W_s} * 100$$

Nota: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino.

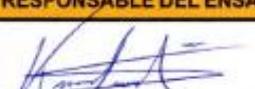
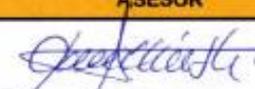
| | | |
|---|--|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martínez | NOMBRE: Tulio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 19-09-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 30 Protocolo Granulometria

| | | | | | |
|---|---|---|---------------------------|----------------------------|---------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | |
| | PROTOCOLO | | | | |
| | ENSAYO: | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO | | | |
| | NORMA: | MTC E 107 / ASTM D421 | | | |
| TESIS: | "Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | | | |
| CALICATA: | C-01 | ESTRATO: | E-01 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilla |
| UBICACIÓN: | Cruz Blanca | | COLOR DE MATERIAL: | Marrón | |
| FECHA DE MUESTREO: | 15-09-2023 | | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro | |
| FECHA DE ENSAYO: | 18-09-2023 | | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martínez | |

| Peso muestra seca, Ws | 1000 | gr | | | |
|---|---------------|-------------|-------|-------|------------|
| GRANULOMETRIA POR TAMIZADO EN SECO | | | | | |
| mall | Abertura (mm) | P.R.P. (gr) | % RP | % RA | % que pasa |
| Nº4 | 4,76 | 5.5 | 0.55 | 0.55 | 99.45 |
| Nº10 | 2 | 130.9 | 13.09 | 13.64 | 86.38 |
| Nº20 | 0,84 | 290.3 | 29.03 | 42.67 | 57.33 |
| Nº30 | 0,59 | 94.4 | 9.44 | 52.11 | 47.89 |
| Nº40 | 0,42 | 133.3 | 13.33 | 65.44 | 34.56 |
| Nº60 | 0,25 | 316.2 | 31.62 | 97.06 | 2.94 |
| Nº100 | 0,15 | 5.7 | 0.57 | 97.63 | 2.37 |
| Nº200 | 0,074 | 17.4 | 1.74 | 99.37 | 0.63 |
| Cazoleta | 0 | 6.3 | 0.63 | 100 | 0 |
| Total | | 1000 | | | |



| | | | |
|------------|------|------------|------|
| Cu= | 1.67 | Cc= | 0.08 |
|------------|------|------------|------|

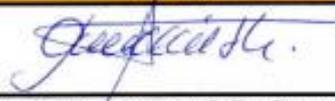
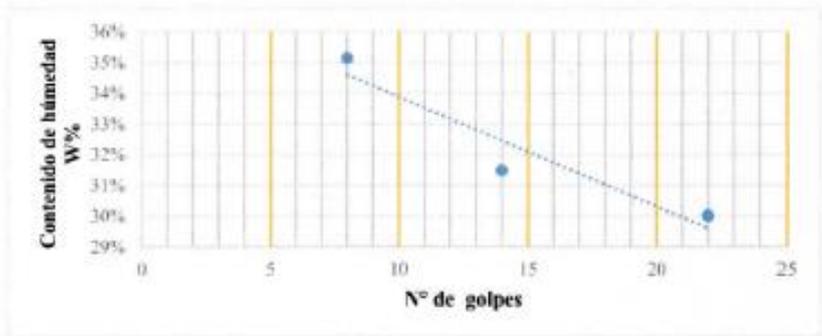
| | | |
|---|---|---|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martínez | NOMBRE: Tullio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 18-09-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 31 Protocolo Limites de Plasticidad

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | |
|---|---|----------|--------------------|----------------------------|---------|
| PROTOCOLO | | | | | |
| ENSAYO: | LÍMITES DE PLASTICIDAD | | | | |
| NORMA: | NTP E339.130 / MTC E111 / ASTM D4318 | | | | |
| PROYECTO: | "Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | | | |
| CALICATA: | C-01 | ESTRATO: | E-01 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilla |
| UBICACIÓN: | Cruz Blanca | | COLOR DE MATERIAL: | Marrón | |
| FECHA DE MUESTREO: | 15-09-2023 | | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro | |
| FECHA DE ENSAYO: | 20-09-2023 | | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez | |

| DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----|-------|-------|-------|---|---|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A | Identificación de Recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | | |
| B | Suelo Húmedo + Recipiente | gr | 37.3 | 34.6 | 33.6 | | |
| C | Suelo Seco + Recipiente | gr | 34.7 | 32.9 | 32.1 | | |
| D | Peso de Recipiente | gr | 27.3 | 27.5 | 27.1 | | |
| E | Peso del Agua (B – C) | gr | 2.6 | 1.7 | 1.5 | | |
| F | Peso Suelo Seco (C – D) | gr | 7.4 | 5.4 | 5 | | |
| G | Número de Golpes | N | 8 | 14 | 22 | | |
| H | Contenido de Humedad (E/F)*100 | % | 35.14 | 31.48 | 30.00 | | |

| DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP) | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------|-----|-------|-------|-------|---|---|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A | Identificación de Recipiente | N° | T1 | T2 | T3 | | |
| B | Suelo Húmedo + Tara | gr | 32.1 | 32.1 | 32.4 | | |
| C | Suelo Seco + Tara | gr | 31.3 | 31.4 | 31.6 | | |
| D | Peso de Tara | gr | 26.8 | 27.5 | 27.1 | | |
| E | Peso del Agua (B – C) | gr | 0.8 | 0.7 | 0.8 | | |
| F | Peso Suelo Seco (C – D) | gr | 4.5 | 3.9 | 4.5 | | |
| G | Contenido de Humedad (E/F)*100 | % | 17.78 | 17.95 | 17.78 | | |
| H | Promedio Limite Plástico | | | 17.83 | | | |



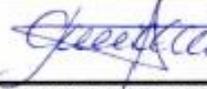
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tulio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 20-09-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 32 Protocolo Proctor Modificado con 5% de cascarilla de arroz

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | |
|---|--|-----------------|----------------------|----------------------------|---------|
| PROTOCOLO | | | | | |
| ENSAYO: | COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO CON 5% DE CASCARILLA DE ARROZ | | | | |
| NORMA: | MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141 | | | | |
| TESIS: | * Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023* | | | | |
| CALICATA: | C-01 | ESTRATO: | E-01 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilla |
| UBICACIÓN: | Cruz Blanca | | | COLOR DE MATERIAL: | Marrón |
| FECHA DE MUESTREO: | 15-09-2023 | | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro | |
| FECHA DE ENSAYO: | 31-10-2023 | | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez | |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| A | Peso Molde | gr | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5584.00 | 5631.00 | 5631.00 | 5686.00 | 5686.00 | 5720.00 | 5720.00 | 5720.00 |
| C | Peso Muestra Húmeda (A-B) | gr | 1569.00 | 1616.00 | 1616.00 | 1671.00 | 1671.00 | 1705.00 | 1705.00 | 1705.00 |
| D | Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 |
| F | Densidad húmeda; (Dh=C/D) | gr/cm ³ | 1.73 | 1.78 | 1.78 | 1.84 | 1.84 | 1.88 | 1.88 | 1.88 |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 27.61 | 27.39 | 27.40 | 27.50 | 27.10 | 27.40 | 27.20 | 27.40 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 126.40 | 127.97 | 128.20 | 127.21 | 125.70 | 126.60 | 125.30 | 127.10 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 119.50 | 121.00 | 119.80 | 118.70 | 114.40 | 116.40 | 112.70 | 114.50 |
| K | Peso del Agua (I-H-L) | gr | 6.90 | 6.97 | 8.40 | 8.51 | 11.30 | 10.20 | 12.60 | 12.60 |
| L | Peso Muestra seca (J-H) | gr | 91.89 | 93.61 | 92.40 | 91.20 | 87.30 | 89.00 | 85.50 | 87.10 |
| M | Contenido de Humedad (W% = (K/L) * 100) | % | 7.51 | 7.45 | 9.09 | 9.33 | 12.94 | 11.46 | 14.74 | 14.47 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 7.48 | | 9.21 | | 12.20 | | 14.60 | |
| O | Densidad Seca Máxima; D _s | gr/cm ³ | 1.606 | 1.628 | 1.628 | 1.638 | 1.638 | 1.638 | 1.637 | 1.637 |



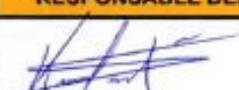
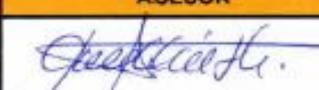
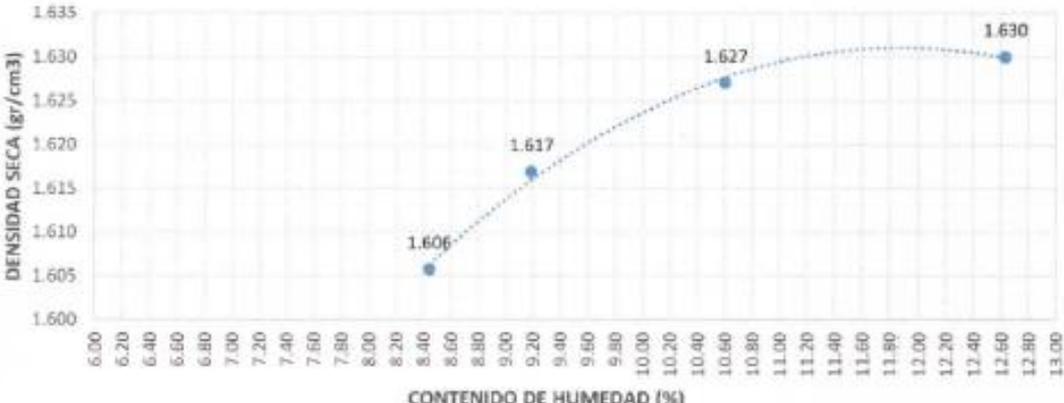
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tulio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 31-10-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 33 Protocolo Proctor Modificado con 10% de cascarilla de arroz

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------|------|---------------------------|----------------------------|--|--|--|--|
| PROTOCOLO | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO CON 10% DE CASCARILLA DE ARROZ | | | | | | | | |
| NORMA: | MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141 | | | | | | | | |
| TESIS: | * Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023* | | | | | | | | |
| CALICATA: | C-01 | ESTRATO: | E-01 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilla | | | | |
| UBICACIÓN: | Cruz Blanca | | | COLOR DE MATERIAL: | Marrón | | | | |
| FECHA DE MUESTREO: | 15-09-2023 | | | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro | | | | |
| FECHA DE ENSAYO: | 01-11-2023 | | | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martínez | | | | |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| A | Peso Molde | gr | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5598.00 | 5620.00 | 5620.00 | 5620.00 | 5651.00 | 5651.00 | 5684.00 | 5684.00 |
| C | Peso Muestra Húmeda (A-B) | gr | 1583.00 | 1605.00 | 1605.00 | 1605.00 | 1636.00 | 1636.00 | 1669.00 | 1669.00 |
| D | Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 |
| F | Densidad húmeda; (Dh=C/D) | gr/cm ³ | 1.74 | 1.77 | 1.77 | 1.77 | 1.80 | 1.80 | 1.84 | 1.84 |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b | a | b | a | b |
| H | Peso Recipiente | gr | 27.61 | 27.39 | 27.40 | 27.50 | 27.10 | 27.40 | 27.20 | 27.40 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 127.46 | 128.36 | 127.62 | 128.02 | 127.20 | 127.35 | 128.42 | 128.21 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 119.84 | 120.34 | 119.91 | 118.84 | 117.75 | 117.62 | 116.95 | 117.02 |
| K | Peso del Agua (I-H-L) | gr | 7.62 | 8.02 | 7.71 | 9.18 | 9.45 | 9.73 | 11.47 | 11.19 |
| L | Peso Muestra seca (J-H) | gr | 92.23 | 92.95 | 92.51 | 91.34 | 90.65 | 90.22 | 89.75 | 89.62 |
| M | Contenido de Humedad (W%= (K/L) * 100) | % | 8.26 | 8.63 | 8.33 | 10.05 | 10.42 | 10.78 | 12.78 | 12.49 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 8.45 | | 9.19 | | 10.60 | | 12.63 | |
| O | Densidad Seca Máxima; D _s | gr/cm ³ | 1.606 | | 1.617 | | 1.627 | | 1.630 | |

CURVA DE COMPACTACIÓN



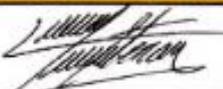
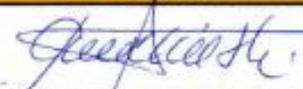
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martínez | NOMBRE: Julio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 01-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 34 Protocolo Proctor Modificado con 15% de cascarilla de arroz

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | | |
|---|--|----------|--------------------|----------------------------|---------|
| PROTOCOLO | | | | | |
| ENSAYO: | COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO CON 15% DE CASCARILLA DE ARROZ | | | | |
| NORMA: | MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141 | | | | |
| TESIS: | * Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023* | | | | |
| CALICATA: | C-01 | ESTRATO: | E-01 | TIPO DE MATERIAL: | Arcilla |
| UBICACIÓN: | Cruz Blanca | | COLOR DE MATERIAL: | Marrón | |
| FECHA DE MUESTREO: | 15-09-2023 | | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro | |
| FECHA DE ENSAYO: | 02-11-2023 | | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez | |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| A | Peso Molde | gr | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | | | | |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5618.00 | 5652.00 | 5680.00 | 5710.00 | | | | |
| C | Peso Muestra Húmeda (A-B) | gr | 1603.00 | 1637.00 | 1665.00 | 1695.00 | | | | |
| D | Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | | | | |
| F | Densidad húmeda; (Dh=C/D) | gr/cm ³ | 1.76 | 1.80 | 1.83 | 1.86 | | | | |
| G | Recipiente | N° | a | b | a | b | a | b | | |
| H | Peso Recipiente | gr | 27.63 | 27.37 | 27.41 | 27.49 | 27.11 | 27.39 | 27.21 | 27.41 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 127.68 | 128.45 | 128.50 | 128.41 | 128.45 | 128.62 | 128.94 | 128.96 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 121.76 | 121.83 | 121.20 | 121.33 | 120.65 | 120.44 | 119.76 | 119.20 |
| K | Peso del Agua (I-H-L) | gr | 5.92 | 6.62 | 7.30 | 7.08 | 7.80 | 8.18 | 9.18 | 9.76 |
| L | Peso Muestra seca (J-H) | gr | 94.13 | 94.46 | 93.79 | 93.84 | 93.54 | 93.05 | 92.55 | 91.79 |
| M | Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100) | % | 6.29 | 7.01 | 7.78 | 7.54 | 8.34 | 8.79 | 9.92 | 10.63 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 6.65 | | 7.66 | | 8.56 | | 10.28 | |
| O | Densidad Seca Máxima; Ds | gr/cm ³ | 1.653 | 1.673 | 1.687 | 1.687 | 1.687 | 1.691 | 1.691 | 1.691 |

CURVA DE COMPACTACION



| | | |
|---|---|--|
| OBSERVACIONES: | | |
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tullio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 02-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 35 Protocolo Proctor Modificado adobe patrón

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | |
|---|--|-----------------|---------------------------|----------------------------------|
| PROTOCOLO | | | | |
| ENSAYO: | COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO ADOBE PATRÓN | | | |
| NORMA: | MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141 | | | |
| TESIS: | * Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023* | | | |
| CALICATA: | C-01 | ESTRATO: | E-01 | TIPO DE MATERIAL: Arcilla |
| UBICACIÓN: | Cruz Blanca | | COLOR DE MATERIAL: | Marrón |
| FECHA DE MUESTREO: | 15-09-2023 | | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| FECHA DE ENSAYO: | 30-10-2023 | | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martínez |

| COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| A | Peso Molde | gr | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | 4015.00 | | | | |
| B | Peso Muestra Húmeda + Molde | gr | 5720.00 | 5920.00 | 5998.00 | 6025.00 | | | | |
| C | Peso Muestra Húmeda (A-B) | gr | 1705.00 | 1905.00 | 1983.00 | 2010.00 | | | | |
| D | Volumen Muestra húmeda | cm ³ | 909.06 | 909.06 | 909.06 | 909.06 | | | | |
| F | Densidad húmeda; (Dh=C/D) | gr/cm ³ | 1.88 | 2.10 | 2.18 | 2.21 | | | | |
| G | Recipiente | Nº | a | b | a | b | a | b | | |
| H | Peso Recipiente | gr | 27.60 | 27.40 | 27.50 | 26.90 | 27.30 | 27.10 | 27.20 | 27.40 |
| I | Peso Muestra húmeda + Recipiente | gr | 125.60 | 124.40 | 125.40 | 125.10 | 126.00 | 126.30 | 126.20 | 127.00 |
| J | Peso Muestra Seca + Recipiente | gr | 118.60 | 117.30 | 117.10 | 116.20 | 116.50 | 115.40 | 114.90 | 114.50 |
| K | Peso del Agua (I-H-L) | gr | 7.00 | 7.10 | 8.30 | 8.90 | 9.50 | 10.90 | 11.30 | 12.50 |
| L | Peso Muestra seca (J-H) | gr | 91.00 | 89.90 | 89.60 | 89.30 | 89.20 | 88.30 | 87.70 | 87.10 |
| M | Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100) | % | 7.69 | 7.90 | 9.26 | 9.97 | 10.65 | 12.34 | 12.88 | 14.35 |
| N | Promedio Contenido de humedad Óptimo | % | 7.79 | | 9.61 | | 11.50 | | 13.62 | |
| O | Densidad Seca Máxima; D _s | gr/cm ³ | 1.740 | | 1.912 | | 1.956 | | 1.946 | |

CURVA DE COMPACTACIÓN



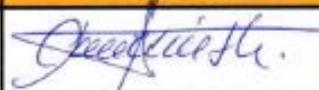
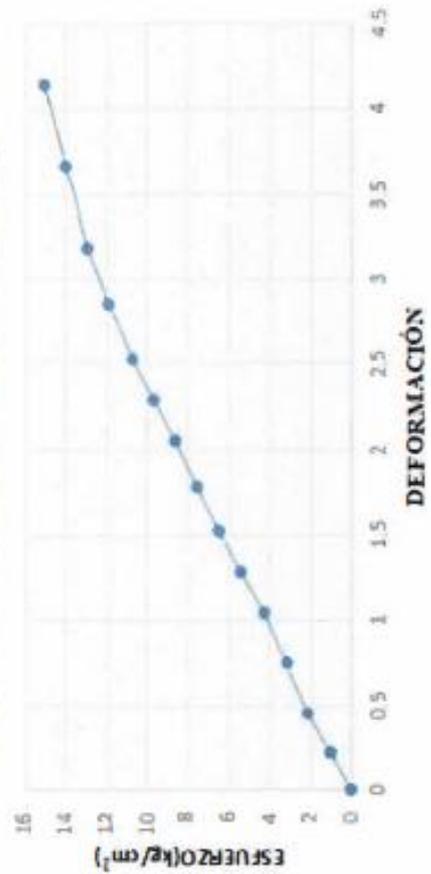
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE/ Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE/ Jorge Luis Hoyos Martínez | NOMBRE/ Tulio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 30-10-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 36 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-01

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | | |
|---|---|-------------------------------------|----------------------------|--|
| PROTOCOLO | | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | | |
| NORMA | E 0.80 | | | |
| TESIS | "Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | | |
| ID. MORTERO (especimen): | A5% - 01 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.730 | |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 10-11-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.747 | |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 231.965 | |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro | |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martínez | |

| N° | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | ϵ |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.2265 | 1.0777 | 0.0215 |
| 3 | 500 | 0.4530 | 2.1555 | 0.0430 |
| 4 | 750 | 0.7475 | 3.2332 | 0.0710 |
| 5 | 1000 | 1.0420 | 4.3110 | 0.0990 |
| 6 | 1250 | 1.2805 | 5.3887 | 0.1216 |
| 7 | 1500 | 1.5190 | 6.4665 | 0.1443 |
| 8 | 1750 | 1.7850 | 7.5442 | 0.1695 |
| 9 | 2000 | 2.0510 | 8.6220 | 0.1948 |
| 10 | 2250 | 2.2905 | 9.6997 | 0.2175 |
| 11 | 2500 | 2.5300 | 10.7775 | 0.2403 |
| 12 | 2750 | 2.8555 | 11.8552 | 0.2712 |
| 13 | 3000 | 3.1810 | 12.9330 | 0.3021 |
| 14 | 3250 | 3.6610 | 14.0107 | 0.3477 |
| 15 | 3500 | 4.1410 | 15.0885 | 0.3933 |
| 16 | 3587 | | 15.4635 | |

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:

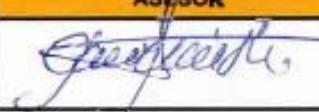
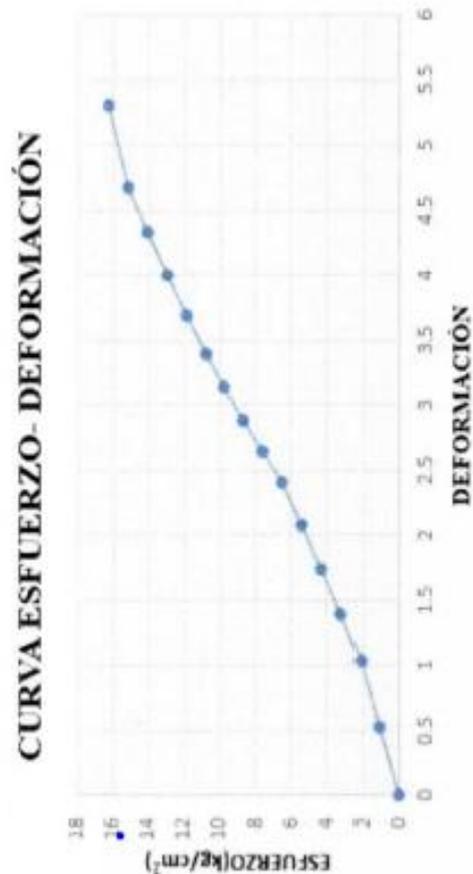
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|---|---|--|
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Marriucz | NOMBRE: Julio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: 07-11-2023 | FECHA: 07-11-2023 |

Figura 37 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-02

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | " Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | |
| ID. MORTERO (especimen): | A5% - 02 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.670 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.733 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 230.871 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez |

| Nº | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | cu |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.5195 | 1.0829 | 0.0494 |
| 3 | 500 | 1.0390 | 2.1657 | 0.0988 |
| 4 | 750 | 1.3850 | 3.2486 | 0.1317 |
| 5 | 1000 | 1.7310 | 4.3314 | 0.1647 |
| 6 | 1250 | 2.0720 | 5.4143 | 0.1971 |
| 7 | 1500 | 2.4130 | 6.4971 | 0.2295 |
| 8 | 1750 | 2.6515 | 7.5800 | 0.2522 |
| 9 | 2000 | 2.8900 | 8.6628 | 0.2749 |
| 10 | 2250 | 3.1405 | 9.7457 | 0.2987 |
| 11 | 2500 | 3.3910 | 10.8286 | 0.3226 |
| 12 | 2750 | 3.6940 | 11.9114 | 0.3514 |
| 13 | 3000 | 3.9970 | 12.9943 | 0.3802 |
| 14 | 3250 | 4.3340 | 14.0771 | 0.4123 |
| 15 | 3500 | 4.6710 | 15.1600 | 0.4443 |
| 16 | 3750 | 5.3060 | 16.2428 | 0.5047 |
| 17 | 3812 | | 16.5114 | |



OBSERVACIONES:

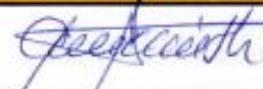
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tulio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 38 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-03

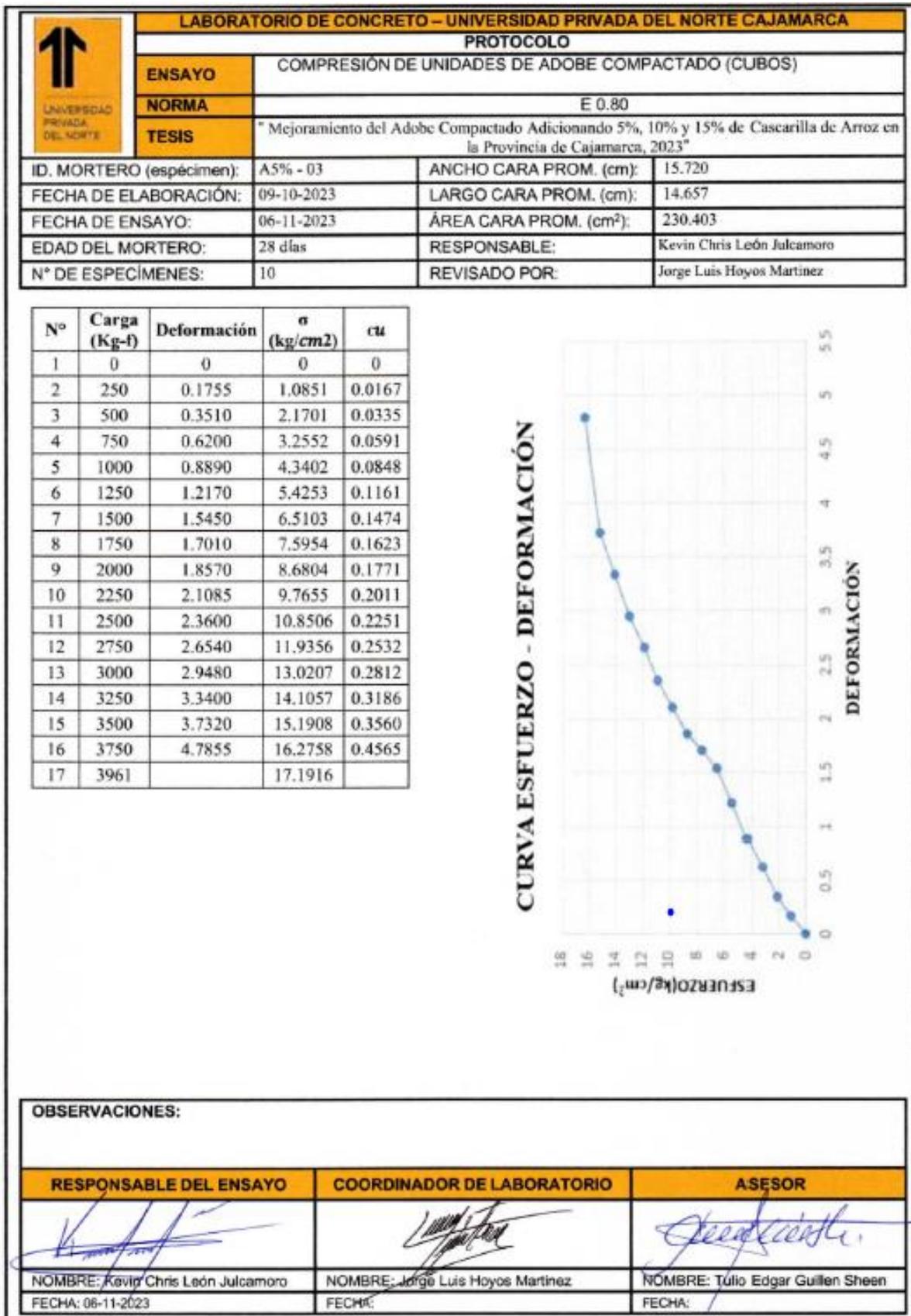
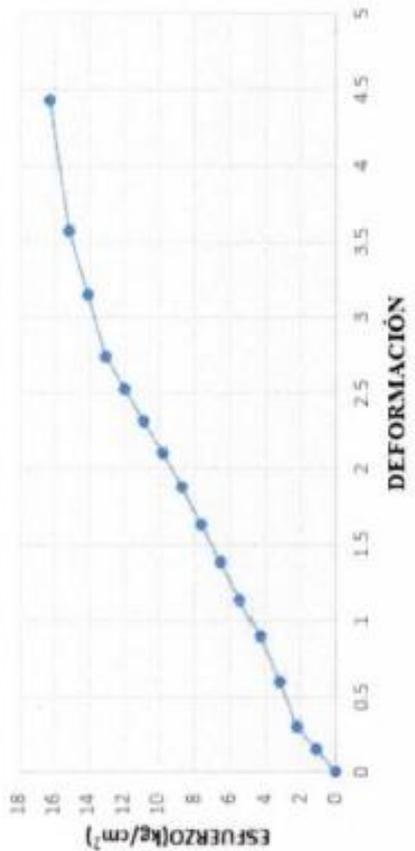


Figura 39 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-04

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|---|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | "Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | |
| ID. MORTERO (especimen): | A5% - 04 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.697 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.660 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 230.113 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martínez |

| Nº | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | cu |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.1510 | 1.0864 | 0.0144 |
| 3 | 500 | 0.3020 | 2.1728 | 0.0289 |
| 4 | 750 | 0.5985 | 3.2593 | 0.0572 |
| 5 | 1000 | 0.8950 | 4.3457 | 0.0856 |
| 6 | 1250 | 1.1365 | 5.4321 | 0.1087 |
| 7 | 1500 | 1.3780 | 6.5185 | 0.1318 |
| 8 | 1750 | 1.6290 | 7.6050 | 0.1558 |
| 9 | 2000 | 1.8800 | 8.6914 | 0.1798 |
| 10 | 2250 | 2.0995 | 9.7778 | 0.2008 |
| 11 | 2500 | 2.3190 | 10.8642 | 0.2218 |
| 12 | 2750 | 2.5290 | 11.9507 | 0.2418 |
| 13 | 3000 | 2.7390 | 13.0371 | 0.2619 |
| 14 | 3250 | 3.1550 | 14.1235 | 0.3017 |
| 15 | 3500 | 3.5710 | 15.2099 | 0.3415 |
| 16 | 3750 | 4.4365 | 16.2963 | 0.4243 |
| 17 | 3946 | | 17.1481 | |

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



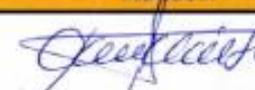
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martínez | NOMBRE: Tullio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 40 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-05

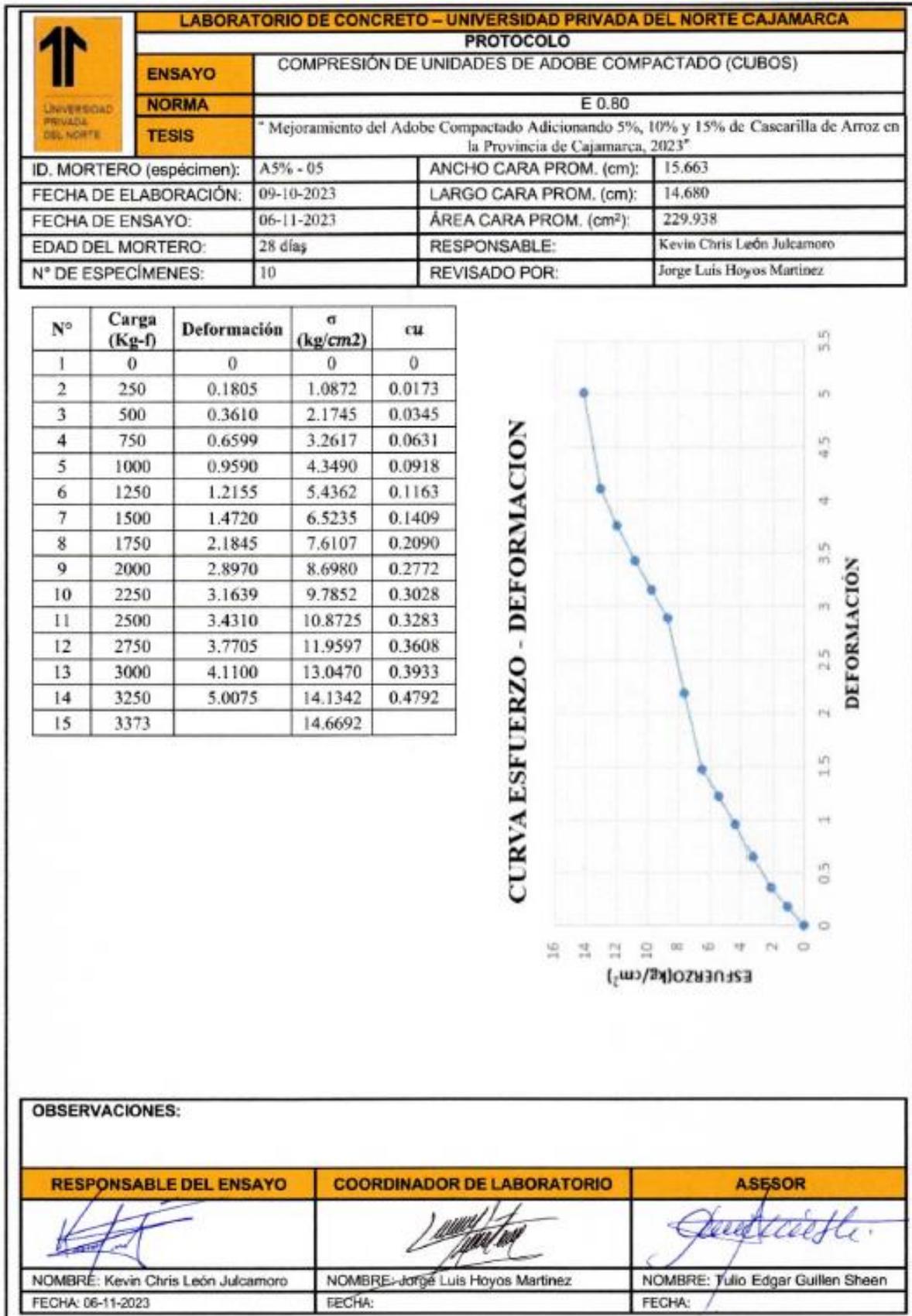
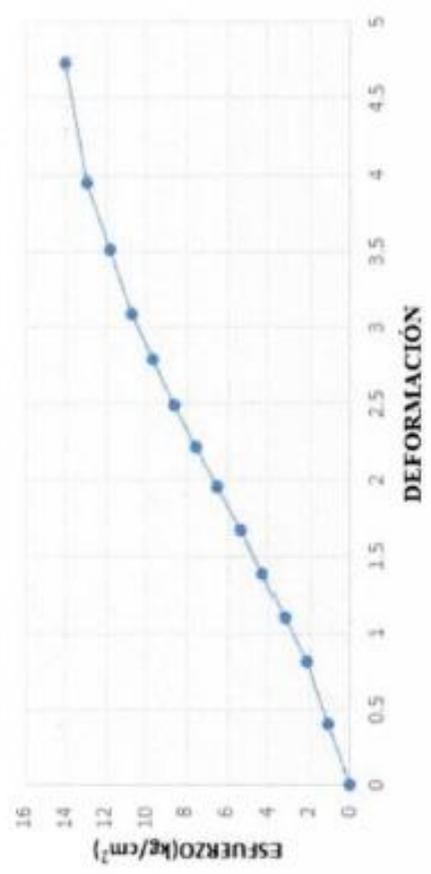


Figura 41 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-06

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | " Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | |
| ID. MORTERO (especimen): | A5% - 06 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.757 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.740 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 232.253 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez |

| Nº | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | cu |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.4055 | 1.0764 | 0.0387 |
| 3 | 500 | 0.8110 | 2.1528 | 0.0773 |
| 4 | 750 | 1.1000 | 3.2292 | 0.1049 |
| 5 | 1000 | 1.3890 | 4.3056 | 0.1324 |
| 6 | 1250 | 1.6700 | 5.3821 | 0.1592 |
| 7 | 1500 | 1.9510 | 6.4585 | 0.1860 |
| 8 | 1750 | 2.2180 | 7.5349 | 0.2115 |
| 9 | 2000 | 2.4850 | 8.6113 | 0.2370 |
| 10 | 2250 | 2.7840 | 9.6877 | 0.2655 |
| 11 | 2500 | 3.0830 | 10.7641 | 0.2940 |
| 12 | 2750 | 3.5140 | 11.8405 | 0.3351 |
| 13 | 3000 | 3.9450 | 12.9169 | 0.3762 |
| 14 | 3250 | 4.7345 | 13.9934 | 0.4515 |
| 15 | 3468 | | 14.9320 | |

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



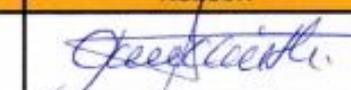
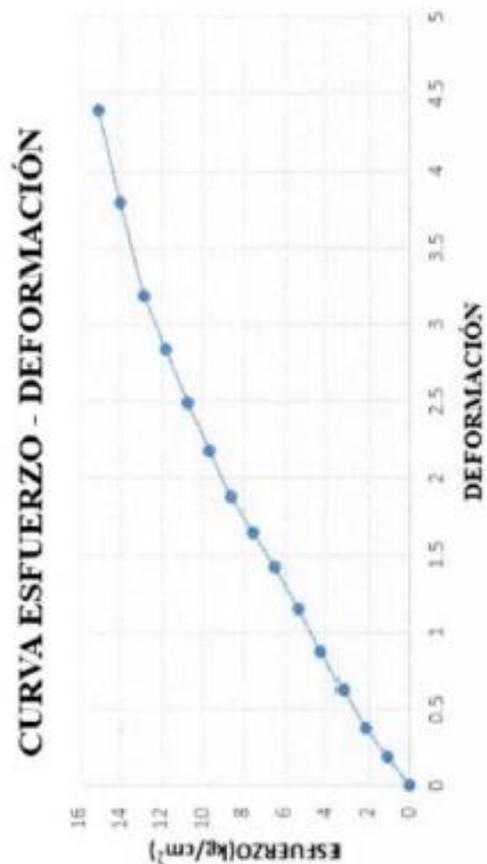
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tullio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 42 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-07

| | | | |
|---|---|--|----------------------------|
|  | LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | |
| | PROTOCOLO | | |
| | ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | |
| | NORMA | E 0.80 | |
| TESIS | "Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | |
| ID. MORTERO (especimen): | A5% - 07 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.753 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.750 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 232.362 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez |

| Nº | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | cu |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.1905 | 1.0759 | 0.0181 |
| 3 | 500 | 0.381 | 2.1518 | 0.0361 |
| 4 | 750 | 0.6295 | 3.2277 | 0.0597 |
| 5 | 1000 | 0.878 | 4.3036 | 0.0832 |
| 6 | 1250 | 1.1485 | 5.3795 | 0.1088 |
| 7 | 1500 | 1.419 | 6.4554 | 0.1345 |
| 8 | 1750 | 1.649 | 7.5314 | 0.1563 |
| 9 | 2000 | 1.879 | 8.6073 | 0.1781 |
| 10 | 2250 | 2.1855 | 9.6832 | 0.2071 |
| 11 | 2500 | 2.492 | 10.7591 | 0.2361 |
| 12 | 2750 | 2.8405 | 11.8350 | 0.2692 |
| 13 | 3000 | 3.189 | 12.9109 | 0.3022 |
| 14 | 3250 | 3.791 | 13.9868 | 0.3592 |
| 15 | 3500 | 4.393 | 15.0627 | 0.4163 |
| 16 | 3742 | | 16.1042 | |



OBSERVACIONES:

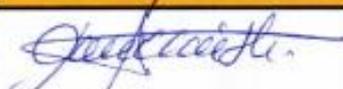
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tullio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 43 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-08

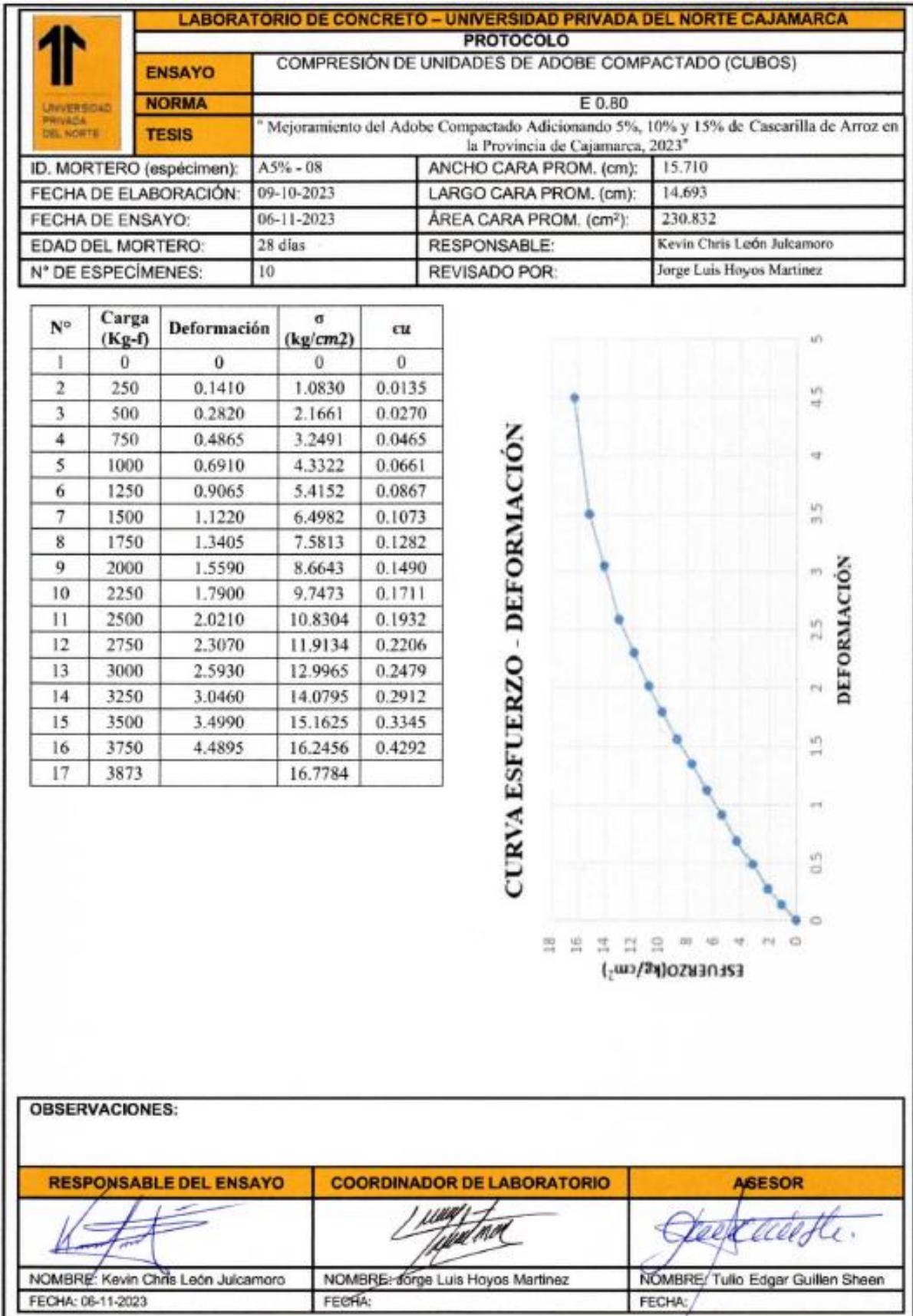


Figura 44 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-09

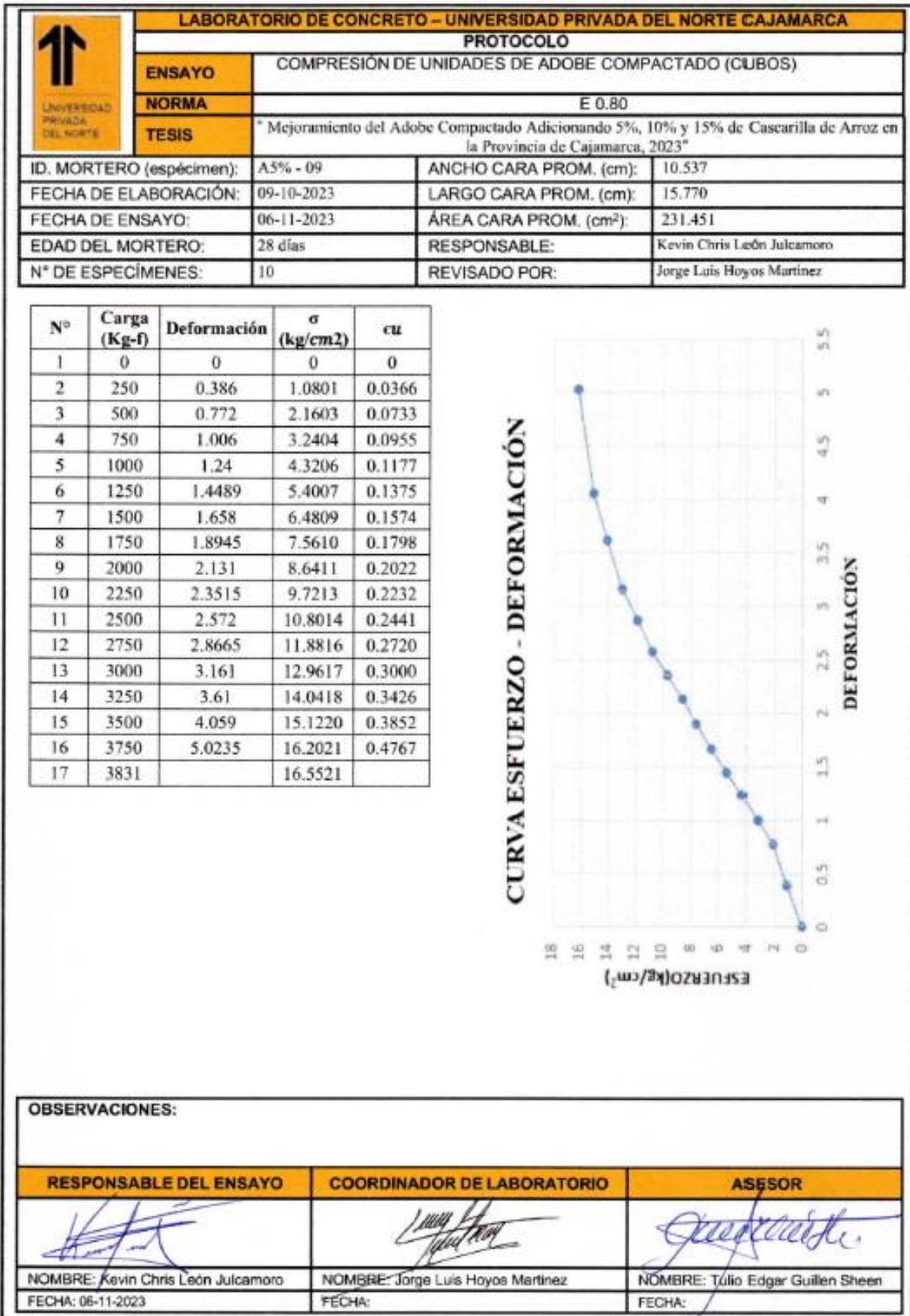


Figura 45 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A5%-10

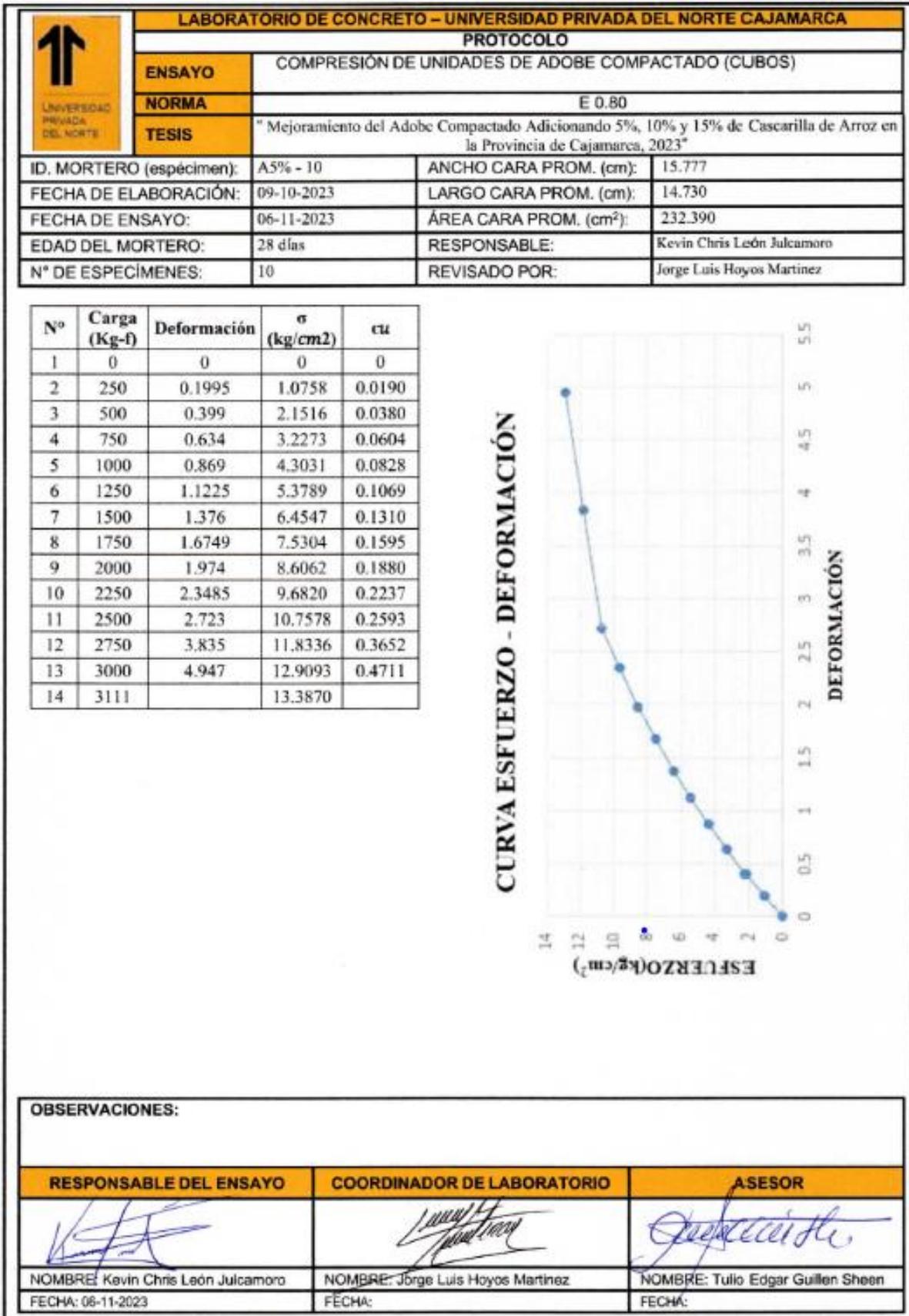


Figura 46 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-01

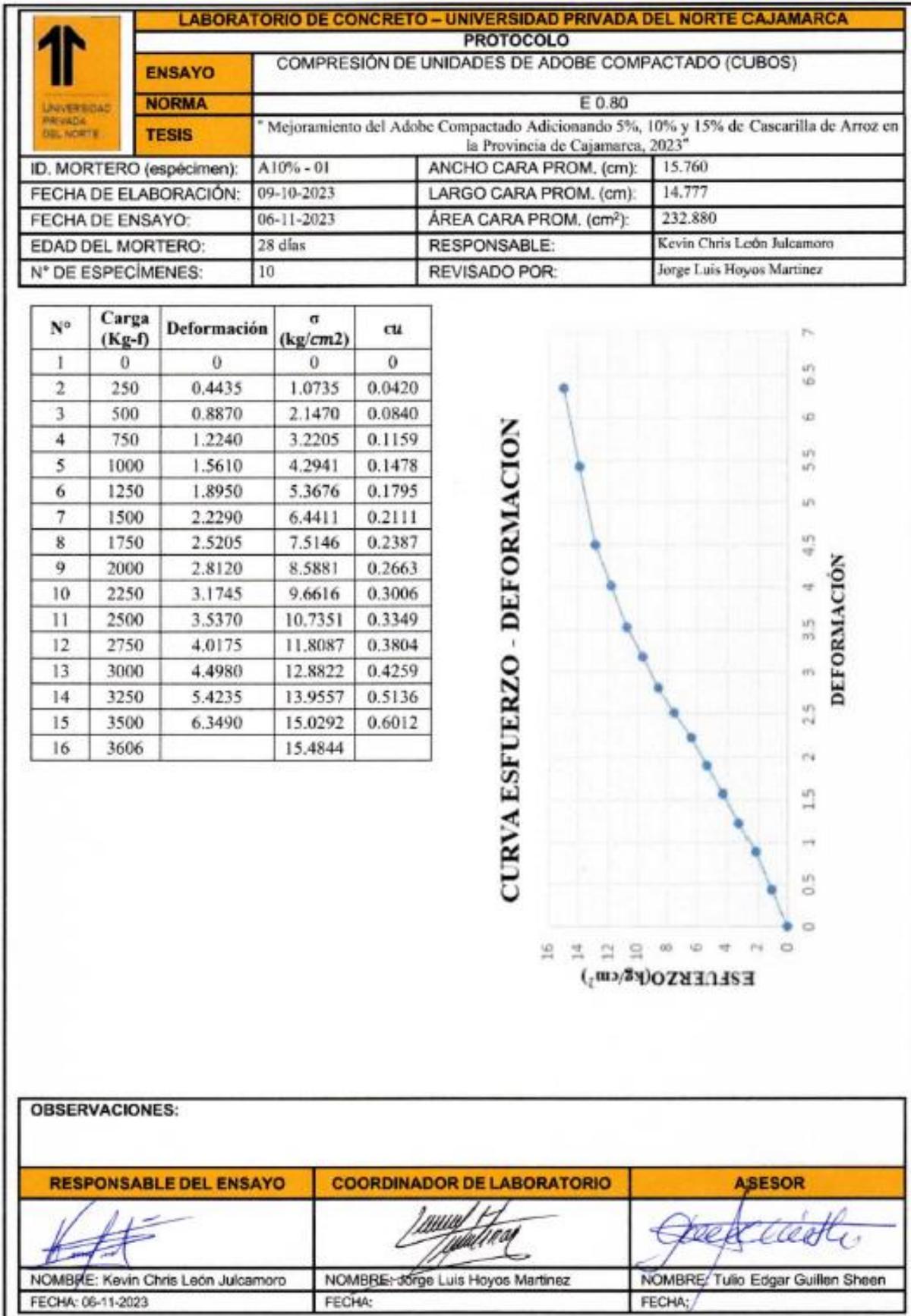


Figura 47 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-02

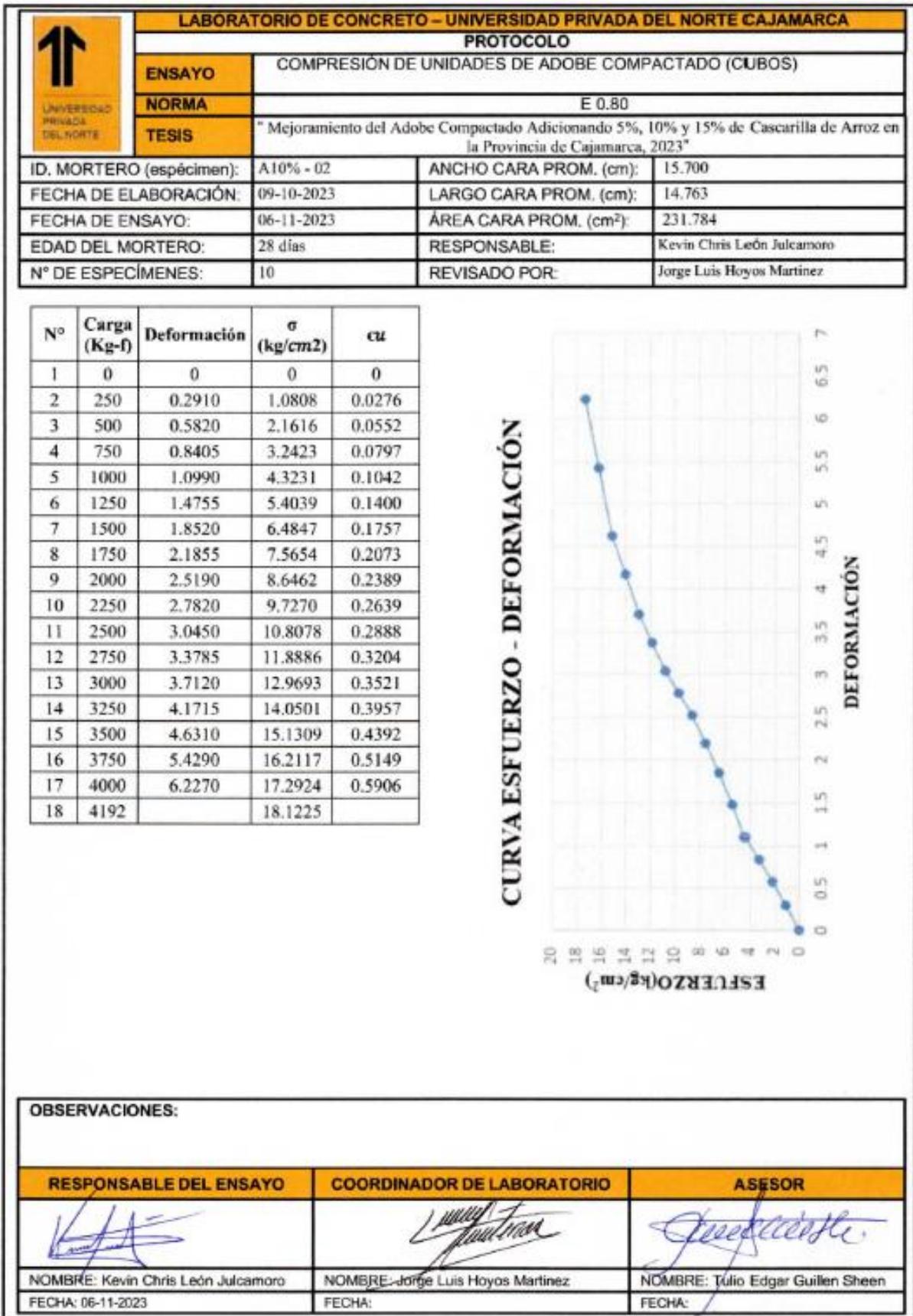
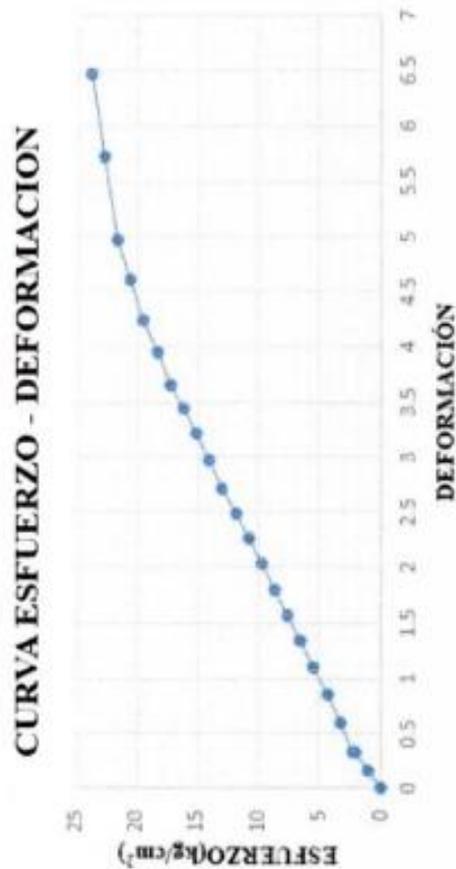


Figura 48 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-03

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOKOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | " Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | |
| ID. MORTERO (especimen): | A10% - 03 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.750 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.687 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 231.315 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez |

| Nº | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | cu |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.1630 | 1.0808 | 0.0155 |
| 3 | 500 | 0.3260 | 2.1616 | 0.0310 |
| 4 | 750 | 0.5870 | 3.2423 | 0.0558 |
| 5 | 1000 | 0.8480 | 4.3231 | 0.0807 |
| 6 | 1250 | 1.0910 | 5.4039 | 0.1038 |
| 7 | 1500 | 1.3340 | 6.4847 | 0.1269 |
| 8 | 1750 | 1.5650 | 7.5654 | 0.1489 |
| 9 | 2000 | 1.7960 | 8.6462 | 0.1708 |
| 10 | 2250 | 2.0320 | 9.7270 | 0.1933 |
| 11 | 2500 | 2.2680 | 10.8078 | 0.2157 |
| 12 | 2750 | 2.4945 | 11.8886 | 0.2373 |
| 13 | 3000 | 2.7210 | 12.9693 | 0.2588 |
| 14 | 3250 | 2.9710 | 14.0501 | 0.2826 |
| 15 | 3500 | 3.2210 | 15.1309 | 0.3064 |
| 16 | 3750 | 3.4395 | 16.2117 | 0.3272 |
| 17 | 4000 | 3.6580 | 17.2924 | 0.3480 |
| 18 | 4250 | 3.9465 | 18.3732 | 0.3754 |
| 19 | 4500 | 4.2350 | 19.4540 | 0.4028 |
| 20 | 4750 | 4.6070 | 20.5348 | 0.4382 |
| 21 | 5000 | 4.9790 | 21.6155 | 0.4736 |
| 22 | 5250 | 5.7245 | 22.6963 | 0.5445 |
| 23 | 5500 | 6.4700 | 23.7771 | 0.6154 |
| 24 | 5632 | | 24.3478 | |



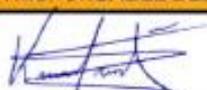
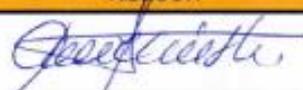
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tulio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 49 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-04

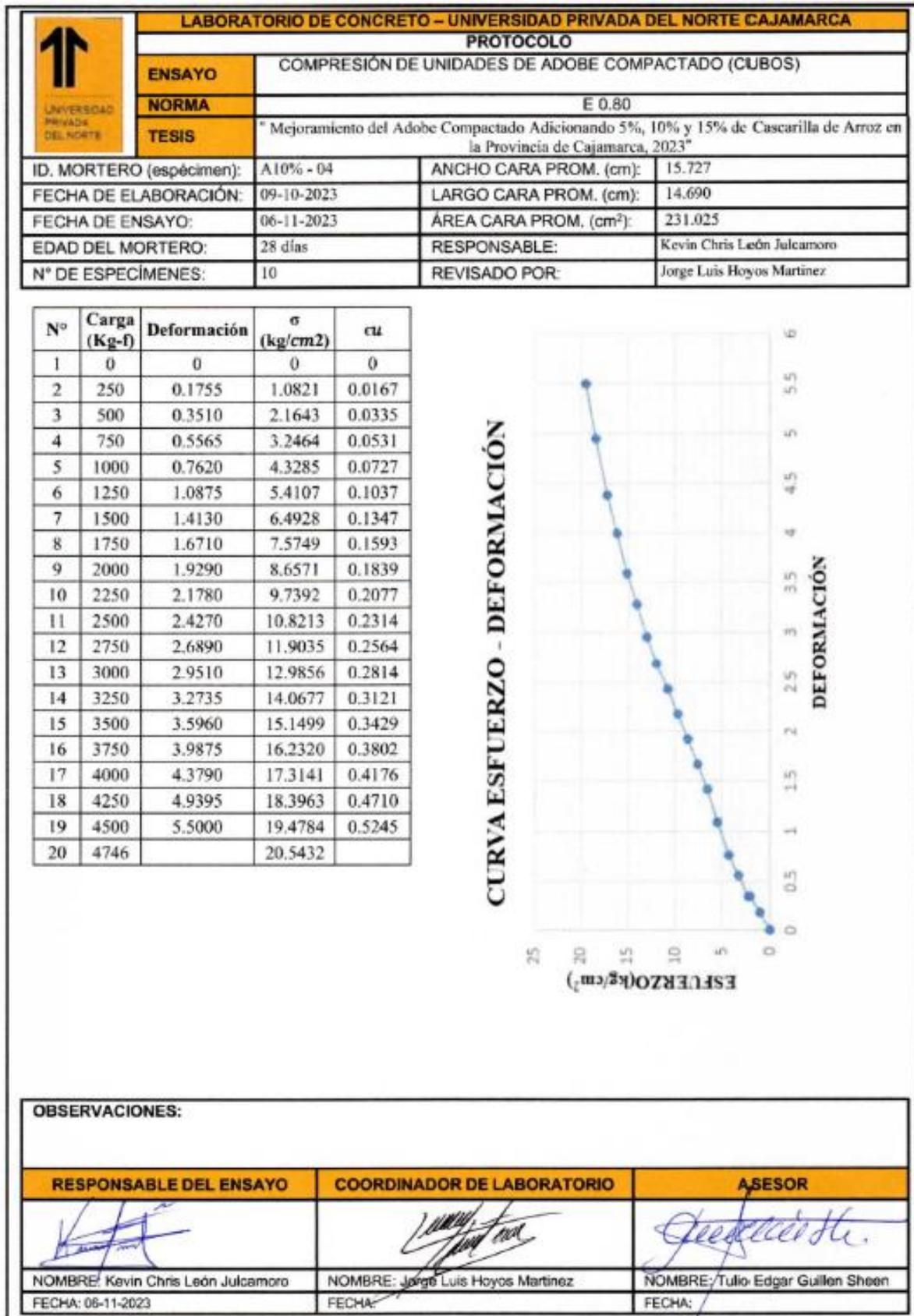


Figura 50 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-05

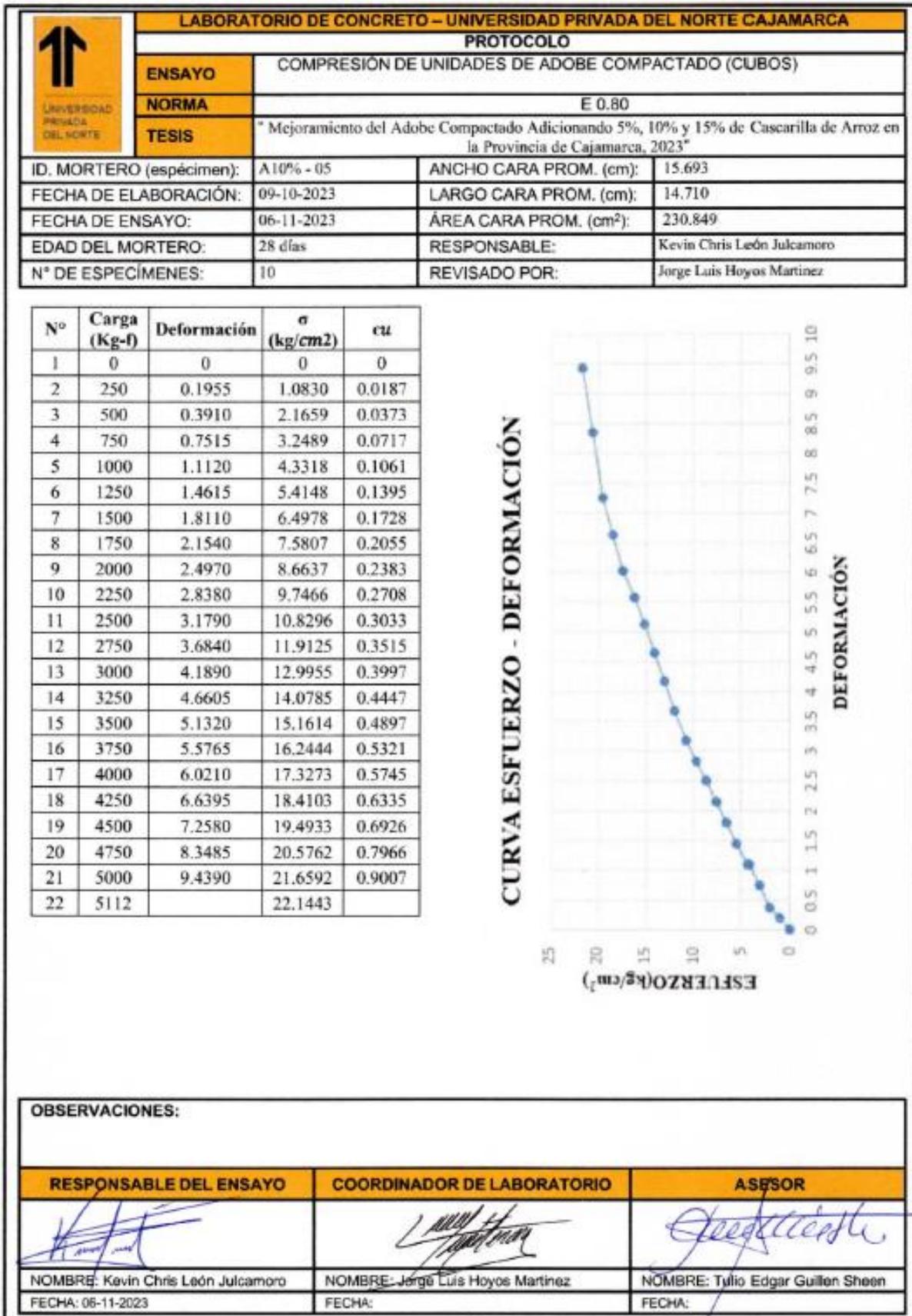


Figura 51 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-06

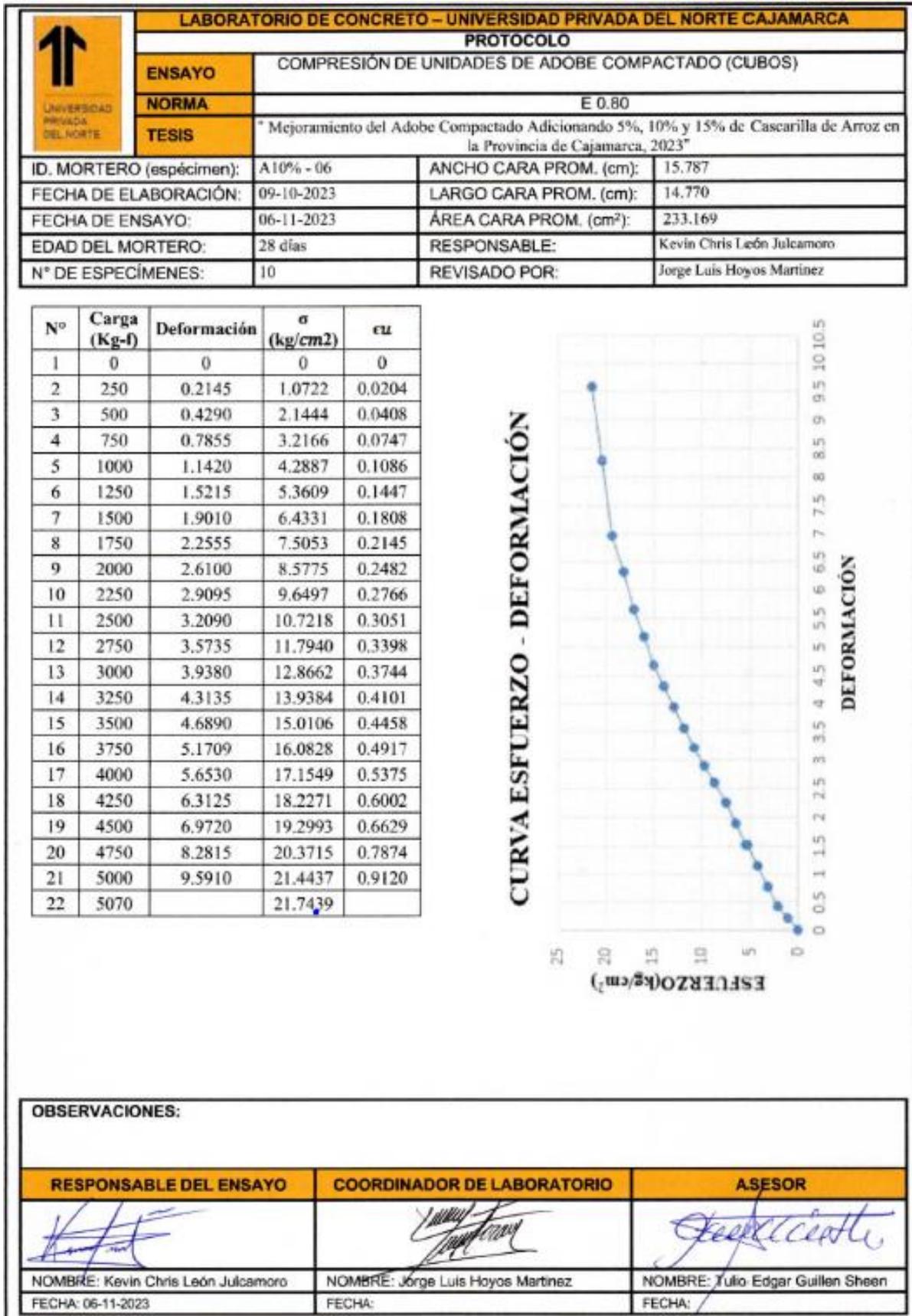


Figura 52 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-07

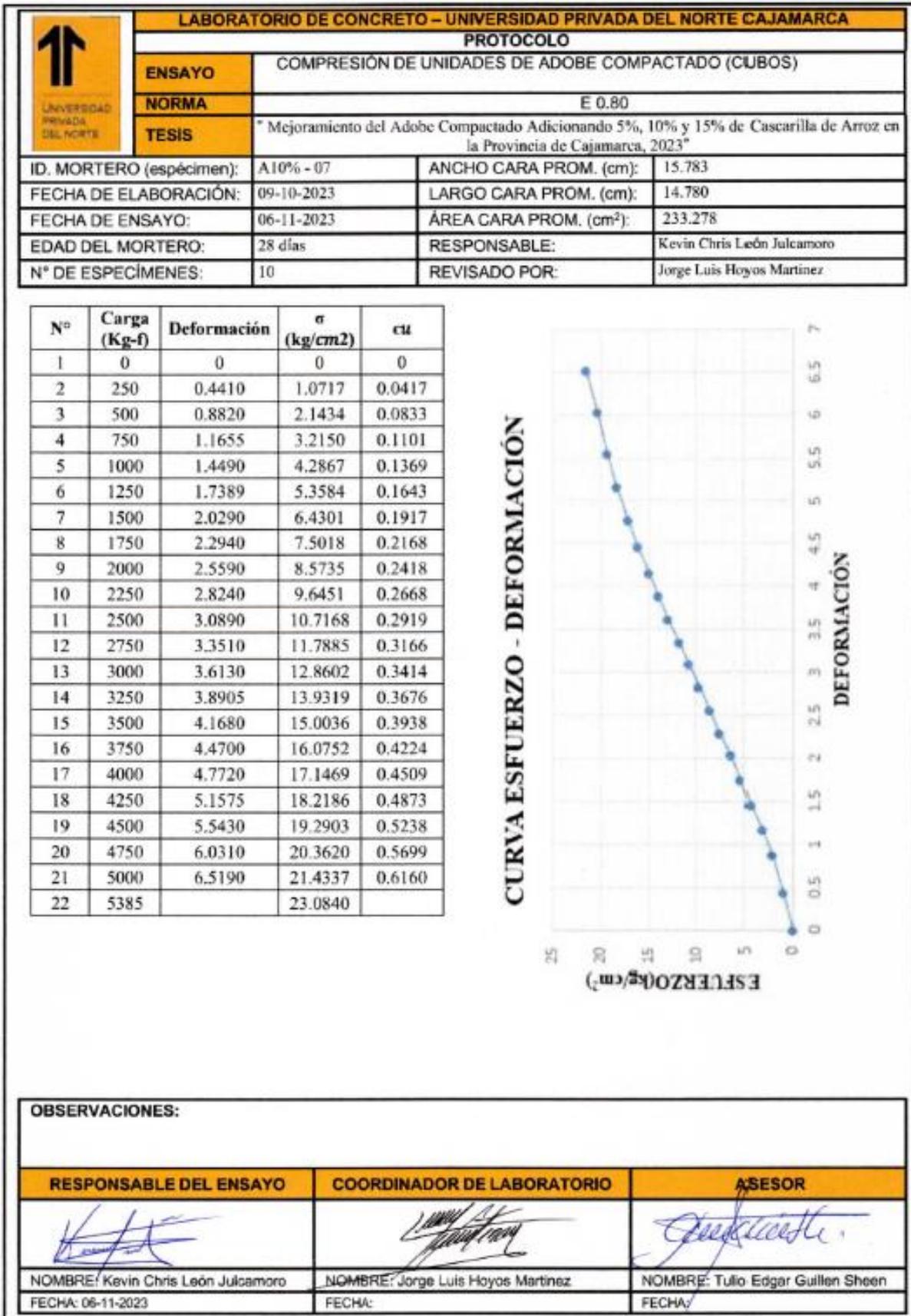
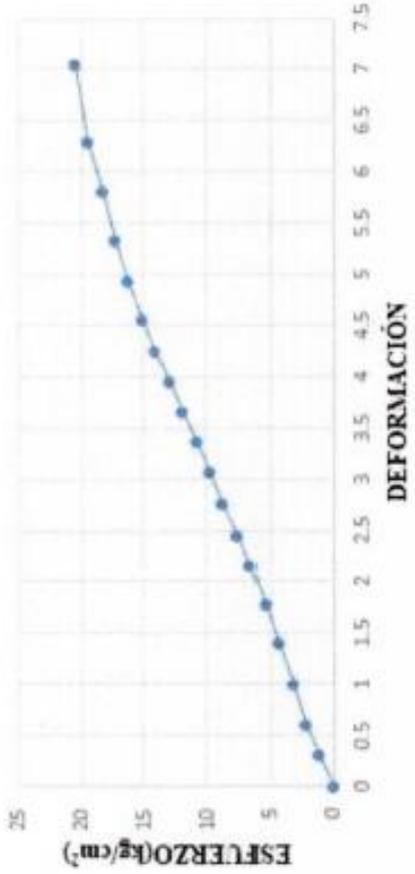


Figura 53 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-08

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|--|----------------------------|
|  | PROTOCOLO | | |
| | ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | |
| | NORMA | E 0.80 | |
| TESIS | " Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | |
| ID. MORTERO (especímen): | A10% - 08 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.740 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.723 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 231.745 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez |

| Nº | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | ϵ |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.3085 | 1.0788 | 0.0294 |
| 3 | 500 | 0.6170 | 2.1575 | 0.0588 |
| 4 | 750 | 1.0145 | 3.2363 | 0.0967 |
| 5 | 1000 | 1.4120 | 4.3151 | 0.1346 |
| 6 | 1250 | 1.7820 | 5.3939 | 0.1699 |
| 7 | 1500 | 2.1520 | 6.4726 | 0.2051 |
| 8 | 1750 | 2.4565 | 7.5514 | 0.2342 |
| 9 | 2000 | 2.7610 | 8.6302 | 0.2632 |
| 10 | 2250 | 3.0670 | 9.7089 | 0.2924 |
| 11 | 2500 | 3.3730 | 10.7877 | 0.3215 |
| 12 | 2750 | 3.6625 | 11.8665 | 0.3491 |
| 13 | 3000 | 3.9520 | 12.9453 | 0.3767 |
| 14 | 3250 | 4.2555 | 14.0240 | 0.4057 |
| 15 | 3500 | 4.5590 | 15.1028 | 0.4346 |
| 16 | 3750 | 4.9445 | 16.1816 | 0.4714 |
| 17 | 4000 | 5.3300 | 17.2604 | 0.5081 |
| 18 | 4250 | 5.8140 | 18.3391 | 0.5542 |
| 19 | 4500 | 6.2980 | 19.4179 | 0.6004 |
| 20 | 4750 | 7.0585 | 20.4967 | 0.6729 |
| 21 | 4798 | | 20.7038 | |

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:

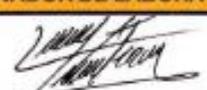
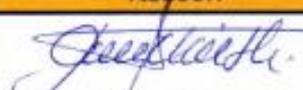
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tullio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 54 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-09

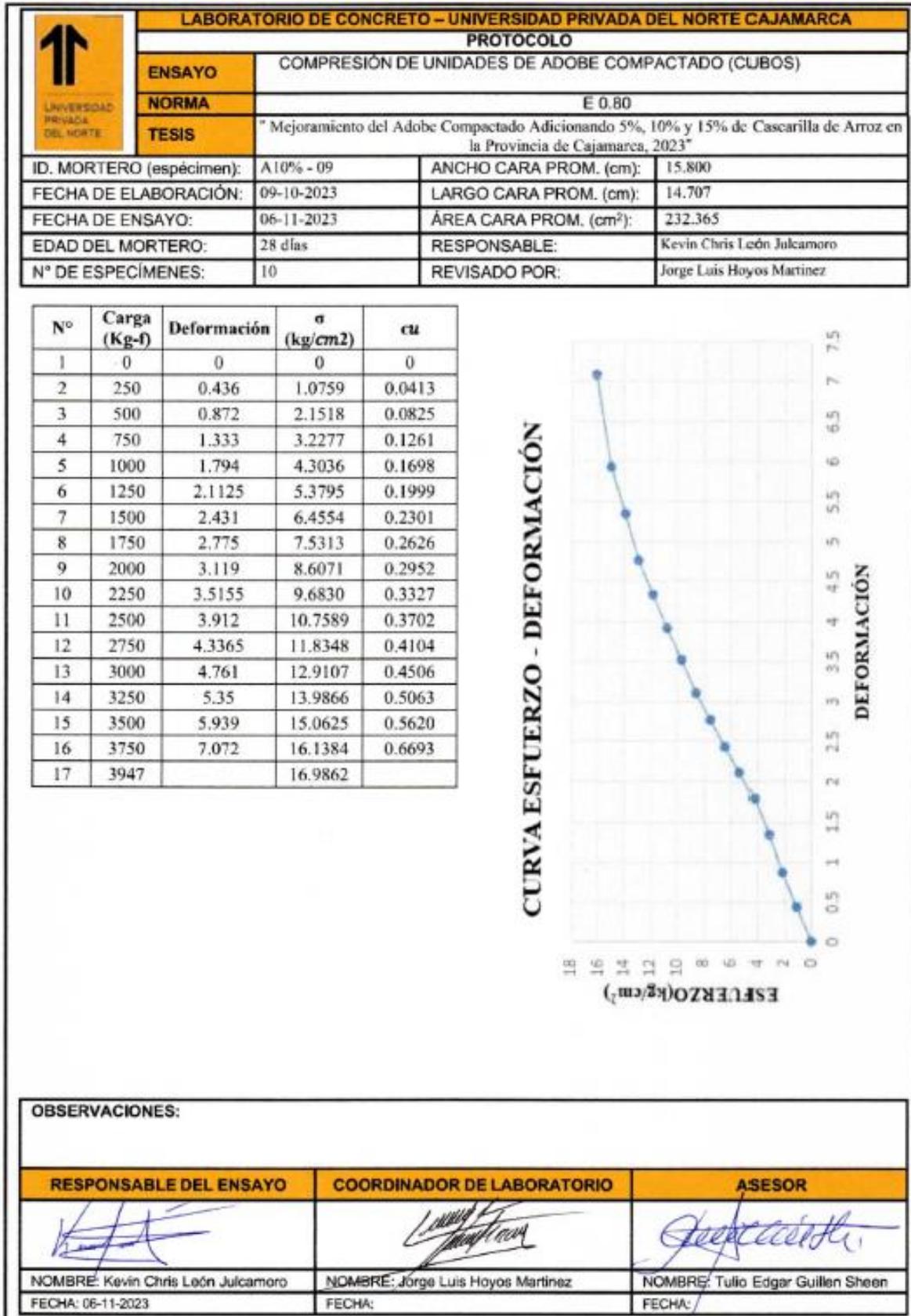
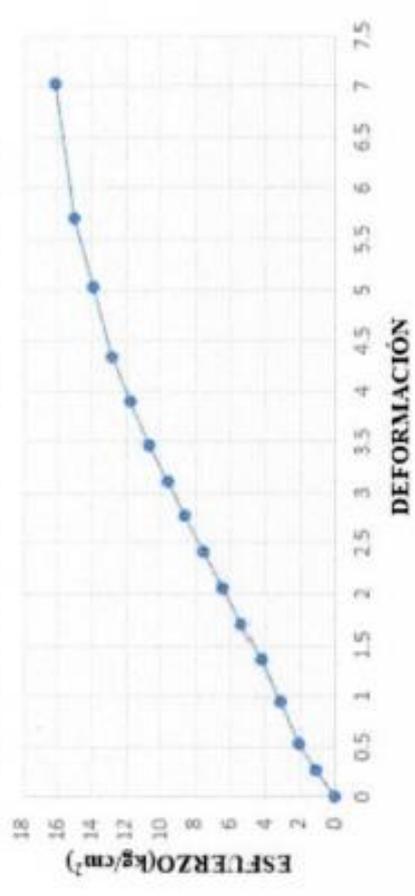


Figura 55 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A10%-10

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|---|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | "Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | |
| ID. MORTERO (especimen): | A10% - 10 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.807 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.760 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 233.306 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martínez |

| Nº | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | cu |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.2615 | 1.0716 | 0.0248 |
| 3 | 500 | 0.5230 | 2.1431 | 0.0497 |
| 4 | 750 | 0.9390 | 3.2147 | 0.0892 |
| 5 | 1000 | 1.3550 | 4.2862 | 0.1287 |
| 6 | 1250 | 1.7070 | 5.3578 | 0.1621 |
| 7 | 1500 | 2.0590 | 6.4293 | 0.1955 |
| 8 | 1750 | 2.4105 | 7.5009 | 0.2289 |
| 9 | 2000 | 2.7620 | 8.5724 | 0.2623 |
| 10 | 2250 | 3.1165 | 9.6440 | 0.2960 |
| 11 | 2500 | 3.4710 | 10.7155 | 0.3296 |
| 12 | 2750 | 3.9040 | 11.7871 | 0.3708 |
| 13 | 3000 | 4.3370 | 12.8586 | 0.4119 |
| 14 | 3250 | 5.0230 | 13.9302 | 0.4770 |
| 15 | 3500 | 5.7090 | 15.0018 | 0.5422 |
| 16 | 3750 | 7.0185 | 16.0733 | 0.6665 |
| 17 | 3821 | | 16.3776 | |

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



DEFORMACIÓN

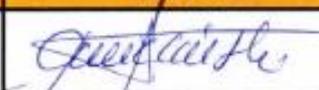
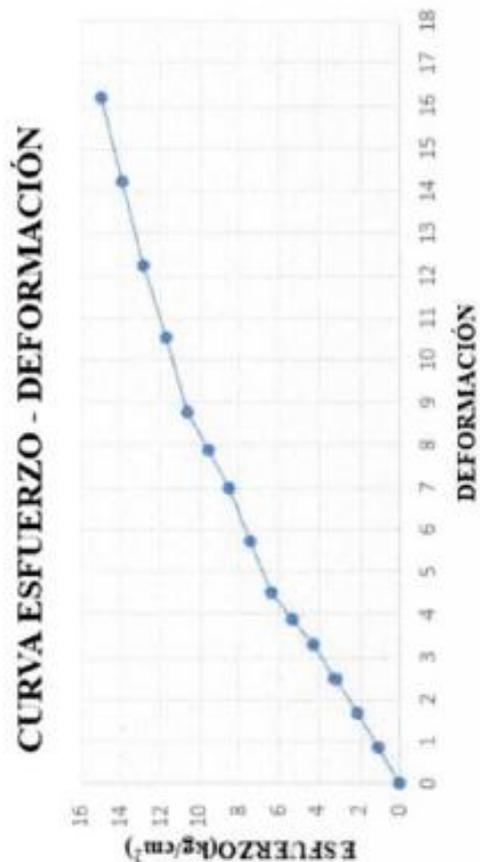
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martínez | NOMBRE: Tulio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 56 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-01

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|---|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOKOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | "Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | |
| ID. MORTERO (especimen): | A15% - 01 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.790 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.807 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 233.797 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martínez |

| N° | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | ϵ |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.8445 | 1.0693 | 0.0797 |
| 3 | 500 | 1.6890 | 2.1386 | 0.1595 |
| 4 | 750 | 2.4895 | 3.2079 | 0.2351 |
| 5 | 1000 | 3.2900 | 4.2772 | 0.3107 |
| 6 | 1250 | 3.9000 | 5.3465 | 0.3683 |
| 7 | 1500 | 4.5100 | 6.4158 | 0.4259 |
| 8 | 1750 | 5.7385 | 7.4851 | 0.5419 |
| 9 | 2000 | 6.9670 | 8.5544 | 0.6579 |
| 10 | 2250 | 7.8780 | 9.6237 | 0.7439 |
| 11 | 2500 | 8.7890 | 10.6930 | 0.8299 |
| 12 | 2750 | 10.5200 | 11.7623 | 0.9934 |
| 13 | 3000 | 12.2510 | 12.8316 | 1.1568 |
| 14 | 3250 | 14.2350 | 13.9009 | 1.3442 |
| 15 | 3500 | 16.2190 | 14.9703 | 1.5315 |
| 16 | 3933 | | 16.8223 | |



OBSERVACIONES:

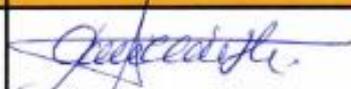
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martínez | NOMBRE: Tulio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 57 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-02

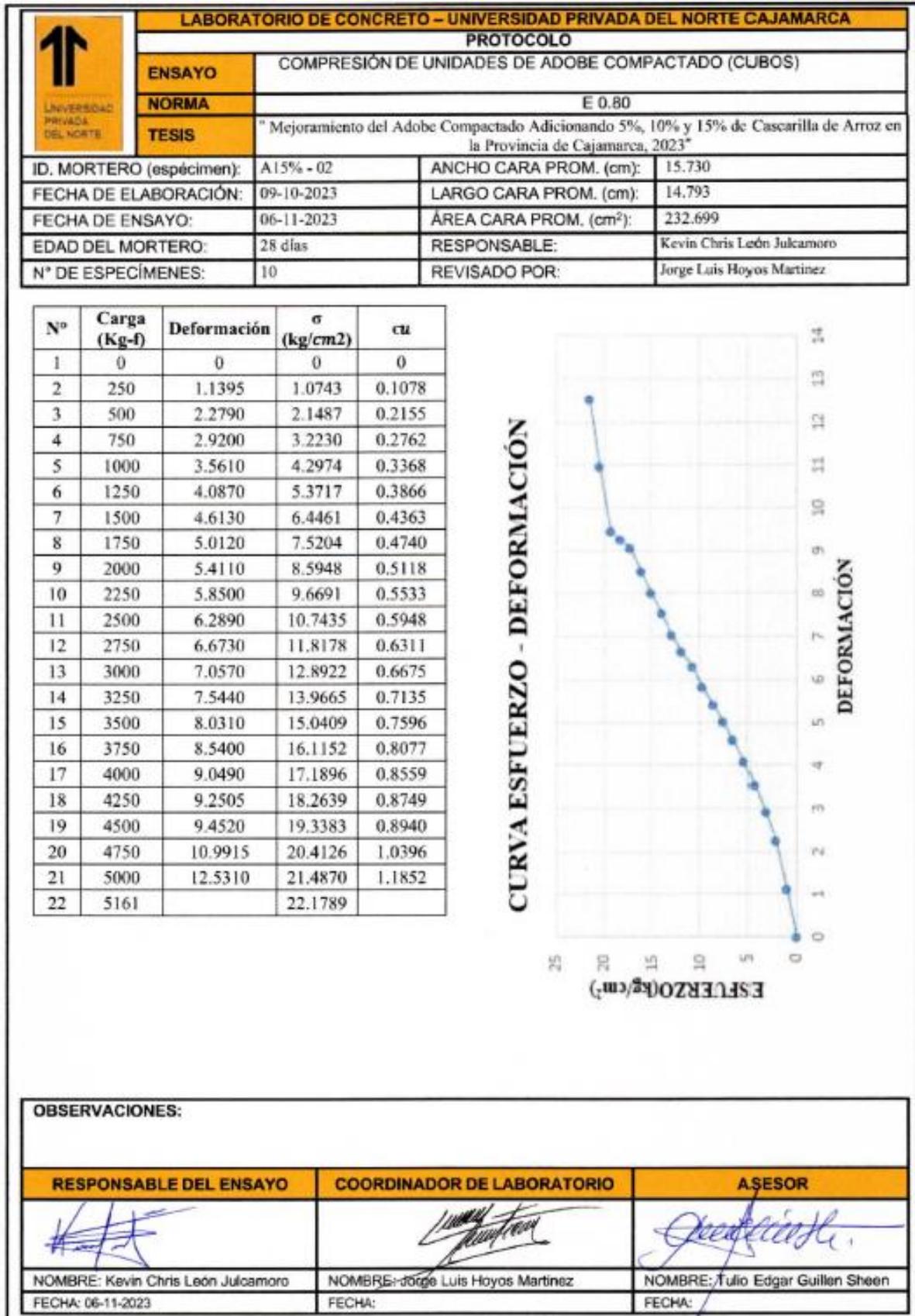
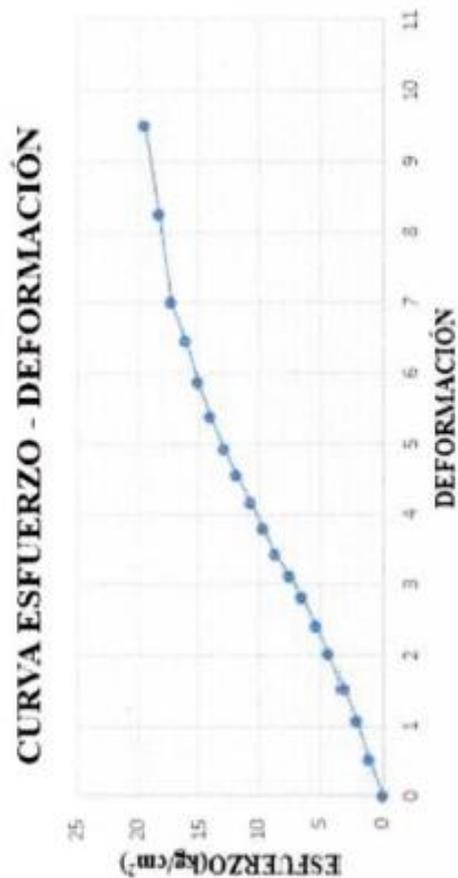


Figura 58 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-03

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | * Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023* | | |
| ID. MORTERO (especimen): | A15% - 03 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.780 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.717 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 232.229 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez |

| Nº | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | cu |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.5355 | 1.0765 | 0.0508 |
| 3 | 500 | 1.0710 | 2.1530 | 0.1016 |
| 4 | 750 | 1.5510 | 3.2296 | 0.1471 |
| 5 | 1000 | 2.0310 | 4.3061 | 0.1926 |
| 6 | 1250 | 2.4245 | 5.3826 | 0.2300 |
| 7 | 1500 | 2.8180 | 6.4591 | 0.2673 |
| 8 | 1750 | 3.1335 | 7.5357 | 0.2972 |
| 9 | 2000 | 3.4490 | 8.6122 | 0.3271 |
| 10 | 2250 | 3.8150 | 9.6887 | 0.3619 |
| 11 | 2500 | 4.1810 | 10.7652 | 0.3966 |
| 12 | 2750 | 4.5560 | 11.8418 | 0.4321 |
| 13 | 3000 | 4.9310 | 12.9183 | 0.4677 |
| 14 | 3250 | 5.4005 | 13.9948 | 0.5122 |
| 15 | 3500 | 5.8700 | 15.0713 | 0.5568 |
| 16 | 3750 | 6.4460 | 16.1479 | 0.6114 |
| 17 | 4000 | 7.0220 | 17.2244 | 0.6660 |
| 18 | 4250 | 8.2765 | 18.3009 | 0.7850 |
| 19 | 4500 | 9.5310 | 19.3774 | 0.9040 |
| 20 | 4699 | | 20.2343 | |



OBSERVACIONES:

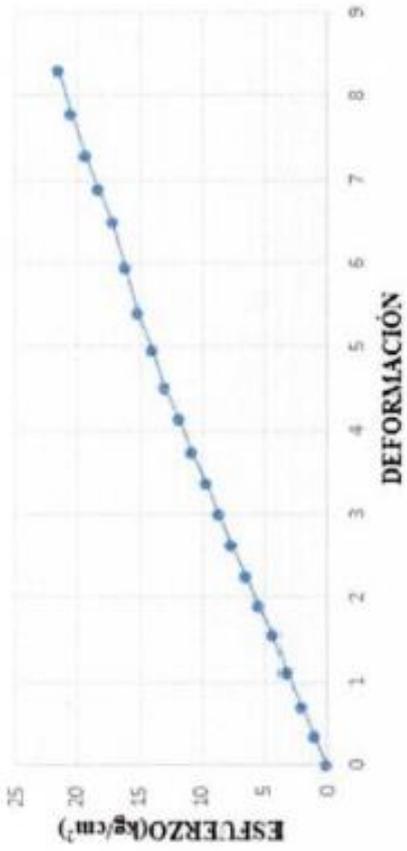
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | | |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tullio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 59 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-04

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | * Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023* | | |
| ID. MORTERO (especimen): | A15% - 04 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.757 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.720 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 231.938 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martínez |

| N° | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | ϵ |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.3455 | 1.0779 | 0.0329 |
| 3 | 500 | 0.6910 | 2.1557 | 0.0657 |
| 4 | 750 | 1.1210 | 3.2336 | 0.1066 |
| 5 | 1000 | 1.5510 | 4.3115 | 0.1475 |
| 6 | 1250 | 1.9015 | 5.3894 | 0.1808 |
| 7 | 1500 | 2.2520 | 6.4672 | 0.2141 |
| 8 | 1750 | 2.6225 | 7.5451 | 0.2494 |
| 9 | 2000 | 2.9930 | 8.6230 | 0.2846 |
| 10 | 2250 | 3.3715 | 9.7009 | 0.3206 |
| 11 | 2500 | 3.7500 | 10.7787 | 0.3566 |
| 12 | 2750 | 4.1295 | 11.8566 | 0.3926 |
| 13 | 3000 | 4.5090 | 12.9345 | 0.4287 |
| 14 | 3250 | 4.9580 | 14.0124 | 0.4714 |
| 15 | 3500 | 5.4070 | 15.0902 | 0.5141 |
| 16 | 3750 | 5.9480 | 16.1681 | 0.5656 |
| 17 | 4000 | 6.4890 | 17.2460 | 0.6170 |
| 18 | 4250 | 6.8940 | 18.3239 | 0.6555 |
| 19 | 4500 | 7.2990 | 19.4017 | 0.6940 |
| 20 | 4750 | 7.7995 | 20.4796 | 0.7416 |
| 21 | 5000 | 8.3000 | 21.5575 | 0.7892 |
| 22 | 5118 | | 22.0662 | |

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



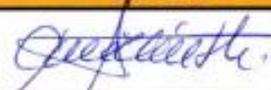
| OBSERVACIONES: | | |
|---|--|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martínez | NOMBRE/ Tulio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 60 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-05

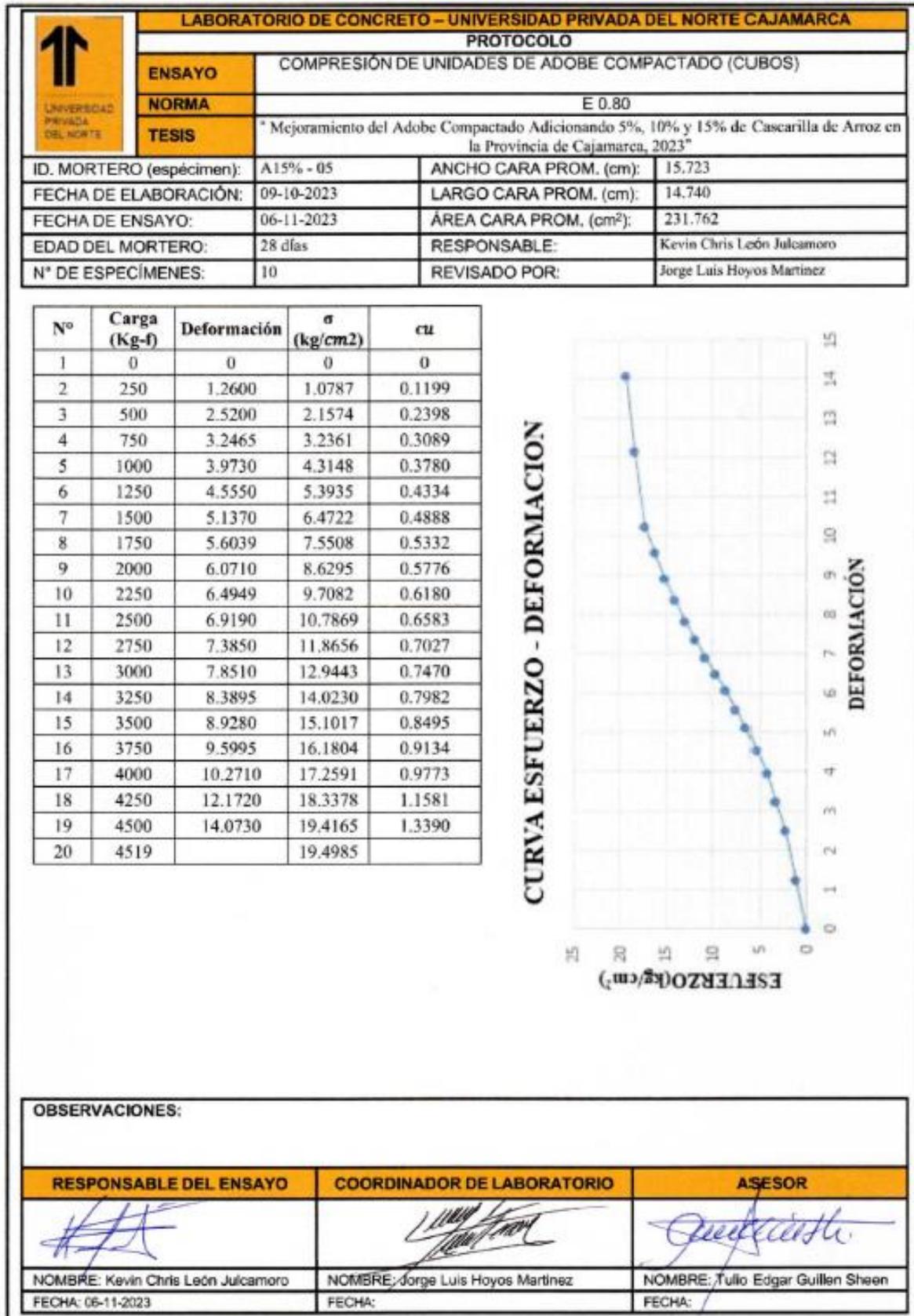


Figura 61 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-06

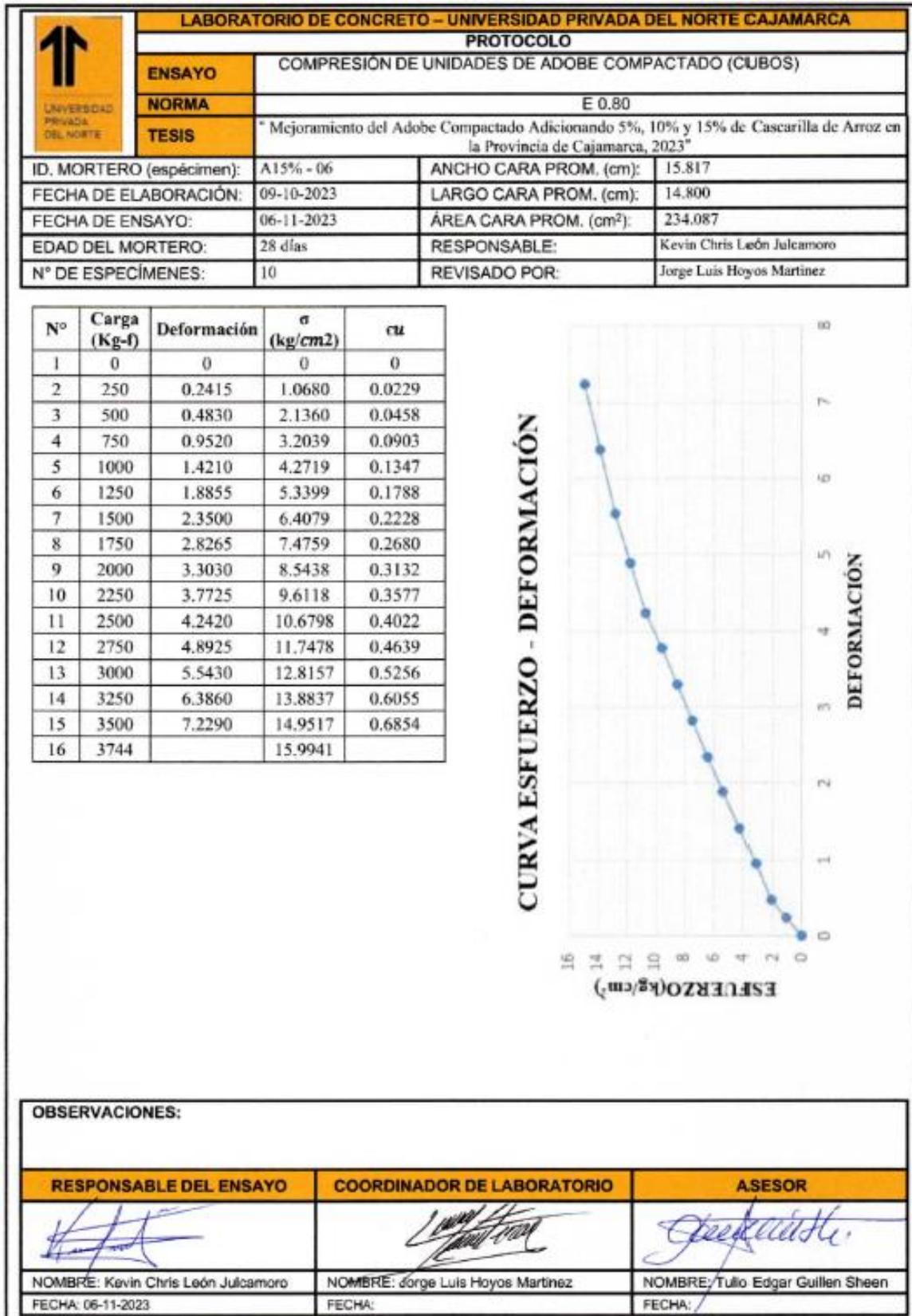


Figura 62 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-07

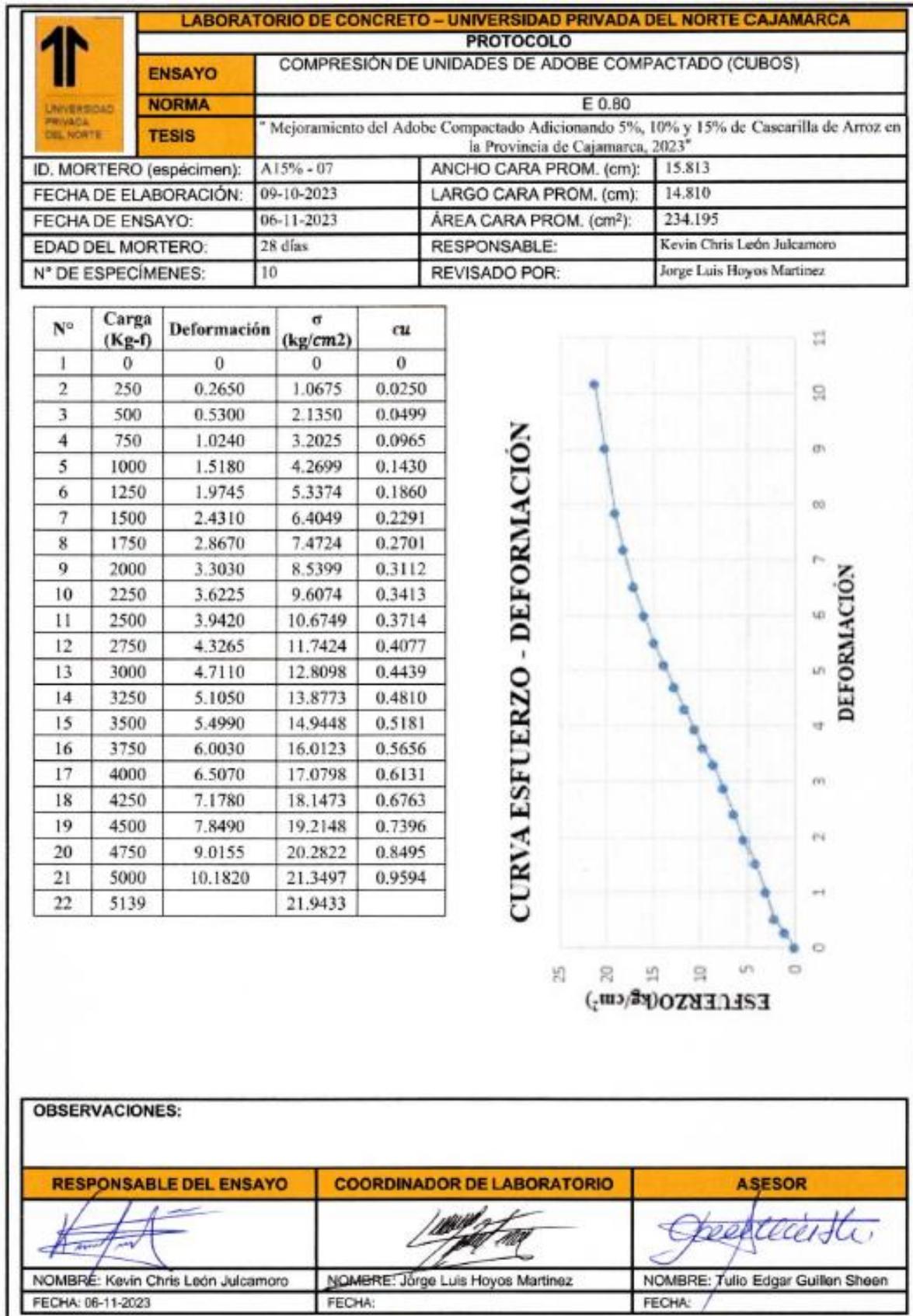


Figura 63 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-08

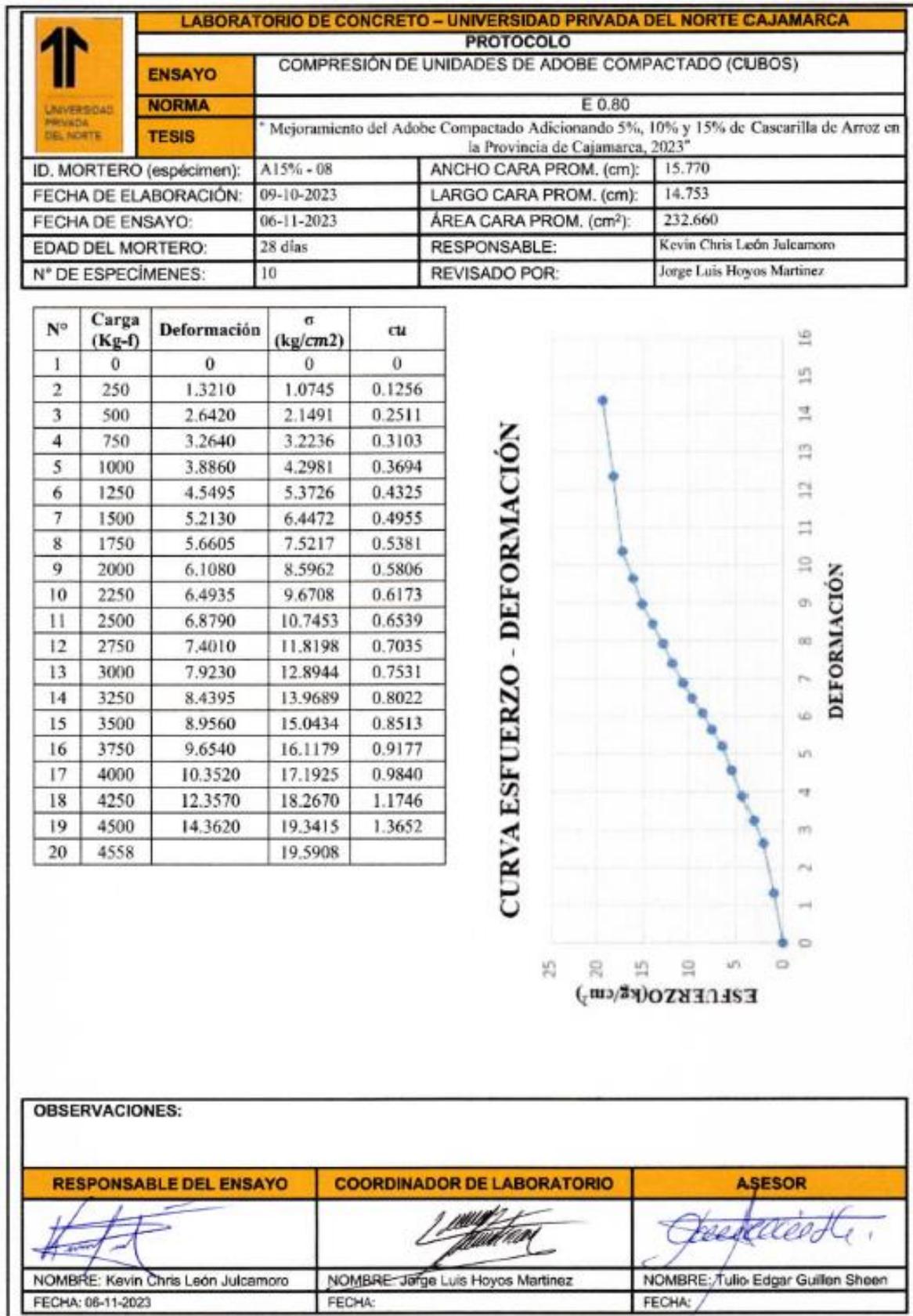


Figura 64 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-09

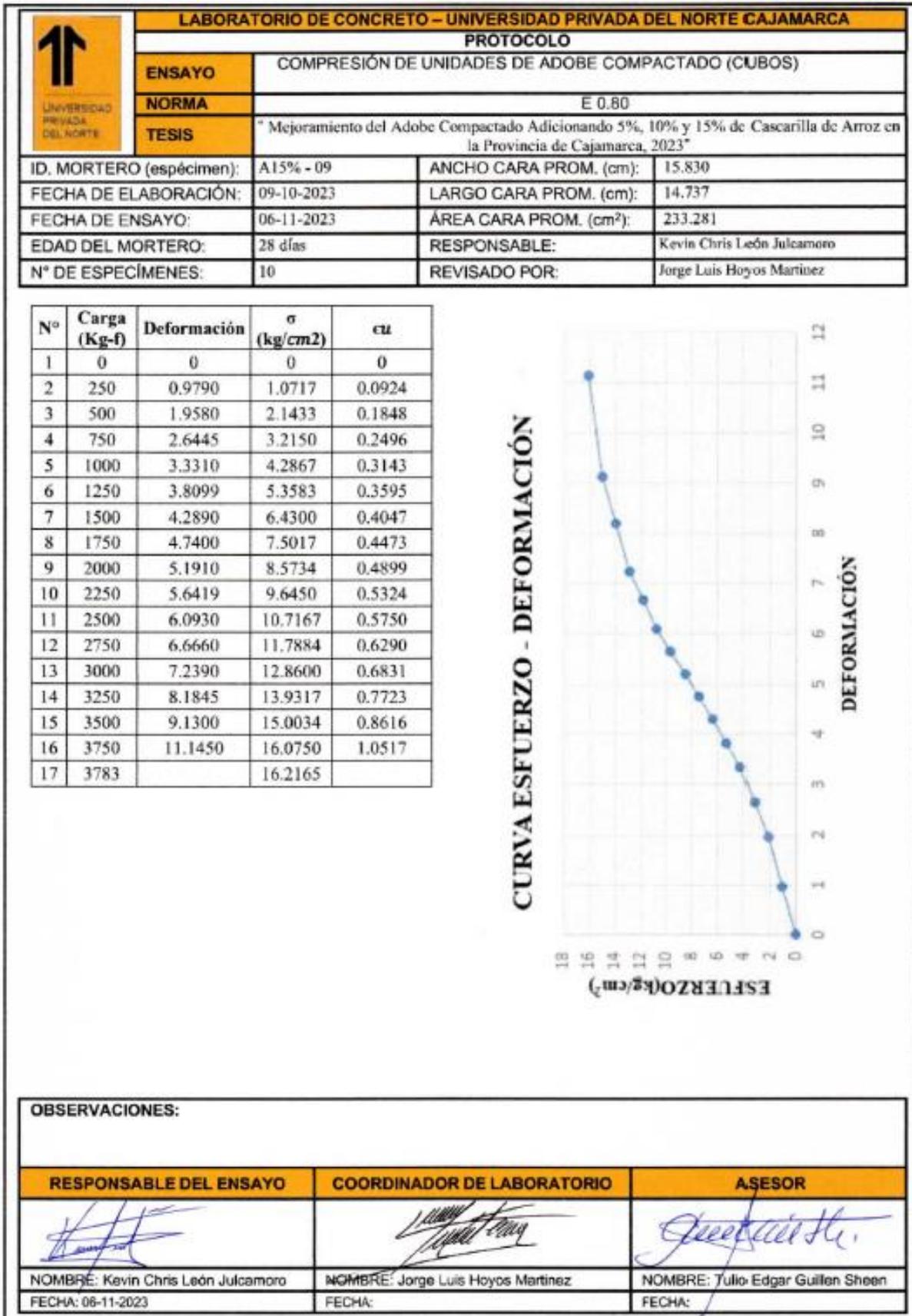


Figura 65 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado A15%-10

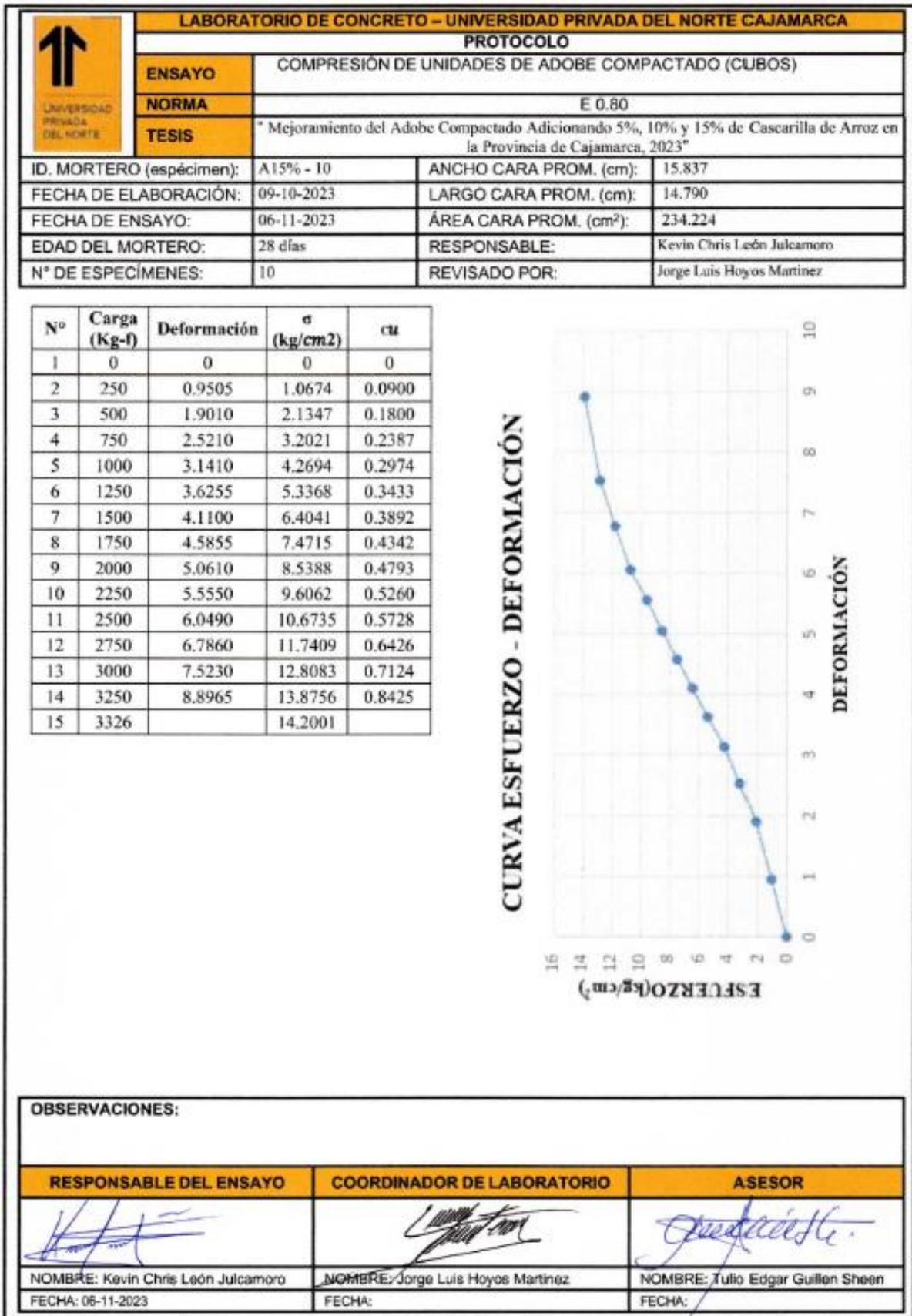


Figura 66 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-01

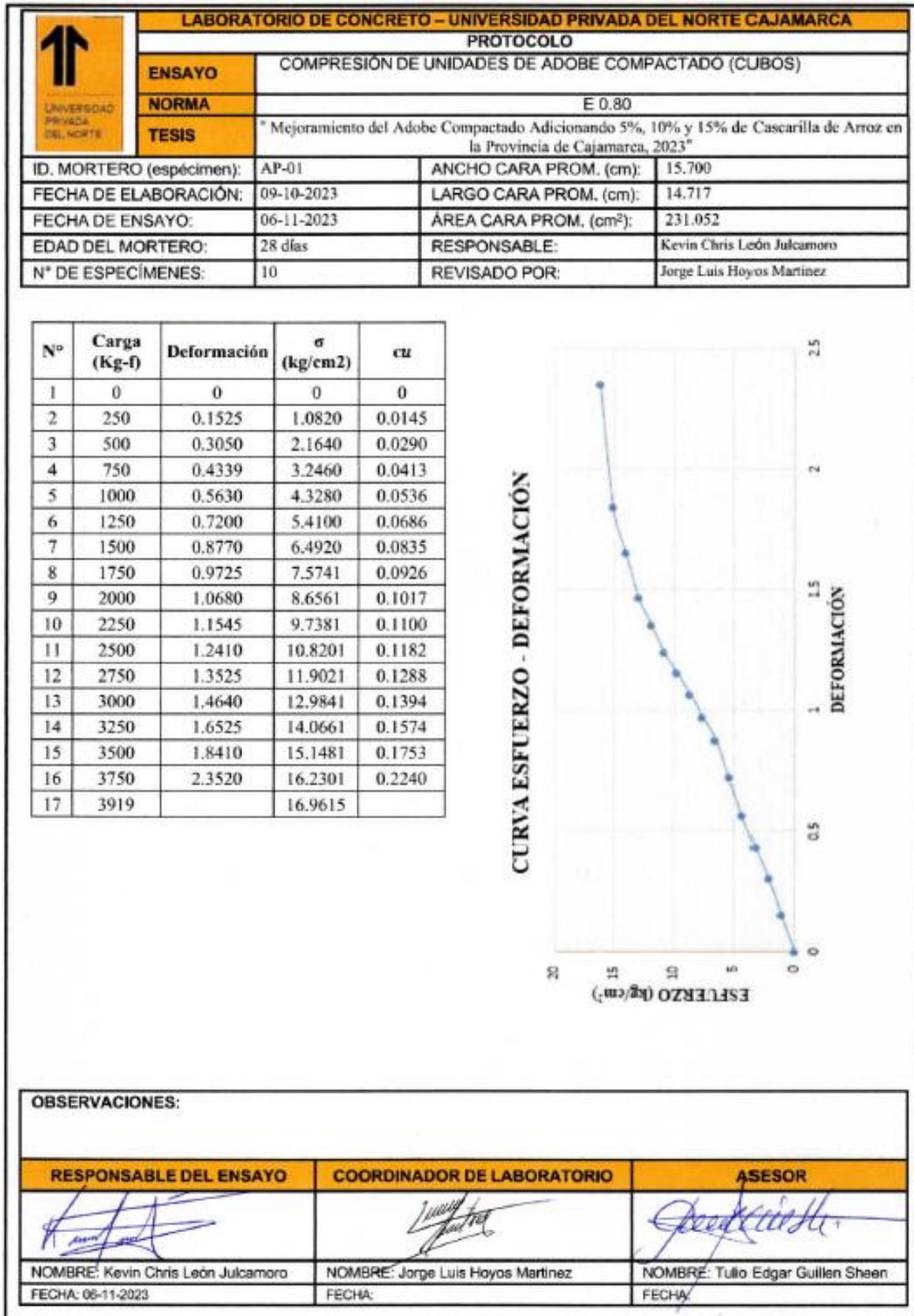
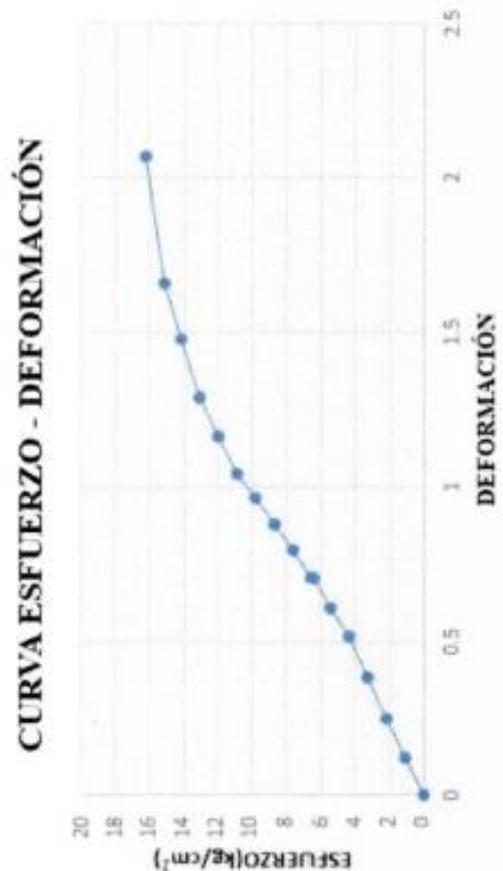


Figura 67 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-02

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | * Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023* | | |
| ID. MORTERO (especimen): | AP-02 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.640 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.703 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 229.960 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez |

| N° | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | ϵ |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.1245 | 1.0871 | 0.0119 |
| 3 | 500 | 0.2490 | 2.1743 | 0.0238 |
| 4 | 750 | 0.3820 | 3.2614 | 0.0364 |
| 5 | 1000 | 0.5150 | 4.3486 | 0.0491 |
| 6 | 1250 | 0.6085 | 5.4357 | 0.0580 |
| 7 | 1500 | 0.7020 | 6.5229 | 0.0670 |
| 8 | 1750 | 0.7915 | 7.6100 | 0.0755 |
| 9 | 2000 | 0.8810 | 8.6972 | 0.0840 |
| 10 | 2250 | 0.9610 | 9.7843 | 0.0917 |
| 11 | 2500 | 1.0410 | 10.8715 | 0.0993 |
| 12 | 2750 | 1.1650 | 11.9586 | 0.1111 |
| 13 | 3000 | 1.2890 | 13.0457 | 0.1230 |
| 14 | 3250 | 1.4745 | 14.1329 | 0.1407 |
| 15 | 3500 | 1.6600 | 15.2200 | 0.1584 |
| 16 | 3750 | 2.0715 | 16.3072 | 0.1976 |
| 17 | 3979 | | 17.3030 | |



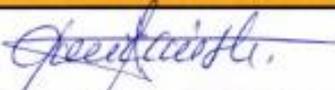
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tufio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 68 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-03

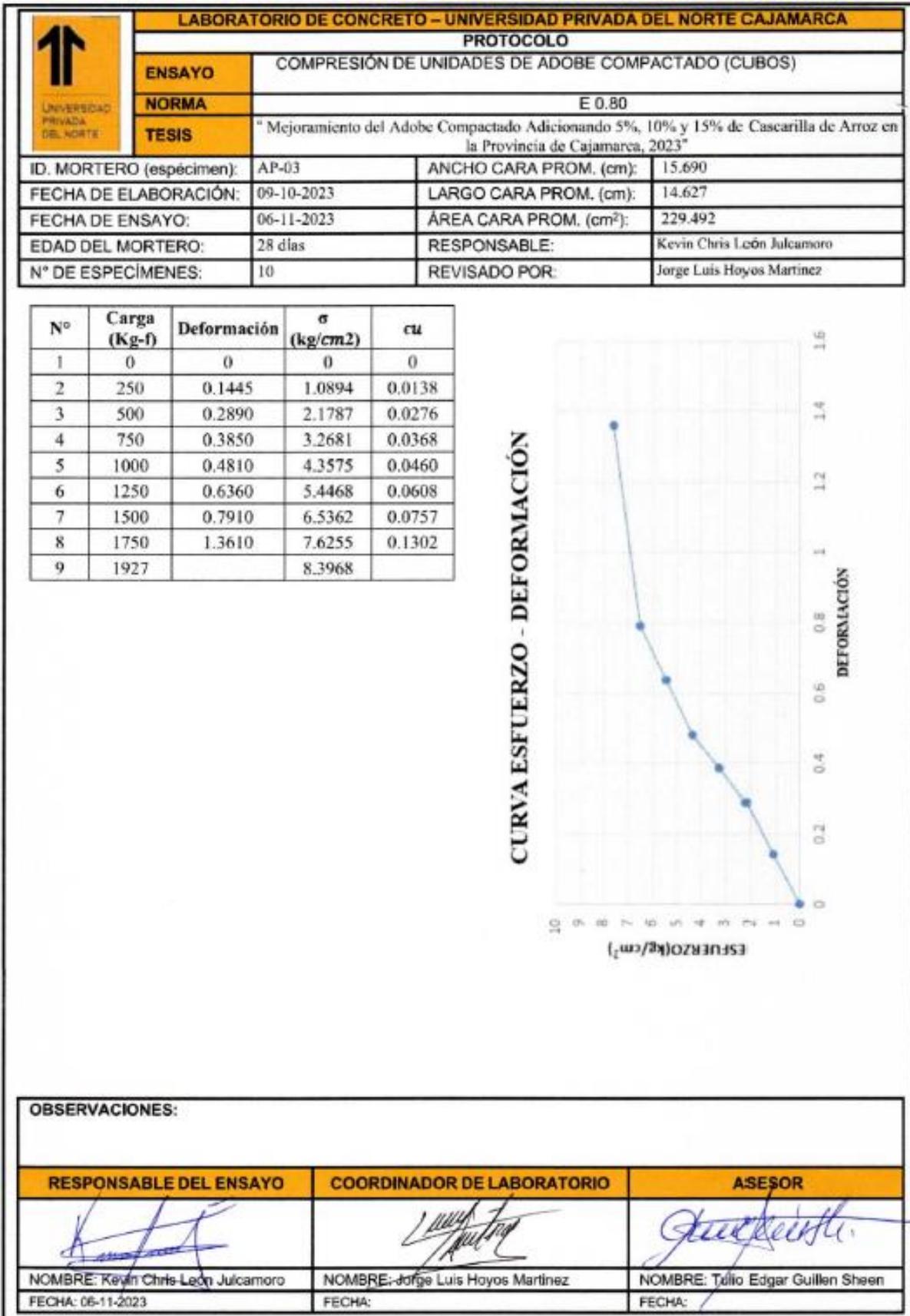
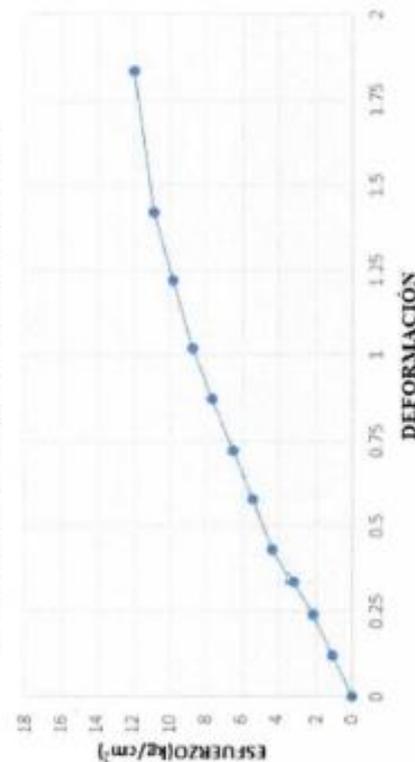


Figura 69 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-04

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|---|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | "Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | |
| ID. MORTERO (espécimen): | AP-04 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.667 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.630 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 229.203 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECIMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez |

| Nº | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | ϵ |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.1190 | 1.0907 | 0.0114 |
| 3 | 500 | 0.2380 | 2.1815 | 0.0228 |
| 4 | 750 | 0.3345 | 3.2722 | 0.0321 |
| 5 | 1000 | 0.4310 | 4.3629 | 0.0413 |
| 6 | 1250 | 0.5755 | 5.4537 | 0.0552 |
| 7 | 1500 | 0.7200 | 6.5444 | 0.0691 |
| 8 | 1750 | 0.8705 | 7.6352 | 0.0835 |
| 9 | 2000 | 1.0210 | 8.7259 | 0.0979 |
| 10 | 2250 | 1.2215 | 9.8166 | 0.1171 |
| 11 | 2500 | 1.4220 | 10.9074 | 0.1364 |
| 12 | 2750 | 1.8355 | 11.9981 | 0.1760 |
| 13 | 2781 | | 12.1333 | |

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



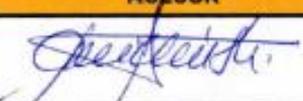
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tullio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 70 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-05

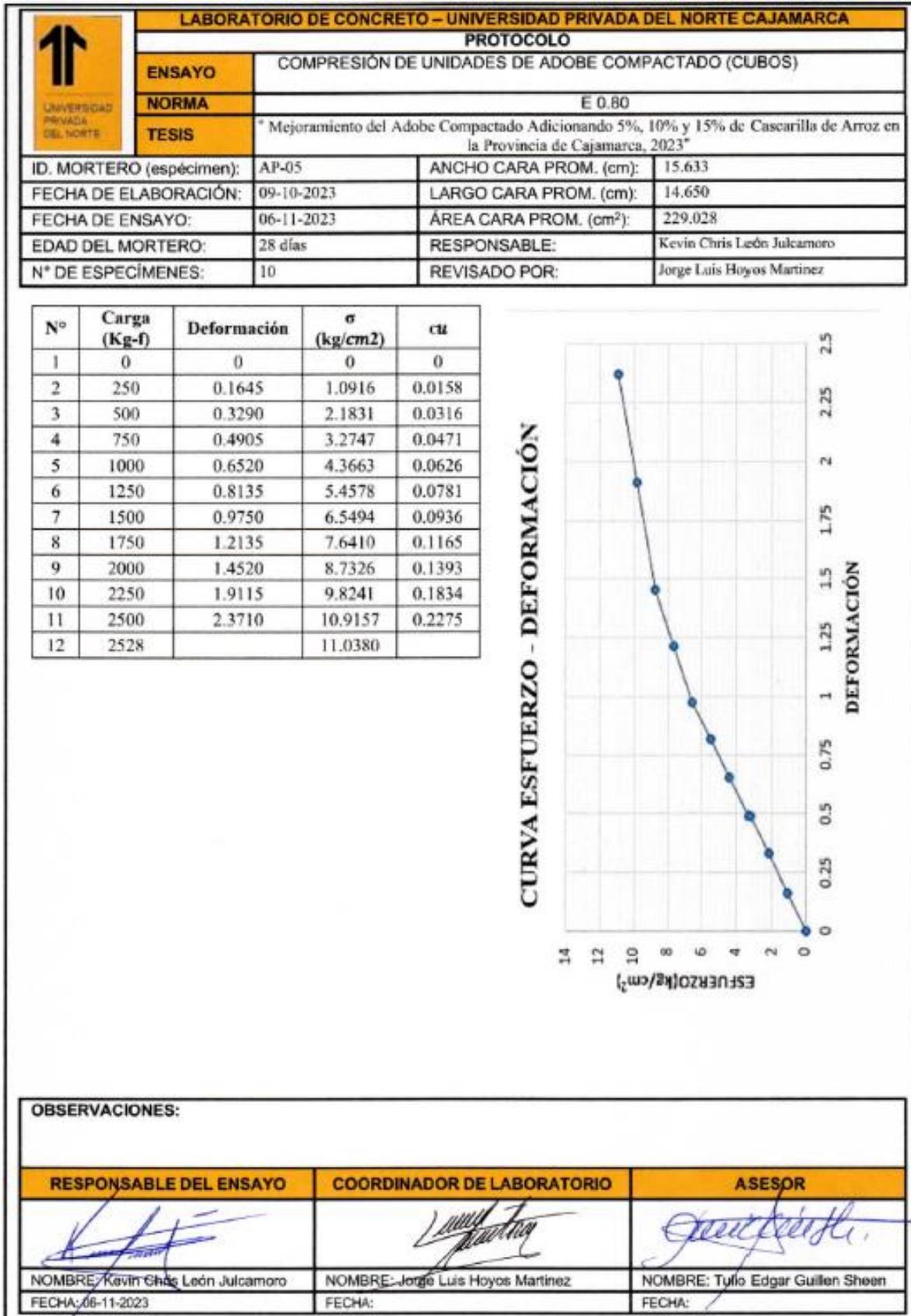


Figura 71 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-06

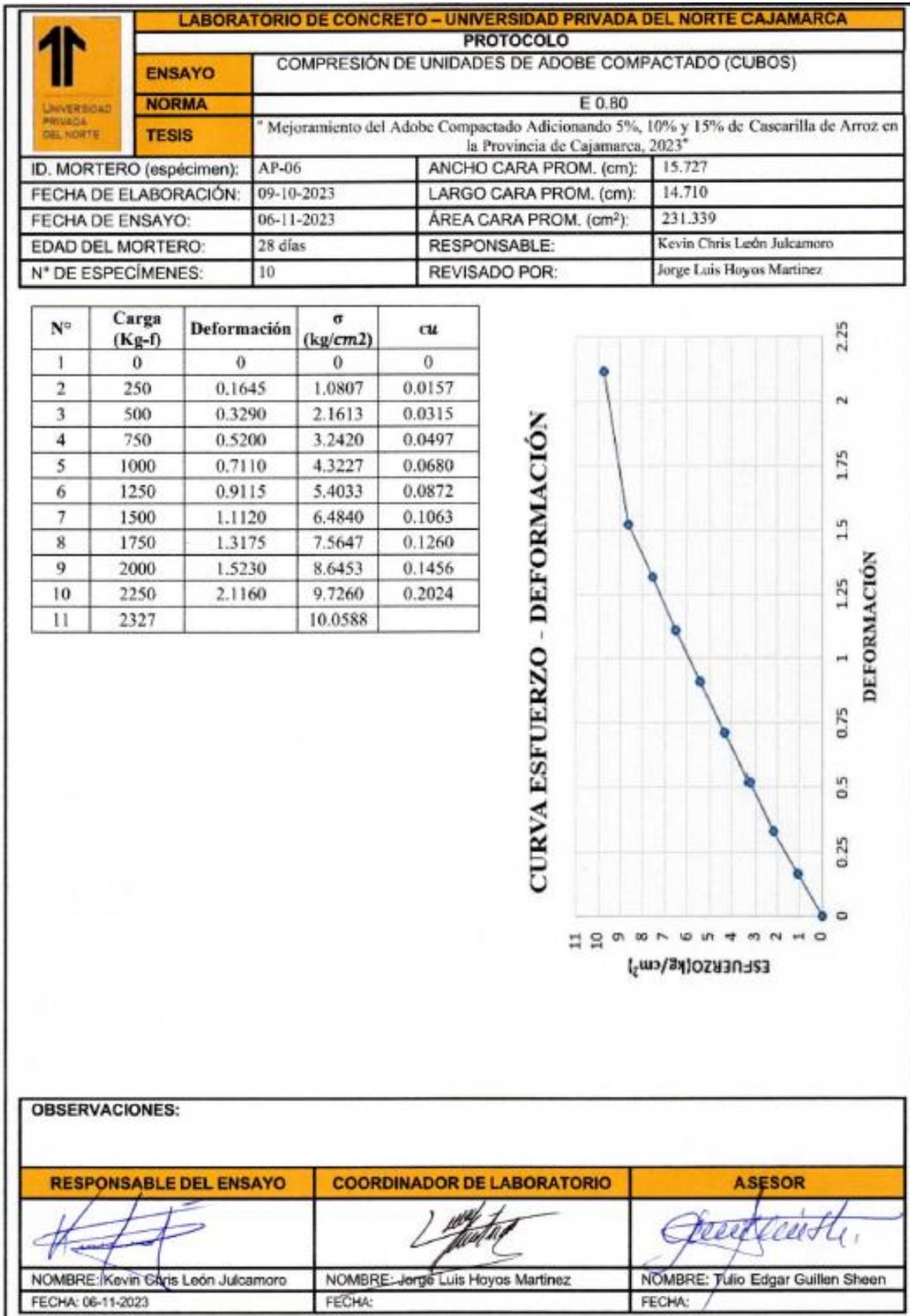
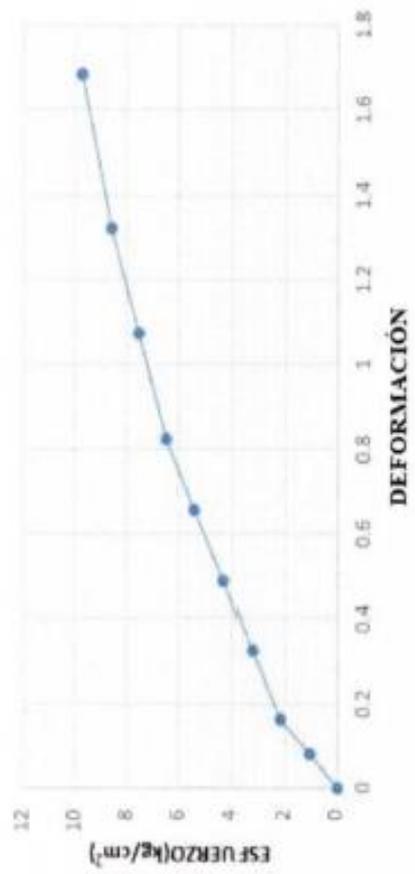


Figura 72 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-07

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|--|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | " Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | |
| ID. MORTERO (especimen): | AP-07 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.723 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.720 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 231.447 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez |

| Nº | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | cu |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.0805 | 1.0802 | 0.0076 |
| 3 | 500 | 0.1610 | 2.1603 | 0.0153 |
| 4 | 750 | 0.3245 | 3.2405 | 0.0308 |
| 5 | 1000 | 0.4880 | 4.3206 | 0.0464 |
| 6 | 1250 | 0.6565 | 5.4008 | 0.0624 |
| 7 | 1500 | 0.8250 | 6.4810 | 0.0784 |
| 8 | 1750 | 1.0739 | 7.5611 | 0.1021 |
| 9 | 2000 | 1.3230 | 8.6413 | 0.1257 |
| 10 | 2250 | 1.6845 | 9.7214 | 0.1601 |
| 11 | 2318 | | 10.0153 | |

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



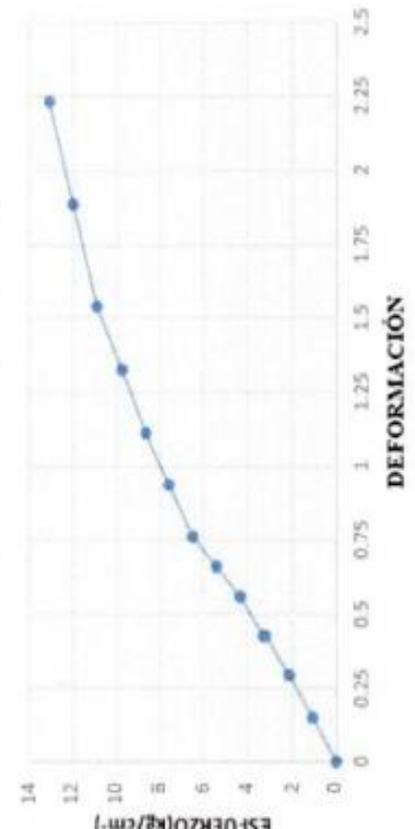
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tulio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 73 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-08

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|---|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | "Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | |
| ID. MORTERO (espécimen): | AP-08 | ANCHO CARA PROM. (cm): | 15.680 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO CARA PROM. (cm): | 14.663 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA CARA PROM. (cm ²): | 229.921 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez |

| Nº | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | cu |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.1475 | 1.0873 | 0.0141 |
| 3 | 500 | 0.2950 | 2.1747 | 0.0283 |
| 4 | 750 | 0.4270 | 3.2620 | 0.0409 |
| 5 | 1000 | 0.5590 | 4.3493 | 0.0536 |
| 6 | 1250 | 0.6600 | 5.4366 | 0.0633 |
| 7 | 1500 | 0.7610 | 6.5240 | 0.0730 |
| 8 | 1750 | 0.9370 | 7.6113 | 0.0898 |
| 9 | 2000 | 1.1130 | 8.6986 | 0.1067 |
| 10 | 2250 | 1.3275 | 9.7860 | 0.1273 |
| 11 | 2500 | 1.5420 | 10.8733 | 0.1478 |
| 12 | 2750 | 1.8865 | 11.9606 | 0.1809 |
| 13 | 3000 | 2.2310 | 13.0480 | 0.2139 |
| 14 | 3218 | | 13.9961 | |

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



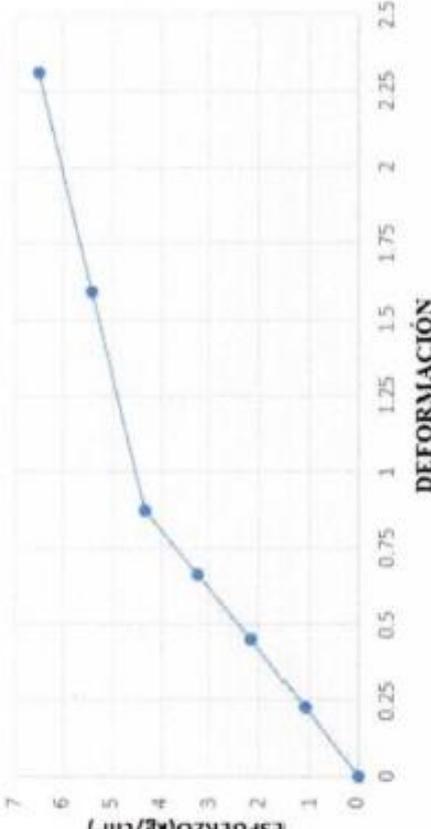
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASESOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tullio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 74 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-09

| LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA | | | |
|---|---|-------------------------------------|----------------------------|
| PROTOCOLO | | | |
| ENSAYO | COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE COMPACTADO (CUBOS) | | |
| NORMA | E 0.80 | | |
| TESIS | "Mejoramiento del Adobe Compactado Adicionando 5%, 10% y 15% de Cascarilla de Arroz en la Provincia de Cajamarca, 2023" | | |
| ID. MORTERO (especimen): | AP-09 | ANCHO GARA PROM. (cm): | 15.740 |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 09-10-2023 | LARGO GARA PROM. (cm): | 14.647 |
| FECHA DE ENSAYO: | 06-11-2023 | ÁREA GARA PROM. (cm ²): | 230.539 |
| EDAD DEL MORTERO: | 28 días | RESPONSABLE: | Kevin Chris León Julcamoro |
| N° DE ESPECÍMENES: | 10 | REVISADO POR: | Jorge Luis Hoyos Martinez |

| Nº | Carga (Kg-f) | Deformación | σ (kg/cm ²) | ϵ |
|----|--------------|-------------|--------------------------------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 250 | 0.2255 | 1.0844 | 0.0215 |
| 3 | 500 | 0.4510 | 2.1688 | 0.0429 |
| 4 | 750 | 0.6620 | 3.2532 | 0.0630 |
| 5 | 1000 | 0.8730 | 4.3377 | 0.0831 |
| 6 | 1250 | 1.5920 | 5.4221 | 0.1515 |
| 7 | 1500 | 2.3110 | 6.5065 | 0.2199 |
| 8 | 1996 | | 8.6580 | |

CURVA ESFUERZO - DEFORMACION



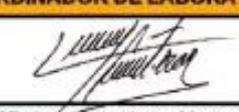
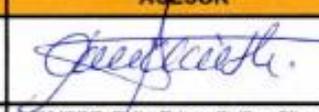
| OBSERVACIONES: | | |
|---|---|---|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | ASÉSOR |
|  |  |  |
| NOMBRE: Kevin Chris León Julcamoro | NOMBRE: Jorge Luis Hoyos Martinez | NOMBRE: Tulio Edgar Guillen Sheen |
| FECHA: 06-11-2023 | FECHA: | FECHA: |

Figura 75 Protocolo Compresión de unidades de adobe compactado AP-10

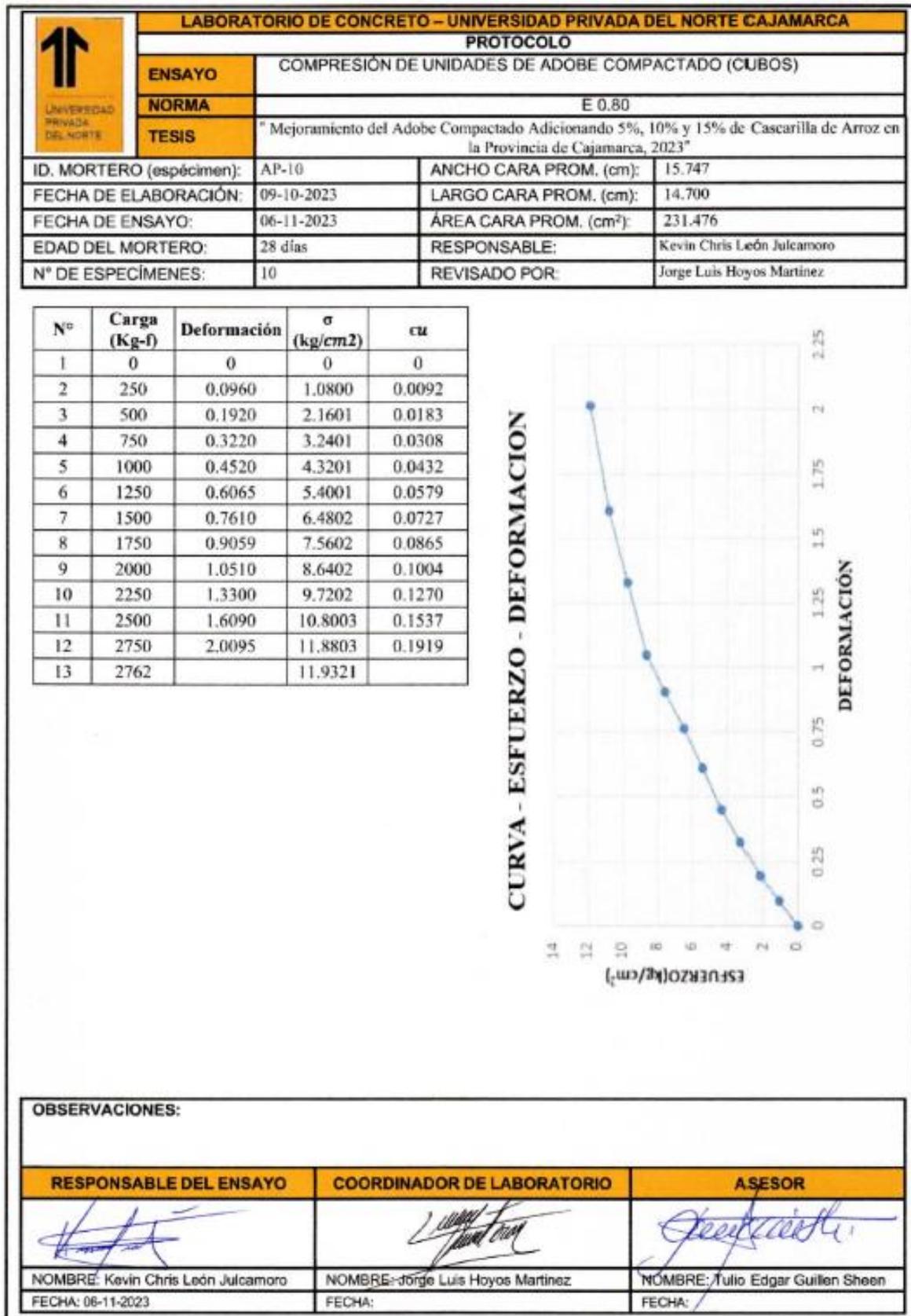
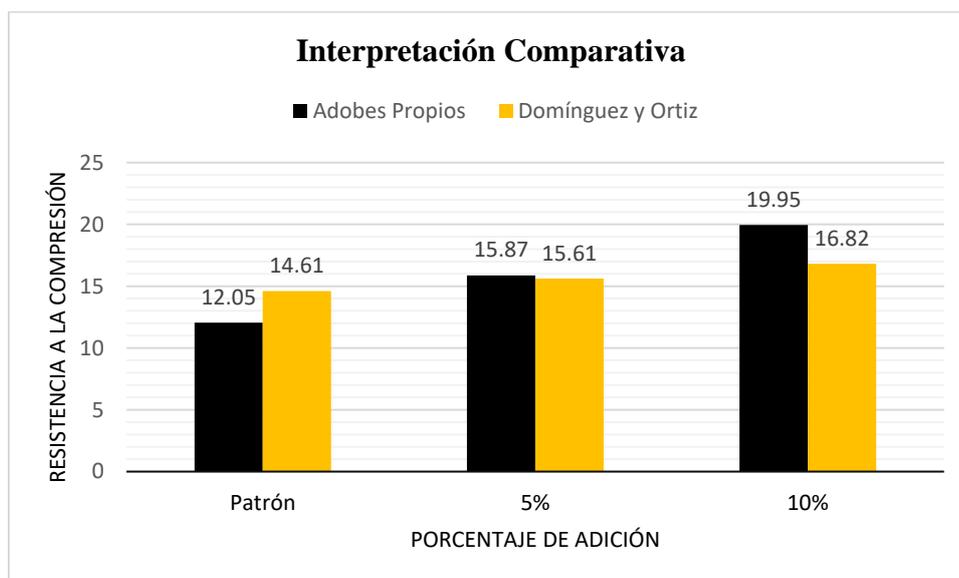
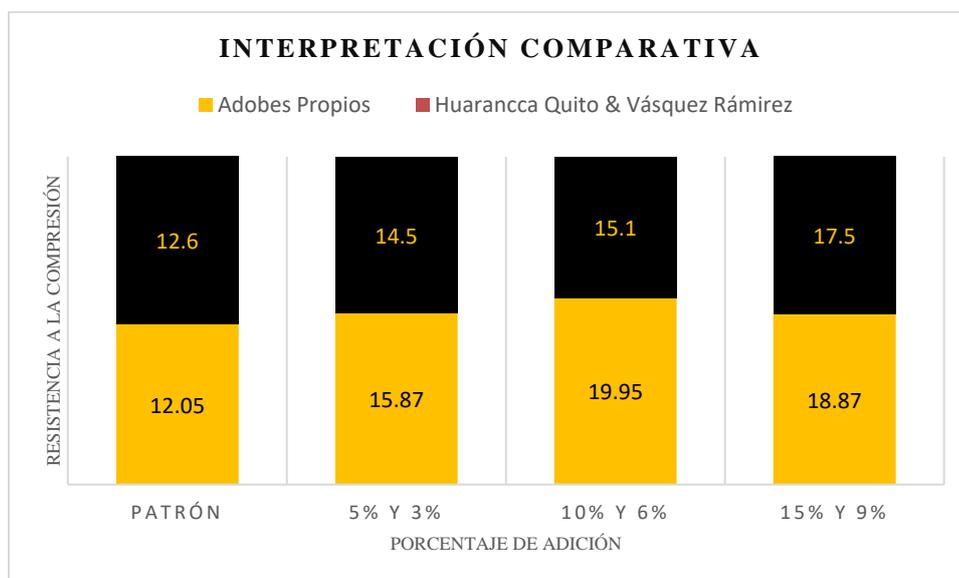


Figura 76 Comparativa 1 de resistencias



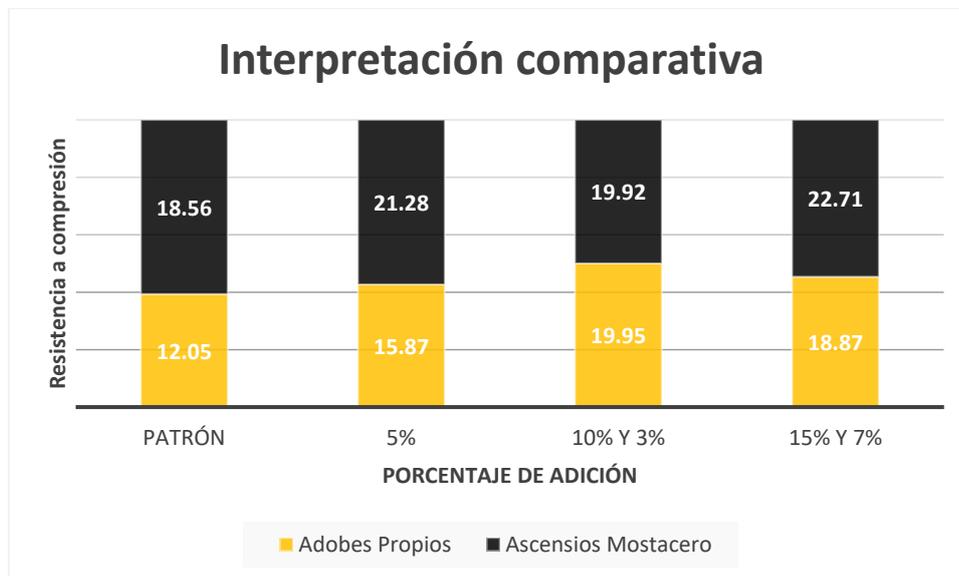
Nota: La muestra patrón de Dominguez y Ortiz es mayor que el adobe patrón propio, pero los adobes propios con porcentajes de adición son mayores que los de Dominguez y Ortiz

Figura 77 Comparativa 2 de resistencia



Nota: Se observó que con la adición de cascarilla de arroz del 3%, 6% y 9% obtuvieron menor resistencia a la compresión a comparación de nuestros porcentajes de adición, sin embargo, en el adobe patrón la resistencia a compresión es mejor por 0.55 kg/cm², con respecto a la propia.

Figura 78 Comparativa 3 de resistencias



Nota: En este grafico se observa que en el adobe patrón y con adición de 5% de cascarilla de arroz de Ascensos Mostacero la resistencia a la compresión axial es mayor a los adobes propios, de igual manera, aunque la adición de cascarilla de arroz ha sido menor también han obtenido mejores resultados en cuanto a su resistencia a la compresión

Figura 79 Mezcla muestra y cascarilla de arroz



Figura 80 Bloques de Adobes Compactados



Figura 81 Límite Líquido 14 golpes



Figura 82 Muestra en horno por 24 horas



Figura 83 Proctor Modificado sin cascarilla de arroz



Figura 84 Medidas molde de Proctor modificado



Figura 85 Ensayo Proctor Modificado quinta capa de compactación

