

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL



**Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y
15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero -
Huaraz, 2024**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Franz Marino Cruzate Domínguez

Asesor:

Miguel Angel Solar Jara

Código ORCID: 0000-0002-1979-3552

Huaraz - Perú

2024

INDICE GENERAL

Indice general.....	i
Indice de tablas	iii
Índice de figuras.....	iii
Palabras clave	iv
Constancia de similitud.....	v
Título de la investigación.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
Introducción	1
Metodología	34
Resultados.....	36
Análisis y discusión	48
Conclusiones	52
Recomendaciones	53
Referencias bibliográficas.....	54
Anexos	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Dosificación de mortero NTP 334.051- Para 6 muestras cubicas	12
Tabla 2: Dosificación de mortero NTP 334.051- Para 3 muestras cubicas	12
Tabla 3: Periodos mínimo de curado para alcanzar 50% de resistencia	17
Tabla 4: Tolerancias parta ensayo de compresión de los cubos de mortero	22
Tabla 5: Propiedades de cemento Portland	25
Tabla 6: Los compuestos químicos de materiales para fabricación del cemento	25
Tabla 7: Componentes del cemento Portland tipo I	26
Tabla 8: Los porcentajes que pasa en la gradación de arena	30
Tabla 9: Variable dependiente: ‘Resistencia a la compresión del mortero	31
Tabla 10: Variable independiente: sustitución 10% y 15% de arcilla de Recuay- Huaraz, 2024	32
Tabla 11: Diseño de bloque completo al azar	34
Tabla 12: Técnicas e Instrumentos de Investigación	35
Tabla 13: Técnicas e Instrumentos de Investigación	37
Tabla 14: Resumen de Fluidéz de morteros	40
Tabla 15: Límites de consistencia	42
Tabla 16: Resistencia a compresión a los 3, 7 y 28 días de curado del mortero patrón.	44
Tabla 17: Resistencia a compresión a los 3, 7 y 28 días de curado del mortero experimental con 10% de arcilla de Recuay	45
Tabla 18: Resistencia a compresión a los 3, 7 y 28 días de curado del mortero experimental con 15% de arcilla de Recuay	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parámetros del molde para la elaboración del mortero	9
Figura 2. Parámetros de compactación del mortero	10
Figura 3. Curva de pérdida de masa- análisis termo gravimétrico de la arcilla	23
Figura 4. Curva calorimétrica de la arcilla	23
Figura 5: Curva Granulométrica de Arena Gruesa	41
Figura 6. intersección de numero de golpes y el % humedad para encontrar el límite líquido	43
Figura 7. Resistencia promedio del mortero patrón según días de curado.	44
Figura 8. Resistencia promedio del mortero experimental 10% según días de curado.	45
Figura 9. Resistencia promedio del mortero experimental 15% según días de curado	46
Figura 10. Resistencia promedio del mortero obtenidas a los 3, 7 y 28 días de curado, del mortero patrón y del 10% y 15% de sustitución del cemento por arcilla de Recuay	47

PALABRAS CLAVE

Tema. Mortero - Resistencia a compresión - fluidez
Especialidad. Tecnología de materiales

KEYWORDS

Issue. Mortar - Compressive Strength -Fluency
Specialty. Materials technology

LINEA DE INVESTIGACION

Línea de Investigación : Construcción y Gestión de la construcción

OCDE:

Área : Ingeniería y tecnología.

Sub Área : Ingeniería Civil.

Disciplina : Ingeniería Civil

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024**" del (a) estudiante: **CRUZATE DOMINGUEZ FRANZ MARINO**, identificado(a) con Código N° **2007120204**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **23%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 18 de octubre de 2024

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

**Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15%
sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz,
2024**

RESUMEN

El presente estudio de investigación a proporcionado una alternativa para disminuir el uso de cemento para la producción del mortero y por ende también de los concretos, lo cual contribuirá a la resolver la problemática de la contaminación de nuestro medio ambiente a causa de la generación de los gases de efecto invernadero que se producen durante el proceso de elaboración del cemento portland. Se planteo la sustitución del cemento en distintos porcentajes con la materia prima de origen natural, inorgánico muy común y de del cual se dispone en la mayoría de zonas de nuestra ciudad de Huaraz, nuestra región Ancash y el Perú, esta materia prima u objeto de estudio experimental es la arcilla, en nuestra investigación fue procedente del distrito de Recuay – Huaraz. Se logró evaluar cual es la influencia que se da esta sustitución en el comportamiento de su propiedad mecánica mas importante: la resistencia a la compresión y de su propiedad física: la trabajabilidad del mortero convencional y del mortero experimental cuando se le sustituya 10% y 15% del cemento por arcilla de Recuay. La arcilla fue seleccionada in situ con pruebas de campo, se realizado un proceso de lavado y de secado de forma natural, luego se calcinó a temperatura controlada de 500° C según análisis térmico, para la evaluación de la trabajabilidad de la mezcla de mortero convencional y morteros experimentales se relacionó con la fluidez. La interrelación de ambas variables: resistencia a compresión y fluidez (trabajabilidad) ha permitido que se obtenga el porcentaje de sustitución del cemento las pruebas de resistencia a la compresión de las probetas de mortero experimental del 15% de sustitución de cemento por la arcilla calcinada presentó los mejores resultados respecto al mortero patrón o de control obteniendo una resistencia de 138.99 kg/cm², para las probetas de mortero experimental de 10% de sustitución de cemento por la arcilla calcinada se a obtenido valores por debajo del anterior , pero que aun así sobre pasas los valores del mortero patrón, respecto a la trabajabilidad de las mezclas la variación es mínima por lo que están dentro del rango que permite que estos morteros están aptos para su aplicación en la industria de la construcción.

ABSTRACT

This research study has provided an alternative to reduce the use of cement for the production of mortar and therefore also of concrete, which will contribute to solving the problem of pollution of our environment due to the generation of greenhouse gases produced during the production process of Portland cement. The replacement of cement in different percentages with raw material of natural origin, inorganic very common and available in most areas of our city of Huaraz, our region of Ancash and Peru was proposed. This raw material or object of experimental study is clay, in our research it came from the district of Recuay - Huaraz. It was possible to evaluate what is the influence that this substitution has on the behavior of its most important mechanical property: the compressive strength and its physical property: the workability of conventional mortar and experimental mortar when 10% and 15% of cement is replaced by Recuay clay.

The clay was selected in situ with field tests, a washing and natural drying process was carried out, then it was calcined at a controlled temperature of 500 ° C according to thermal analysis, for the evaluation of the workability of the mixture of conventional mortar and experimental mortars was related to the fluidity. The interrelation of both variables: compressive strength and fluidity (workability) has allowed to obtain the percentage of cement substitution the compressive strength tests of the experimental mortar specimens of 15% cement substitution by calcined clay presented the best results with respect to the pattern or control mortar obtaining a resistance of 138.99 kg / cm², for the experimental mortar specimens of 10% cement substitution by calcined clay have obtained values below the previous one, but that still surpass the values of the pattern mortar, regarding the workability of the mixtures the variation is minimal so they are within the range that allows that these mortars are suitable for its application in the construction industry

.INTRODUCCIÓN

1. Antecedentes y fundamentación científica

1.1. Antecedentes

El uso de materiales arcillosos para ser usados como material sustituyente del cemento en mezclas de mortero o concreto se viene ampliando su campo de acción y de estudio es en este contexto que esta trabajo de investigación hace referencia a algunos antecedentes en ese orden del ámbito internacional, nacional y local que permite optimizar los porcentajes de uso de la arcilla como material suplementario cementante, en el ámbito internacional tenemos a:

Paulina , V., Carla C. (Ecuador 2018) elaboró un estudio de investigación que lleva por título “El uso de residuos cerámicos como sustituto del cemento para fabricación de morteros” cuyo objetivo general propuesto fue la evaluación de la propiedad mecánica de la resistencia a la compresión de una mezcla de mortero convencional que se le denominó mortero patrón y luego comparándolo con 5 mezclas de morteros experimental los cuales combinaban el cemento con 5 cantidades de cerámica triturada: 3%-5%-7%-10%-15% en peso que sustituirá el cemento. Se obtuvo como resultados al periodo máximo de curado de 28 días el valor de 35.16 Mpa, 36.07 Mpa, 36.01 Mpa, 36.55 Mpa, 31.01 Mpa; todos ellos lograron superar al mortero patrón que alcanzó una resistencia a compresión de 34.33 Mpa. Llegando a concluir que el mejor resultado de resistencia la consiguió el mortero experimental con el porcentaje de sustitución de 10%, la investigación también concluye que usar este material experimental natural representa una alternativa aceptable y sostenible que permite reducir la cantidad de uso de cemento lo que incide directamente en la reducción de los costos y además contribuye con el medio ambiente, todo ello sin que la mezcla pierda capacidad de respuesta ante esfuerzos de que es sometido el morteros de cemento portland.

Suarez , W . (Ecuador 2019) desarrolla una investigación denominada: “Aplicación de la arcilla expandida-arlita como sustitución parcial del agregado en el concreto para elementos estructurales en la construcción” que tiene como objetivo general: analizar y estudiar cual es la reacción mecánica que presenta el concreto usando

diversas cantidades de arcilla del tipo arlita (expandida) para poder determinar si es posible el uso de la arcilla como agregado, por lo que se somete al concreto a diversos ensayos de laboratorio que verifican la respuesta que se tiene a esfuerzos de flexión y de compresión en cada elemento estructural presentes en la construcción. Esta investigación arriba a la conclusión si se utiliza esta propuesta de sustitución se podría llegar a conseguir un ahorro de hasta un 56% de un costo convencional y también mejora el comportamiento de los elementos estructurales que se elaboraron con esta mezcla.

Valera, L. (Cuba 2017) desarrollo un estudio de investigación denominado: “Evaluación de la adición al cemento portland ordinario de un porcentaje de arcilla calcinada-caliza-yeso en morteros de albañilería” en el que plantea como objetivo general de estudio el evaluar el comportamiento de un mortero cuando se le adiciona arcilla natural LC2 mediante las propiedades del mortero usado en albañilería de acuerdo a las especificaciones de la NC 175-2002, se procedió a elaborar 36 moldes o probetas de mortero en cubos, los cuales fueron sometidos a ensayos de compresión obteniendo para el mortero de control o patrón (M1) una resistencia a compresión de 7.64 Mpa (0-1-5-1 de dosificación), Para el mortero experimental (M2) se obtuvo una resistencia a compresión de 4.8 Mpa (0.5-0.5-5-1 de dosificación). Para el mortero experimental (M3) se obtuvo una resistencia a compresión de 25.8 Mpa (0-2-5-0) de dosificación) por ultimo para la mezcla experimental de mortero (M4) se obtuvo la resistencia a la compresión que alcanza 6.83 Megapascuales (1.5-0.5-5-1 de dosificación). La investigación concluye que la dosificación de la muestra de mortero M3 es la que logra superar con amplio margen a la muestra de mezcla de mortero convencional o patrón.

En el ámbito local y nacional;

Nieto, A. (Chimbote 2018), en su trabajo de tesis para obtención de título profesional titulado “Resistencia en concreto con cemento sustituido al 4 %, 6 % y 8 % por arcilla activada del distrito de Yacya – Huari”. Indica que cuando se sustituye el cemento portland por estas cantidades de arcilla en porcentajes de 4,6 y 8, el material experimental se activo térmicamente antes de su uso en de acuerdo al diseño de mezcla, se logran obtener resultado aceptables por encima del patron, es asi que se tiene que la

resistencia a compresión de las muestras de mortero al periodo máximo de curado de 28 días de ser curado, logra alcanzar valores de resistencia de 219.45 kg/cm², 225.79 kg/cm², 238.28 kg/cm² y por ultimo 248.33 kg/cm² para las mezcla de mortero: patrón, experimental con 4%, experimental con 6%, experimental con 8% respectivamente. Llegando a concluir que, al ir aumentando las cantidades de sustitución del cemento por arcilla activada la resistencia de la mezcla de mortero también consigue elevarse. El porcentaje de 8% de sustitución es el que la investigación plantea como recomendación para su aplicación en las mezclas de mortero.

Julián et. al. (Chimbote 2015), en su estudio llamado "la resistencia de nuevos materiales para sustituir el cemento en mezclas de concreto" tiene como objetivo general: evaluar la resistencia de un concreto cuando se aplican cargas de compresión. El proceso metodológico usado fue cuasi experimental ya que se evaluó una mezcla patrón y otras con porcentajes de sustitución, la sustitución se realizó con 3 materiales: la concha de abanico, el vidrio reciclado y las hojas de bambú. Primero se seleccionó los materiales se limpió y se caracterizó. Se realizó un proceso de trituración o activación mecánica de los materiales experimentales usados, luego se calcinó a 900 °C la concha de abanico y a 600 °C la hoja de bambú, con la finalidad de activar las propiedades puzolánicas de estos materiales. Posteriormente se elaboraron probetas para ensayarlas a esfuerzos de compresión a periodos de curado de 3,7 y 28 días con sustitución de cemento en 5%, 10% y 15%. Los resultados más óptimos de reemplazo fueron para la concha de abanico 5%, para las hojas de bambú el 10% y el mismo porcentaje para el vidrio molido. Se llega a concluir que la más alta resistencia y mejor trabajabilidad la proporcionó la mezcla experimental con reemplazo del cemento en 5% por ceniza de concha de abanico, que elevó la resistencia a compresión desde 230.00 Kg/cm² hasta llegar a 290.00 Kg/cm².

Hernández, T. (Chimbote 2018), desarrolló un estudio que se titula "Resistencia de compresión con cemento sustituido parcialmente al 15% por arcilla de Cuscuden – San Pablo (Cajamarca) y con 5% de cenizas de conchas de abanico", cuyo objetivo fue evaluar la propiedad mecánica de una mezcla de concreto usando una combinación de materiales naturales como la arcilla y la ceniza de concha de abanico. La metodología

utilizada es del tipo experimental a nivel cuasi experimental, con el uso de dos materiales componentes los cuales se activaron térmicamente a valores de temperaturas controladas de de 540°C y de 900 °C para la arcilla y la concha de abanico respectivamente. Se elaboraron de 18 especímenes cúbicos de prueba de mortero de 5.0 x .0 x 5.0 cm de lado. La mezcla de mortero patron tuvo 9 probetas y 9 probetas el mortero experimental con sustitución del cemento por 15% arcilla y 5% de ceniza de concha de abanico. Estas probetas se sometieron a cargas axiales a compresión a los 3 días, 7 días y 28 días. Se llego a obtener resultados de 115.25 kg/cm² a los 3 días, 143.17 kg/cm² a los 7 días y 174.79 Kg/cm² a los 28 días de curado. Se llego a concluir que el mortero patron supera en la resistencia a compresión al mortero a razón del elevado contenido que tiene oxido de aluminio y a la baja relación A/C.

Lozano, R. (Chimbote 2018) elabora una investigación denominada “Resistencia a la compresión y absorción de un mortero sustituyendo el cemento por 36% de arcilla activada de Acopampa - Carhuaz y 12% de concha de abanico”, el objetivo general planteado fue conseguir la resistencia del mortero a esfuerzos de compresión, cuando se sustituye al cemento por por arcillas y concha de abanico en relación 1 a 3 es decir con porcentajes de 12% y 36% respectivamente. Se tuvo que elaborar muestras cubicas en un numero de 18 y se realizó ensayos a los 3 días, 7 días y 28 días. Se obtuvieron resultados para estas muestras de la siguiente manera: mortero patrón su resistencia a compresión a los 3 días, 7 días y 28 días de curado consiguió llegar a 166.34 kg/cm² , 234.32 kg/cm² y 406.11 kg/cm² respectivamente. Para el mortero experimental con sustitución del cemento por concha de abanico y arcilla su resistencia a compresión a los 3 días, 7 días y 28 días de curado consiguió llegar a 71.8 Kg/cm² , 137.7Kg/cm² y 281.6Kg/cm² respectivamente. Se llego a la conclusión que el mortero experimental no logro superar los valores del mortero patron pero que si logro establecerse dentro de lo solicitado de cumplimiento con la resistencia mínima.

Coveñas, C., Haro, A. (Chimbote 2019), desarrolló su tesis para titulo llamada: “Resistencia a la compresión de un concreto f^c=210 kg/cm² al sustituir porcentajes de cemento por la combinación de arcilla con ceniza de concha de abanico, Chimbote 2019” tiene como objetivo de estudio definir la influencia sobre la resistencia de una mezcla de concreto de la combinación de la arcilla y ceniza concha de abanico como

material que sustituye al cemento. La investigación es del tipo cuasi experimental, los resultados de resistencia para el concreto patrón, son de 216.3 Kg/cm² al periodo máximo de evaluación que fue a los 28 días. Los especímenes de ensayo elaborados con concreto experimental con sustitución del cemento por 10% y 5% de arcilla y ceniza de cocha de abanico (proporción 2:1) consiguieron valores de resistencias de 225.5 Kg/cm², y Los especímenes de ensayo elaborados con concreto experimental con sustitución del cemento por 10% y 10% de arcilla y ceniza de cocha de abanico (proporción 1:1) consiguieron valor de resistencias de 205.7 Kg/cm². concluyendo que el comportamiento mecánico del concreto experimental fue mayor con la sustitución de cemento por una proporción de 2:1 (10 y 5)% arcilla- concha de abanico Alvarado, M. (Huaraz 2019), para su trabajo de tesis denominado: “Resistencia a la compresión de un concreto sustituyendo al cemento en 12% y 20% por la combinación de cáscara de huevo y arcilla”, planteó como objetivo determinar la resistencia a compresión de un concreto cuando se sustituye combinaciones en porcentajes de 12% y 20% de cascara de huevo y arcilla. Se elaboraron muestras cilíndricas o testigos e un numero de 27, de las cuales se dividieron 9 para muestra de concreto patrón, 9 para muestra de concreto experimental al 12% (Cascara de huevo + Arcilla) y 9 muestras de concreto experimental con 20% (Cascara de huevo + Arcilla/), luego de curado se sometieron a ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días de curado. Los resultados que se obtuvieron a los 28 días para el concreto patrón fue de 218.00 Kg/cm², el concreto experimental con la adición del 12% a los 28 días, logró obtener una resistencia a compresión de 217.8 Kg/cm², por ultimo la resistencia del concreto experimental con sustitución al 20%(Cascara de huevo + Arcilla) llego a ser de 166.6 Kg/cm². la investigación concluye que el valor que se parece al concreto patron fue el concreto experimental con la sustitución del 12%.

Arce, C., Ramírez, S. (Moyobamba 2019), desarrolló su investigación que lleva por título: “Elaboración de bloques de concreto ligero adicionando arcilla expandida para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba, 2019” que tiene como objetivo principal de estudio elaborar bloques de concreto ligero adicionando un 25%,35% y 45% de arcilla a la mezcla de concreto convencional para conseguir mejorar las propiedades mecánicas del concreto control. De los resultados del ensayos en laboratorio se tiene que los bloques de concreto patrón llegan a conseguir valore de

80.13 Kg/cm² en 21 días de curado, los bloques de concreto experimental de 35% de sustitución tiene una resistencia de 81.79 Kg/cm². La investigación concluye que el porcentaje optimo de sustitución fue el de 35%.

Valera, L. (Cuba 2017), en su estudio "Evaluación de la adición al cemento Portland ordinario de un porcentaje de arcillo-calcáreo-yeso calcinado en morteros de albañilería", se propuso determinar cómo se comportaría la adición de LC2 en cuanto a las propiedades de los morteros de albañilería según las especificaciones NC 175:2002. Para ello, creó 36 moldes de cubos de mortero y los sometió a ensayos de compresión, obteniendo como resultados 7. 64 Mpa de resistencia para el mortero estándar (M1) (dosificación 0:1:5:1). La resistencia del mortero experimental (M2) fue de 4,8 Mpa con una dosificación de 0,5:0,5:5:5:1. La resistencia del mortero experimental (M3) (dosificación 0:2:5:5:0) fue de 25,8 Mpa. Además, la resistencia del mortero experimental (M4) fue de 6,83 Mpa (dosis 1,5:0,5:5:5:1). determinando que la dosis de la muestra 3 es muy superior a la de la muestra típica de mortero.

Paulina, V., Carla C. (Ecuador 2018) Con el fin de comparar un mortero experimental con cerámica triturada (3%, 5%, 7%, 10% o 15%) en lugar de cemento, el estudio "Utilización de residuos cerámicos como sustituto del cemento en la fabricación de morteros" examinó cómo se comportaba un mortero estándar al someterlo a una fuerza de compresión. Obteniendo 35,16 Mpa, 36,07 Mpa, 36,01 Mpa, 36,55 Mpa, y 31,01 Mpa como resultados después de 28 días. superando al mortero de referencia, que tenía un valor de 34,33 Mpa. El mortero que tenía una sustitución del 10% presentó la máxima resistencia, y en última instancia se determinó que el uso de este tipo de materiales es una forma inteligente de ahorrar costes en los morteros de cemento sin sacrificar la resistencia. Suarez, W. (Ecuador 2019) El objetivo de su investigación, "Aplicación de la arcilla expandida (arrita) como sustituto parcial de los áridos en mezclas de hormigón para elementos estructurales en la construcción", era examinar cómo se comportaba mecánicamente el hormigón cuando contenía proporciones variables de arcilla expandida. A continuación, trató de averiguar si este árido era viable sometándolo a diversos ensayos de materiales y confirmando su comportamiento bajo esfuerzos de compresión y flexión en los elementos estructurales que se utilizarían. Según las conclusiones del estudio, el uso de este sustituto

puede suponer un ahorro de costes de hasta el 56%. También beneficia a la composición estructural del hormigón.

Julián B. & all. (2015), tituló su estudio "El potencial de los nuevos materiales para sustituir al cemento en la resistencia del hormigón". Su objetivo era averiguar la resistencia del hormigón cuando se comprime. La cáscara de abanico triturada, el vidrio reciclado y las hojas de bambú se sometieron a calcinación a 900 °C en el caso de la cáscara de abanico y a 600 °C en el de las hojas de bambú para activar sus capacidades puzolánicas. Treinta y seis especímenes con sustituciones de cemento del 5%, 10% y 15% se sometieron a ensayos de compresión a los 3, 7 y 28 días. Los niveles de sustitución de cáscara de abanico, hojas de bambú y vidrio reciclado del 5%, 10% y 10% produjeron los mejores resultados, respectivamente. La sustitución del 5% de cáscara de abanico resultó tener la resistencia y trabajabilidad óptimas, aumentando su resistencia de 230,00 Kg/cm² a 290,00 Kg/cm².

Vásquez (Chimbote 2016). En su investigación titulada "Resistencia en concreto con cemento sustituido en 5% y 7% por arcilla de Carhuaz-Ancash", su objetivo fue definir la resistencia del concreto al ser sometido a compresión $f_c=210$ kg/cm², al sustituir el cemento en 5% y 7% por arcilla de San Miguel de Aco - Carhuaz - Ancash, para lo cual se elaboraron 27 moldes (probetas) de concreto; 9 del concreto estándar, 9 con 5% de cemento sustituido por arcilla y 9 con 7% de cemento sustituido por arcilla. $f_c=171,57$ kg/cm², $f_c=193,68$ kg/cm², y $f_c=227,01$ kg/cm² fueron los resultados a los 7, 14 y 28 días, respectivamente, cuando se sustituyó el cemento por un 5% más de cemento. Además, el 10% de los sujetos alcanzaron valores de f_c de 203,43, 219,11 y 240,24 kg/cm² en 7, 14 y 28 días, respectivamente. Después de sustituir el 7% de arcilla, se determinó que la resistencia del hormigón aumentó.

Hernández, T. (Chimbote 2018), realizó un estudio titulado "Resistencia del concreto con cemento sustituido parcialmente al 15% por arcilla de Cuscuden - San Pablo (Cajamarca) con 5% de cenizas de conchas de abanico". El objetivo del estudio fue utilizar conchas de abanico que fueron adquiridas en la ciudad de Chimbote y arcilla que fue extraída de la zona de Cuscuden. Los dos materiales fueron calcinados utilizando un método que implicó calentarlos a 900°C para la concha de abanico y 540°C para la arcilla. 18 cubos, 9 morteros regulares y 9 morteros experimentales con

15% + 5% de sustitución de ceniza de concha de abanico constituyeron la población y la muestra. Nueve cubos de mortero normal y nueve cubos de mortero experimental con un 15% más un 5% de sustitución de cenizas de concha de abanico constituyeron la población y la muestra. Se aplicó compresión a estos cubos a los 7, 14 y 28 días. Los resultados fueron, por orden, 115,25 kg/cm², 143,17 kg/cm² y 174,79 kg/cm². El hallazgo más pertinente a la situación fue que la mayor relación agua-cemento del mortero estándar y el alto contenido de aluminio del ambiente circundante hicieron que el mortero convencional fuera más resistente que el mortero experimental.

Nieto, A. (Chimbote 2018), Su estudio se titulaba "Resistencia en hormigón con cemento sustituido al 4%, 6% y 8% por arcilla activada de Yacya - Huari"

. Señala que se obtuvieron los siguientes resultados cuando los porcentajes de arcilla activada sustituyeron al cemento en un diseño de mezcla: Después de 28 días de curado, se realizaron pruebas de compresión. Se comprobó que la resistencia del mortero normal era de 219,45 kg/cm², pero la sustitución del 4%, 6% y 8% dio como resultado 225,79 kg/cm², 238,28 kg/cm² y 248,33 kg/cm², respectivamente. Se determinó que la resistencia del mortero aumentaba con la proporción de arcilla.

Lozano, R. (Chimbote 2018) El objetivo del proyecto de investigación "Resistencia a la compresión y absorción de un mortero sustituyendo el cemento por 36% de arcilla activada de Acopampa - Carhuaz y 12% de concha de abanico" fue determinar la resistencia a la compresión del mortero cuando se sustituyó el cemento por 36%, 12% y 12% de arcilla y concha de abanico. Los estudios se realizaron con dieciocho cubos de mortero elaborados a los siete, catorce y veintiocho días. La resistencia medida en el mortero estándar fue de 166,34 kg/cm² a los tres días, 234,32 kg/cm² a los siete días y 406,11 kg/cm² a los 28 días. En el mortero experimental se alcanzaron valores de 71,8 kg/cm², 137,7 kg/cm² y 281,6 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, respectivamente. Se concluye que, aunque la resistencia del mortero experimental fue inferior a la norma, los resultados siguen estando dentro de los rangos definidos y cumplen la resistencia mínima.

Coveas, C., Haro, A. (Chimbote 2019), Para la investigación "Resistencia a la compresión de un concreto $f_c=210$ kg/cm² sustituyendo porcentajes de cemento por

la combinación de arcilla con ceniza de concha de abanico, Chimbote 2019" se crearon especímenes estándar; después de 28 días, estos especímenes produjeron hallazgos de resistencia de 216.3 kg/cm². Se alcanzaron resistencias de 225,5 kg/cm² con las probetas experimentales que contenían 10% y 5% de arcilla y ceniza de concha de abanico, y de 205,7 kg/cm² con las probetas experimentales que contenían 10% de arcilla y 10% de ceniza de concha de abanico. Se determina que el uso de un 10% y un 5% más de arcilla y ceniza de concha de abanico en lugar de cemento produjo la mejor resistencia.

Alvarado, M. (Huaraz 2019), Su objetivo era averiguar la resistencia del hormigón si se sustituía el 12% y el 20% de cáscara de huevo y arcilla por cemento en su estudio "Resistencia a la compresión del hormigón sustituyendo el 12% y el 20% de cemento por la combinación de cáscara de huevo y arcilla". Para ello se crearon 27 probetas de ensayo; se dividieron en 9 probetas estándar, 9 probetas experimentales al 12% (cáscara de huevo más arcilla) y 9 probetas experimentales al 20% (cáscara de huevo + arcilla). Las probetas se comprimieron a los 7, 14 y 28 días. El mortero normal arrojó un valor de 218,00 Kg/cm² a los 28 días. A los 28 días, el mortero experimental con 12% de adición alcanzó la resistencia de 217.8 kg/cm², mientras que el mortero con 20% de sustitución (combinación de arcilla + cascara de huevo) alcanzó una resistencia de 166,6 Kg/cm². Se determinó que el valor que más se asemejaba al mortero normal era con un 12% de sustitución.

Arce, C., Ramírez, S. (Moyobamba 2019), El objetivo del estudio de investigación "Elaboración de bloques de concreto liviano adicionando arcilla expandida para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba, 2019" fue mejorar las propiedades de la mezcla incluyendo 25%, 35% y 45% de arcilla en los bloques de concreto liviano. De acuerdo a los resultados de compresión, la muestra experimental con 35% de reemplazo tuvo una resistencia de 81,79 kg/cm², mientras que el bloque de mortero convencional adquirió 80,13 kg/cm² a los 21 días. Se determinó que el mejor porcentaje de adición es el 35%.

Fundamentación Científica

Mortero

Según Portland Cement Association, (2002) define al mortero como el producto resultante de una combinación de un aglomerante hidráulico (cemento Portland) y materiales conocidos como áridos (como piedra o cal hidratada), reunidos también con otros materiales que se introducen para mejorar sus propiedades como son:

- El periodo de servicio
- La manejabilidad o trabajabilidad
- La capacidad de retener el agua
- Su tiempo de vida útil (durabilidad)
- Las resistencias a esfuerzos.

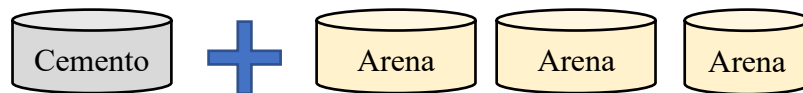
El mortero es una combinación de material granular fino: arena gruesa que pasa por el tamiz N°4 y las partículas que se retienen en el tamiz N°200 que se mezclan con un aglomerante como el cemento, la cal u otro, debe ser exactamente dosificada, para nuestra investigación la mezcla de mortero ha utilizado el cemento portland tipo I como material aglomerante, para que se inicie el proceso de hidratación del cemento en la formación del mortero se usa agua potable de acuerdo a la relación a/c= 0485, de acuerdo a la norma.

El mortero es una masa compuesta por áridos inorgánicos que son reunidos por el material cementante o aglomerante hidráulico y agua permitiendo un estado inicial plástico. Es común utilizar para trabajos de revestimientos de paredes y elementos o superficies planas que conforman los proyectos de mampostería o albañilería. Para el mortero de cal se utilizan los siguientes materiales: arena, agua y cal. Este tipo de mortero se logra distinguir por su peculiar color claro, su flexibilidad y la gran facilidad que posee al momento de su uso además de en su estado final endurecido presenta alta resistencia. El cemento portland que se ha utilizado como aglutinante es del tipo I, de características generales, si se agregad una cantidad menor de lo que señala la dosificación producirá morteros débiles o rugosos que gran dureza en su parte final pero mínima durabilidad. Los morteros con un alto contenido de cemento se retraen y desarrollan fracturas. Por estas razones, es vital buscar una dosis adecuada. Los aditivos que plastifican los morteros pueden utilizarse para solucionar su falta de

trabajabilidad. También se pueden mejorar alterando la dosis del mortero o añadiendo otros componentes más utilizados, como la cal (Calvo, 2001).

Proporciones de una mezcla de mortero

Según la Norma Técnica Peruana N° 334-051-2013 nos proporciona el procedimiento y metodología del ensayo para determinar la resistencia a compresión de una mezcla de mortero de cemento portland, usando probetas cúbicos de 5.0 cm por lado. Esta norma define que la resistencia a compresión para los morteros de cemento Portland, tiene que efectuarse llevando a la rotura los especímenes de 5.0 cm de lado, los cuales deben estar preparados con una mezcla de mortero que se elabora con la siguiente proporción:



La proporción es de 1 parte de cemento por 2.75 partes de arena. El agregado debe estar gradado y la dosificación debe ser realizada referente a la masa.

Para la cantidad de agua en la mezcla esta norma indica que la relación agua-cemento para las mezclas elaboradas con cemento portland sin aire incorporado deberá ser $a/c = 0.485$. los ingredientes en masa deben de combinarse o mezclarse en un solo mezclados en un solo tiempo por cada tanda de mortero.

Otros cementos deben mezclarse con suficiente agua para proporcionar una fluidez de $110 \pm 5\%$ después de 25 golpes en 15 segundos en la tabla de fluidez.

Para la elaboración de 6 probetas cubicas de ensayo se tendrá las siguientes cantidades:

Tabla 1:
Dosificación de mortero NTP 334.051- Para 6 muestras cubicas

	Agua (g)	Cemento (g)	Agregado fino (g)
Masa	242	500	1375
Proporciones	0.485	1.00	2.75

Tabla 2:
Dosificación de mortero NTP 334.051- Para 3 muestras cubicas

	Agua (g)	Cemento (g)	Agregado fino (g)
Masa	121	250	687.5
Proporciones	0.485	1.00	2.75

Estados y propiedades del mortero

Entre ellos podemos mencionar por ejemplo características o estado de un mortero como la fluidez, la durabilidad, la consistencia, la adherencia, la retención de agua y como algunas propiedades a la flexión y a la compresión, de estas características particulares del mortero la investigación evalúa tanto a la primera como a la última: fluidez y resistencia a compresión de una mezcla de mortero y como se ve influenciada esta o no, cuando se sustituye parte de cemento con arcilla calcinada de Recuay.

El mortero presenta una FLUIDEZ en su estado fresco y se debe contar con la lechada en ese estado para que se pueda introducir en las celdas o alveolos de las unidades de albañilería que poseen entre ellos acero de refuerzo, al ingresar el mortero no debe mantener la unión de los elementos que lo conforman, y es la fluidez del mismo que permite que se ubique en todos los espacios pasando por los refuerzos de acero sin separarse. Debido que las unidades de albañilería son elementos que poseen la tendencia a absorber el agua del material ligante como el mortero, esa absorción es considerable es por ello que es recomendable su humectación previa, sin no se realiza se distorsiona su grado de adherencia de la mezcla de mortero de cemento portland. La cantidad de agua y su capacidad que tiene el mortero para poder retenerla es sin duda un factor que logra influir de forma directa en el comportamiento futuro del elemento elaborado.

El mortero en su estado seco debe poseer un comportamiento lineal en el tiempo sin verse afectado en su superficie e interior ante efectos externos a esa capacidad se le

conoce como DURABILIDAD, la cual permite que la mezcla de mortero de cemento portland pueda ser capaz de soportar las condiciones de intemperismo del medio ambiente sin que presente signos prematuros de degradación ya sea externa o internamente. La durabilidad del mortero cumple un importante papel para la conservación de la integridad del elemento o estructura de una la albañilería de una edificación en su vida útil. Cobra relevancia mas aun cuando se trata de edificaciones que están expuestas a condiciones húmedas de suelos o que están ubicadas en zonas costeras, a aquellas edificaciones que se ubican en zonas que presentan ciclos de congelación y descongelación, para este ultimo caso las juntas elaboradas con mortero y que juntan las unidades de albañilería cumplen una labor esencial de gran importancia. Para ello es necesario incorporar aire a la mezcla en su estado fresco para aumentar la resistencia ante los efectos de variabilidad de volumen en que producen estos ciclos sobre las juntas; por otra parte no se ha de emplear unidades de albañilería muy absorbentes ni tampoco se debe adicionar grandes cantidades de agua ya que conlleva a la reducción de la durabilidad. La durabilidad se relaciona directamente con la densidad que tiene una mezcla de concreto es por ello que el mortero debe tener una adecuada dosificación de cemento que permita una buena concentración de la pasta en la mezcla con los agregados es decir mayor densidad.

Una mezcla de mortero logra demostrar mediante su propiedad de ADHERENCIA, requisito que permite la formación o una unión mecánica entre la unidad de albañilería y la mezcla de mortero. El nivel de adherencia de una mezcla de mortero va a contribuir con la mejora de su capacidad que tiene el sistema para tolerar los esfuerzos de cizalla o corte y los esfuerzos de tracción que son originados por la fuerzas externas. La conexión entre un mortero y las superficies de las unidades de albañilería se ve influenciada de forma significativamente por la plasticidad que poseam la capacidad de retener agua y su trabajabilidad.

Todo mortero tiene la capacidad de mantener una cantidad de agua en su hidratación a esta característica se le conoce como RETENCION DE AGUA del mortero, el cual posee todo mortero debido a que este se debe aplicar de forma normal entre unidades de albañilería las cuales logran absorber agua en cuanto ese ponen en contacto con sus superficies, es prioritario que la mezcla de mortero pueda ser capaz de retener la suficiente cantidad de agua que le permita tener un proceso de hidratación óptimo de

sus componentes aglomerantes y que pese a la absorción natural de las unidades de albañilería, logre alcanzar su resistencia especificada.

Toda mezcla de mortero debe ser MANEJABLE, es decir debe poseer en su estado fresco, así como relacionarse con otras como la consistencia, la adherencia, la cohesividad y, sobre todo la plasticidad. Esta capacidad o característica de la mezcla de mortero permite y facilita el proceso de alineación vertical que tienen las unidades de albañilería de cada hilada del muro, también se denomina TRABAJABILIDAD del mortero y es un componente crucial en la elaboración de los componentes de albañilería y se correlaciona de forma directa con el contenido de agua que se determina en el diseño de mezcla.

El comportamiento mecánico de la mezcla de mortero en su estado endurecido es prioritario para las respuestas que deben proporcionar los elementos antes fuerzas externas a este, por lo que es necesario que se determinen la capacidad de resistencia a los esfuerzos producidos por estas los diversos tipos de cargas.

La RESISTENCIA A FLEXIÓN de una mezcla de mortero se debe cuantificar para ello se debe ensayar de acuerdo a normatividad vigente, este proceso o prueba permite evaluar muestras de mortero las cuales deben apoyarse en dos rodillos de apoyo en la curvatura de una de las partes del encofrado (lateral), la carga aplicadas a las muestras deben de ser aplicadas mediante el rodillo que se ubica en la parte superior con un velocidad constante de 5 ± 1 kg/seg, las muestras luego de soportar estos esfuerzos a flexión llegan a su punto máximo de rotura, produciendo fragmento irregulares fracturados, las probetas deben de mantenerse húmedos hasta que se realice el ensayo de compresión en cada uno de ellos.

La distancia entre apoyos debe ser de 100 mm o 106,7 mm-, la resistencia a flexión se expresa en kg/cm^2 y se calcula utilizando $0,234P$ o $0,250P$, siendo P la carga de rotura máxima que se expresa en kg. Para ensayar probetas de mortero de cemento portland a flexión, las resistencias promedio se deben determinar con un mínimo de 4 especímenes por cada grupo de probetas con igual tiempo de curado, y para la resistencia a compresión el número se eleva a 6 especímenes. Las probetas o especímenes cúbicos a ensayar deben ser elaborados en moldes de bronce u otro material que no permita su deformación, luego de ensayarlos tanto se determina las

resistencias a compresión y a flexión tomando la media aritmética de todos los ensayos realizados por cada grupo de probetas con igual tiempo de curado.

Por su parte la propiedad mecánica de RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN se evalúa utilizando especímenes de mortero con forma cubica y se aplica la carga sobre una de sus caras que tiene 5.0 cm de lado. Cada uno de los elementos de prueba debe provenir de una previa prueba de flexión, el área sobre la que se pone en contacto con la prensa es de 25 cm², esta carga es aplicada sobre las dos caras de moldeo las que se sitúan entre los platos superficies de la prensa de compresión. La carga aplicada la probeta debe aumentar la carga a partir de 10 kg/cm²/seg hasta un máximo de 20 kg/cm²/seg, de manera constante es decir que debe poseer una velocidad uniformemente variada. Para cada proceso de ensayo el tiempo de duración no debe exceder el tiempo de 10 segundos, pese a que la carga puede aumentar con mayor rapidez hasta la mitad de la carga de rotura.

Agua para la mezcla

El agua que se debe emplear para elaborar una un mortero ha de ser limpia, libre de ácidos, de aceites, de productos álcalis, de sales y excentas de restos de origen orgánico. La función primordial del agua es hidratar el cemento, pero también forma parte importante en la mezcla para mejora de la trabajabilidad en su estado fresco, usándose como elemento importante en el curado del de mortero pasando hasta los 28 días.

Es posible el uso de un agua no potable siempre que se puedan cumplir las siguientes condiciones:

- La proporción estará de acuerdo a otros morteros elaborados con anterioridad en la que usaron la misma agua.

El material indispensable y primordial en una mezcla de mortero es el agua, ya que genera la capacidad ligante que debe poseer el cemento.

Para la elaboración de mezclas de mortero como para el proceso posterior de curado el agua a utilizar debe estar libre de contaminantes que causen perjuicios al fraguado o que puedan reaccionar de forma negativa, ya sea en la etapa inicial de su estado fresco o en la etapa final es su estado endurecido.

Para cada cantidad de aglomerante se tiene también una determinada cantidad de agua de forma tal que permita que el total del agregado pueda con normalidad su mezclado y se produzca un adecuado proceso de hidratar al cemento; la cantidad restante del agua cumple la función de mejorar las condiciones o de trabajabilidad es decir eleva la fluidez de la mezcla, el agua por tanto cumple la función de lubricante de los agregados, lo cual permite que la mezcla sea manejable. La cantidad de agua en la mezcla cuando se pasa del estado fresco al endurecido mediante el proceso de fraguado se genera una porosidad en la masa, esto llega a disminuir la resistencia. es por este motivo que si es necesario diseñar un mortero fluido es preferible el uso de materiales aditivos plastificantes.

Curado del mortero

El proceso de curado viene a ser el mantenimiento de una adecuada cantidad de humedad y de una óptima temperatura en el mortero en tiempos iniciales de elaboración, de tal forma que la mezcla en proceso de endurecimiento llegue a conseguir las propiedades para las cual ha sido diseñada.

Este proceso debe iniciarse luego del vaciado y el respectivo acabado de forma tal que el fraguado pueda conseguir que se produzca su resistencia y durabilidad requerida.

Durante el proceso de curado se logra mantener la humedad de los materiales cementantes en el mortero necesario para obtener un producto de calidad. No se debe permitir que se elimine la cantidad de agua para la reacción química de la hidratación del cemento ya que no se podrá conseguir alcanzar las propiedades potenciales del mortero. Otro de los factores a considerar en un buen proceso de curado es la temperatura la cual permite que la velocidad de hidratación sea constante por lo que desarrolla resistencia mayor a mayor temperatura.

El proceso de curado es importante por:

- Permite una resistencia al proceso de desgaste y también a la abrasión
- Reducción de la fracturación, cuarteo, pulverización y prematuro descascaramiento.
- Permite una ganancia de resistencia predecible,
- Si el proceso de curado no se aplica a la mezcla y se produce el fraguado en un ambiente seco es posible que solo logre alcanzar la mitad de su resistencia potencial.

- Mejora las propiedades de servicialidad y de su apariencia superficial es mas homogénea

Tabla 3: Periodos mínimo de curado para alcanzar 50% de resistencia

Cemento	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Temperatura (°C)	10	10	10
Días	6	9	3
Temperatura (°C)	21	21	21
Días	4	6	3

Periodo de endurecimiento

A esta etapa se le conoce como fraguado y corresponde al paso desde un es estado fluido al sólido que tiene una pasta, comúnmente suele malinterpretarse que el proceso endurecimiento es solo la ganancia de resistencia y no un cambio de estado. Se reconocen dos tipos de fraguado: inicial y final.

El fraguado inicial es el tiempo transcurrido desde que el agua y el cemento entran en contacto y se mezclan hasta que la mezcla pierde su fluidez hasta tal el punto de no tener plasticidad.

El fraguado final se considera a partir de la culminación de fraguado inicial hasta que la mezcla solidificada presenta ya unas características mecánicas de cierta resistencia es decir un endurecimiento progresivo en alza continua. El cemento al mezclarse con el agua se producen reacciones químicas que permite que este aglomerante hidraulico, se transforme en un producto que aglomera o reúne es decir una pasta, que se encarga de formar con los agregados al paso de tiempo una masa es más firme ya que envuelve a los agregados y los mantiene reunidos conformando una masa monolitica hasta su etapa de servicio.

Parámetros o factores que se relacionan con la fragua inicial y fragua final. son:

- El primer parámetro es la relación entre el agua y el cemento A/C: mientras más líquida o más agua contenga la pasta tendrá un fraguado inicial más

duradero en tiempo, será más fluida y tardará mucho en que su fluidez disminuya y se inicie el fraguado final.

- La temperatura ambiental del entorno donde se elabora la mezcla cuanto mayor sea el secado del agua de la mezcla será más veloz lo que representa que la fluidez se perderá más rápidamente.
- Humedad relativa del ambiente influye de forma directa en una pasta de cemento ya que se la humedad ambiente es baja, el entorno ambiental quita humedad (cantidad de agua) de la pasta por tanto se seca con mayor rapidez o pierde fluidez más pronto.

La Relación Agua-Cemento (A / C)

Según (Powers, 1959) esta relación es fundamental dentro de la composición de una mezcla de mortero. Su importancia de ella es por la influencia que posee sobre la resistencia a compresión o tracción que tendrá la mezcla en su estado endurecido además de influir en su durabilidad y su proceso de retracción.

La relación A/C viene a representar el parámetro más importante de la tecnología de concreto y no solo una cantidad de agua y cemento. Las propiedades de resistencia y la durabilidad dependen de ella, también la retracción y la fluidez de la mezcla. La relación A/C define cual es la forma interna estructural de una masa de cemento y agua en su etapa final es decir cuando las masas están endurecidas o solidificadas.

La relación A/C se define como:

$$R = A / C$$

Donde:

R= relación agua-cemento

A= masa de agua

C= masa de cemento

La relación agua - cemento es mayor si se eleva el valor del agua o cuando disminuye cuando contenido de cemento es mayor, es decir es directamente proporcional al agua e inversamente proporcional al cemento.

Cuanto menor valor tenga esta relación más favorable son las propiedades de la pasta de cemento endurecida.

Equipo en obra

- Moldes cúbicos de bronce de 5cm de lado (5cm x 5cm x 5cm).
- 15cm de largo, 1,25cm de ancho y 2,5cm de base. La barra se aplanará.
- Cubo de vertido y losa de ladrillo.
- Cinta transparente para el revestimiento del molde cúbico

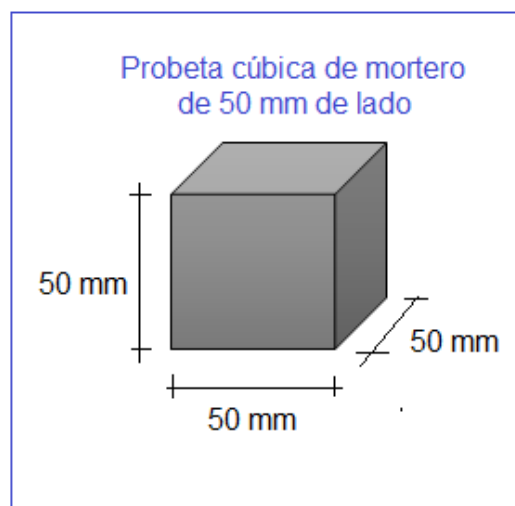
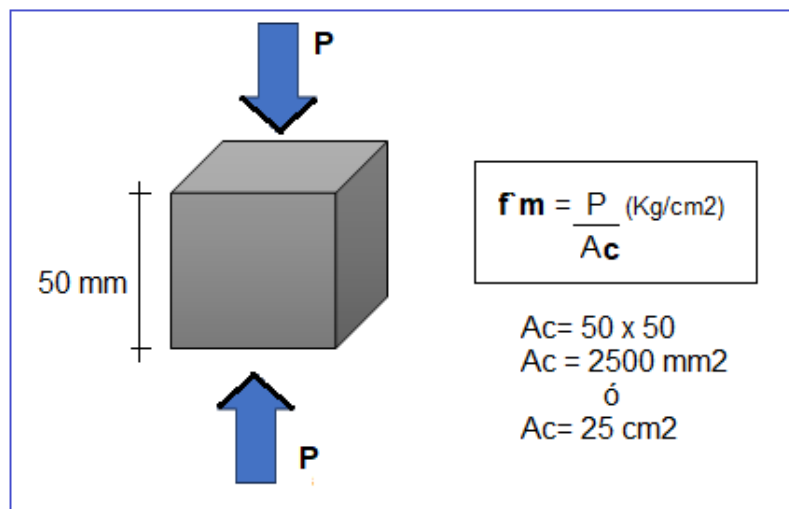


Figura 1. Dimensiones de la muestra de mortero.

Procedimiento para obtener Muestra

Tras añadir el hormigón a la mezcladora, se arrastra con una espátula el mortero pegado a las paredes hasta el fondo del recipiente y se pone la mezcladora a velocidad media durante 15 segundos (285±10 revoluciones/min).

Una vez finalizada la mezcla, se retira el mortero pegado a la pala mezcladora y se deposita en el recipiente.

Antes de que hayan transcurrido 150 segundos desde la primera mezcla de mortero, deben empezar a llenarse los compartimentos. Debe haber un mínimo de tres cubos creados para la prueba de compresión.

Antes de 150s, medidos desde la finalización de la primera mezcla de mortero, los compartimentos deben estar llenos. Se deben construir como mínimo cuatro cubos para la prueba de compresión.

Cada compartimento recibe una capa de mortero de 25 mm, que se compacta en unos diez segundos mediante 32 pasadas del compactador. Como se muestra en la Fig. 1, estas pasadas se aplican a la superficie de la probeta en cuatro capas, cada una de las cuales consta de ocho pasadas consecutivas. Los golpes de cada etapa deben efectuarse en dirección perpendicular a la etapa anterior. La presión del compactador debe ajustarse para garantizar un llenado uniforme de los compartimentos.

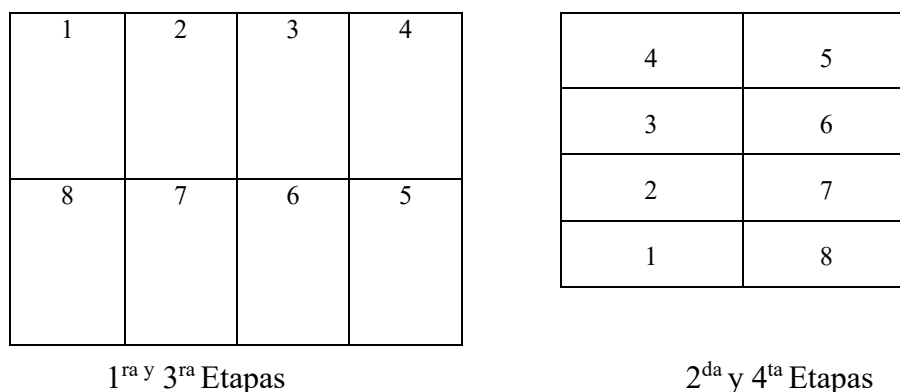


Figura 2. parámetros de compactación del mortero

Cada compartimento debe tener las cuatro fases de compactación completadas antes de pasar al siguiente. Una vez realizado el procedimiento anterior en todos los compartimentos, se rellena y apisona una segunda capa de la misma manera que la primera.

Durante la compactación de la segunda capa, al final de cada paso y antes de comenzar el siguiente, el mortero que se ha colocado en los bordes del molde se inyecta en los compartimentos utilizando los dedos.

Las caras superiores de los cubos deben quedar algo más altas que los márgenes superiores del molde tras la compresión.

Utilizando el badilejo como soporte, vierta en los compartimentos el mortero que se ha aplicado en los bordes del molde.

Una vez en sentido perpendicular a la misma longitud y otra vez en sentido longitudinal, hay que pulir la superficie de los cubos utilizando la cara plana del badilejo. Con un movimiento de corte a lo largo de la longitud del molde, se sujeta el badilejo casi perpendicularmente mientras se retira el mortero que sobresale de la cara superior.

Almacenamiento de los cubos

Una vez finalizado el proceso de llenado, el conjunto formado por los cubos, el molde y la placa debe dejarse en la cámara húmeda entre 20 y 24 horas, con las caras superiores abiertas al aire pero protegidas de las gotas de agua que puedan caer.

Los cubos deben mantenerse en la cámara húmeda hasta que transcurra este tiempo si se sacan de los moldes antes de las 24 horas. Los cubitos en tanques de almacenamiento no corrosivos deben sumergirse en agua si no se van a someter a prueba antes de 24 horas. Para que el agua de almacenamiento esté siempre limpia, debe cambiarse periódicamente.

Determinación de la resistencia a la compresión

ensayar las probetas tan pronto como se saquen del agua de almacenamiento en los otros escenarios, o de la cámara húmeda en caso de ensayar a las 24 horas de edad.

Se recomienda ensayar cada cubo dentro de los límites indicados en la siguiente tabla.

Tabla 4

Tolerancias para ensayo de compresión de los cubos de mortero

Tiempo de probeta (día)	Tolerancia de tiempo (hora)
1	+/- 0.5
3	+/- 1
7	+/- 3
28	+/- 12

Si se sacan varios especímenes simultáneamente de la cámara húmeda para el ensayo de 24 horas, deben cubrirse con una toalla húmeda hasta que vaya a comenzar el ensayo. Si se sacan simultáneamente varios especímenes del agua de almacenamiento, deben almacenarse en agua a 23 °C +/- 1,7 °C y a una profundidad suficiente para mantener sumergido cada espécimen hasta el momento del ensayo.

Expresión de resultados

Tras la anotación del valor de la carga máxima que llevo alcanzar la prensa de ensayos al momento de la rotura, se debe calcular la resistencia a la compresión mediante el uso de la siguiente formula:

$$f_m = P / A$$

donde:

f_m= Resistencia a la compresión (MPa)

P= carga máxima de rotura (N)

A = área de contacto de carga (mm²)

Factores que afectan la Resistencia

La relación agua- cemento (a/c). - Es el principal determinante de la resistencia del mortero. La resistencia a la compresión del hormigón, haya o no aire, está influida por

la relación peso/cemento. En ambas situaciones, la resistencia disminuye a medida que aumenta la relación peso/cemento.

El contenido de cemento. A medida que disminuye la concentración de cemento, disminuye también la resistencia.

El tipo de cemento. A medida que disminuye la concentración de cemento, disminuye también la resistencia.

Las condiciones de curado. El hormigón debe mantenerse con humedad durante el para que su obtención de resistencia mejore gradualmente porque la reacción del proceso de hidratación del cemento cuente con la óptima cantidad de agua sobre la superficie del elemento.

CEMENTO

El cemento portland se fabrica pulverizando clínker, que es obtenido de la calcinación de material calcáreos y arcillosos a temperaturas por encima de los 1500°C durante horas de cocción.

Componente importantes del cemento

- Silicato tricálcico, que incide inmediatamente en el calor de hidratación y le proporciona su resistencia inicial.
- Silicato dicálcico, que establece la durabilidad e incide menos en el calor de hidratación.
- El aluminato tricálcico, un catalizador de la reacción del silicato que produce un ambiente violento. Debe incluirse en la fabricación del cemento para evitar que esto ocurra.
- La ferrita tetracálcica, o aluminio, afecta a su vez a la velocidad y al calor de hidratación.
- Elementos menores: manganeso, titanio, potasio, sodio y óxido de magnesio.

El cemento Portland según la Asociación Americana del Cemento señala es un tipo de cemento hidraulico que se compone principalmente por silicatos de calcio. Este cemento logra fraguar y endurece debido al proceso de reacción química que se produce al contacto con el agua. Al producirse la reacción química se inicia con ella el proceso de hidratación formándose una masa plásticas en su etapa inicial y

endurecida como una roca en su etapa final. La mezcla de cemento y agua en su etapa fluida se le conoce como pasta de cemento. Al adicionar los agregados ya sean arenas piedras: chancada o triturada, pedrejón etc; entonces la tarea o función de la pasta es reunir o adherir estas partículas granulares actuando así como un adhesivo que llega a formar una masa homogénea denominada concreto, material mas usado en la industria de la construcción a nivel local y mundial.

El cemento Portland se elabora con materia prima conformada por calizas y arcillas, los cuales aportan compuestos químicos como los óxidos de calcio y óxidos de sílice respectivamente, también se incorporan los óxidos de aluminio presentes en las escorias de altos hornos, entre otros.

Propiedades físicas del cemento:

De acuerdo a la Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM) en su Norma C.150-2007. En las especificaciones técnicas del cemento indica para la evaluación y control de la calidad del cemento han de realizarse mediante sus propiedades físicas de este. Estas pruebas no se deben usar para interpretar la calidad final de una mezcla de mortero o concreto a pesar ambos se relacionan. Todos los ensayos de las propiedades físicas se rigen a las normas vigentes del ACI, NTP ASTM etc. se adecuan de acuerdo a cada tipo de cemento a evaluar. Podemos mencionar las propiedades físicas tales como:

Tabla 5
Propiedades de cemento Portland

Propiedad	Característica
Finura y tamaño de las partículas:	Finura superficie específica Blaine 360 m ² /kg.
Tiempo de fraguado:	El tiempo de fraguado del cemento portland se realiza mediante la prueba de Vicat: Fraguado inicial 2h 48m. Fraguado final 3h 55m
Contenido de aire	: 9.0%
Estabilidad de volumen:	Expansión de autoclave 0.2%
Densidad:	Cemento portland recién fabricado: 3.10 12
Contenido de partículas %:	Mayores a10 µm 48;

entre 10 y 45 μm 46
y mayores a 45 μm 7

Tabla 6
Los compuestos químicos de materiales para fabricación del cemento

Porcentaje	Componente químico	Origen
95 %	Óxido de calcio	Rocas calizas
	Óxido de sílice	Areniscas
	Óxido de aluminio	Arcillas
	Óxido de fierro	Arcillas, piedra piritita, minerales de hierro
5 %	Oxido de magnesio	
	Sodio, titanio, potasio, azufre, magnesio, fosforo	Minerales varios

Tipos de Cementos:

- Tipo I, destinado al uso general, no requiere las cualidades únicas enumeradas para cualquier otro tipo.
- Tipo II: destinado a todas las aplicaciones, especialmente en los casos en que se requiera una resistencia leve a los sulfatos.
- Use el Tipo III cuando sean necesarias grandes intensidades de inicio.
- Tipo IV: se utiliza cuando se requiera menos calor durante la hidratación.
- Utilice el Tipo V cuando se requiera un alto nivel de resistencia a los sulfatos.

Tabla 7.
Componentes del cemento Portland tipo I.

Componentes	Cemento Pacasmayo Tipo I
Cal Combinada: <u>CaO</u>	62.5%
Sílice: SiO ₂	21%
Aluminio: Al ₂ O ₃	6.5%
Hierro: Fe ₂ O ₃	2.5%
Óxido de Azufre: SO ₃	2.0%
Cal Libre: <u>CaO</u>	0.0%
Magnesio: MgO	2.0%
Perdida al Fuego: P. F	2.0%
Residuo Insoluble: R. I	1.0%
Álcalis: Na ₂ O + K ₂ O	0.5%

AGREGADOS

Los áridos son componentes inertes, granulares, naturales o artificiales que, al ser aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua, producen un conjunto compacto (piedra artificial) denominado mortero u hormigón.

Agregado fino: Los áridos finos se definen como arena o piedra de origen natural que ha sido finamente triturada y cumple los requisitos especificados en la norma ITINTEC 400.037. También deben pasar la criba de 9,5 mm (3/8").

Módulo de fineza: Sirve como indicador aproximado del tamaño medio del agregado. Este indicador indica el estado del agregado cuando es bajo; cuando es alto, ocurre lo contrario.

Sume los porcentajes acumulativos conservados en la serie de mallas estándar (3", 1 ½", ¾", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100) y divida el resultado por 100 para hallar el módulo de finura de un agregado.

La arena debe tener un módulo de finura de al menos 2,3 y no más de 3,1, según la norma ASTM.

El hormigón o concreto con un módulo de finura de entre 2,2 y 2,8 tiene menos segregación y es más trabajable.

El rango ideal del módulo de finura para el hormigón de alta resistencia se sitúa entre 2,8 y 3,1.

Tamaño máximo de agregados: La abertura de malla situada directamente encima de la que mantiene un 15% o más después de que el árido más grueso se tamice a través de ella indica el tamaño máximo del conjunto de áridos.

Contenido de Humedad (w)

El contenido de agua dentro de un agregado, expresado en porcentaje es por definición:

$$\% \text{ humedad} = \% w = (H-S)/S \times 100$$

Donde:

H= peso del agregado húmedo

S= peso del agregado en condición seca.

Absorción (a)

Suele expresarse en porcentaje y representa el volumen de agua necesario para que un árido pase de un estado seco a un estado de saturación superficial.

$$\% \text{ absorción} = \% a = (D-S)/S \times 100$$

Donde:

D = peso del agregado saturado y superficialmente seco.

S = peso del agregado en condición seca

Humedad Superficial

La diferencia entre el contenido de humedad (%w) y el porcentaje de absorción (%a) da la humedad superficial.

Casos que se presentan:

En el caso de que $\%w > \%a$, el árido añade agua libre a la mezcla; para obtener el agua efectiva o neta, esta cantidad debe restarse del agua de diseño.

Si $\%w < \%a$, el árido eliminará agua de la mezcla (agua faltante) para alcanzar el estado óptimo, y esta cantidad de agua debe aportarse a la mezcla para que no se modifique el agua de diseño.

ARCILLA

Es un suelo o roca sedimentaria compuesta por agregados de silicatos de aluminio hidratados formados tras la degradación de rocas que contienen feldespato, como el granito. Su color varía en función de las impurezas que contenga, oscilando entre el rojo anaranjado y el blanco cuando es puro.

Arcilla del período cuaternario (400.000 años)

Se clasifica como coloide por sus partículas extremadamente diminutas y su superficie lisa. Las partículas de arcilla tienen un diámetro inferior a 0,002 mm. Los fitolitos no minerales pueden estar presentes en el componente textural de la arcilla. Químicamente, es un silicato hidratado de alúmina con la fórmula $Al_2O_3 - 2SiO_2 - H_2O$.

Cuando se calienta por encima de 800 °C, adquiere flexibilidad al combinarse con el agua, así como sonoridad y dureza. La arcilla cocida al fuego fue la primera cerámica fabricada por la humanidad, y actualmente es uno de los materiales más asequibles y utilizados. Con la arcilla se fabrican ladrillos, utensilios culinarios, piezas de arte e incluso instrumentos musicales como la ocarina. También se emplea en diversas actividades de la industria entre ellas tenemos a la industrial de fabricación del papel, la fabricación de cemento y los procesos químicos.

La superficie específica o área superficial de una arcilla se define como el área de la superficie exterior más el área de la superficie interior (si la hay) de las partículas componentes, dada en m^2/g por unidad de masa.

Las arcillas tienen una gran superficie específica, lo que es crítico para algunas aplicaciones industriales porque la interacción sólido-fluido depende directamente de esta característica.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de superficies específicas de arcillas:

- Caolinita de elevada cristalinidad hasta $15 m^2/g$
- Caolinita de baja cristalinidad hasta $50 m^2/g$
- Halloisita hasta $60 m^2/g$
- Illita hasta $50 m^2/g$

- Montmorillonita 80-300 m²/g
- Sepiolita 100-240 m²/g
- Paligorskita 100-200 m²/g

La clasificación de las arcillas

Arcilla primaria: Este apelativo se da a un yacimiento que se descubre en el mismo lugar donde se originó. La única arcilla principal conocida es el caolín.

Arcillas secundarias: son aquellas que, como consecuencia de factores físicos o químicos, se han desplazado después de formarse. Se trata del gres, la arcilla de bola, la arcilla de superficie, la arcilla refractaria y el caolín secundario.

Las arcillas filíticas y las arcillas fibrosas pueden distinguirse entre sí por las características estructurales de sus componentes.

Además, las arcillas pueden identificarse en función de su maleabilidad. Existen dos tipos de arcilla: la de baja plasticidad (como la arcilla esméctica, que absorbe los lípidos) y la arcilla plástica (como la arcilla caolinítica).

Por último, existen arcillas de descalcificación, arcillolitas (esquistos arcillosos), arcillas calcáreas y arcilla con bloques (arcilla, grava y bloques de piedra procedentes de morrenas).

Arcillas activadas

Es la reacción química a la que se somete la arcilla mediante diversos procedimientos para conseguir una composición adecuada a las necesidades, ya sean industriales, de construcción u otras actividades.

Desde aproximadamente 1880 se utilizan arcillas clarificantes naturalmente activas. La bentonita y otras arcillas silíceas pueden tratarse con ácidos para producir arcillas clarificantes muy activas. Las tecnologías modernas han cambiado en gran medida el uso tradicional de las arcillas como agentes blanqueadores en la claridad de los aceites de color oscuro a lo largo del tiempo. Las arcillas clarificantes han evolucionado hasta convertirse en arcillas absorbentes, y la capacidad de intercambio iónico de estas arcillas, sus cualidades ácidas y catalíticas y su capacidad para adsorber colorantes y otros contaminantes indeseables de los aceites son cualidades muy significativas.

Las tecnologías modernas han cambiado en gran medida el uso tradicional de las arcillas como agentes blanqueadores en la claridad de los aceites de color oscuro a lo largo del tiempo. Las arcillas clarificantes han evolucionado hasta convertirse en arcillas absorbentes, y la capacidad de intercambio iónico de estas arcillas, sus cualidades ácidas y catalíticas y su capacidad para adsorber colorantes y otros contaminantes indeseables de los aceites son cualidades muy significativas.

Los agregados para mortero – Arena

La reglamentación técnica en nuestro país (NTP-2103) ha establecido que el material que tiene un origen a partir de la desintegración de forma natural o mecánica de las rocas son los agregados y específicamente las arenas son aquellas partículas que logran pasar la malla N° 4 y se retienen en la malla N°200 en este rango de gradación se encuentran las arenas o agregado fino.

Para el uso en la construcción las arenas deben ser gradadas, deben estar compuestas de sílice en estado natural, las partículas deben presentar una superficie redondeada de acuerdo con lo establecido en la norma técnica peruana NTP.334-097. Las arenas que se usaran en la elaboración de morteros, como es el caso la presente investigación tiene que ser previamente gradada y cada grupo se debe cumplir con los límites de su rango tal como se aprecia en la tabla de gradación de arenas.

Tabla 8:
Los porcentajes que pasa en la gradación de arena

Tamiz	Porcentaje pasante	
	Arena natural	Arena manufacturada
N°4	100	100
N°8	95 – 100	95 - 100
N°16	70 - 100	70 - 100
N°30	40 – 75	40 – 75
N°50	10 – 35	20 - 40
N°100	2 – 15	10 – 25
N°200	0 – 5	0 – 10

Fuente: NTP 339-607(2013)

Justificación de la Investigación

Justificación social:

Dado que el cemento es el material más costoso (en términos de transporte, electricidad, etc.) y el más utilizado en el sector de la construcción, proponemos una solución novedosa en la que una parte del peso del cemento se sustituye por arcilla. Con este método reduciremos su desorbitado coste.

Justificación científica:

En consecuencia, y en función de las exigencias particulares, es fundamental investigar las principales propiedades del mortero cuando se añade arcilla, así como la forma en que puede influir en la trabajabilidad, resistencia, durabilidad y aplicación de la mezcla en la construcción.

Debido a la abundancia y alta calidad de la arcilla, ésta podría utilizarse en la construcción.

Problema

Planteamiento del Problema

Las condiciones esta realidad y contexto se plantea el siguiente problema de investigación:

Formulación del Problema

¿Cuál es la resistencia a compresión de un mortero cuando se sustituye el cemento en un 10% y 15% de arcilla de Recuay-Huaraz, 2024?

OPERACIONALIZACION DE VARIABLE:

Tabla 9

Variable dependiente: “Resistencia a la compresión del mortero”

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	Indicador
	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un de mortero bajo una carga capaz de	

Resistencia a la compresión del mortero	material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005).	cumplir con las condiciones indicadas en la norma N.T.P.	Kg/cm ²
Fluidez	La cantidad necesaria de agua del mortero de cemento para su homogeneización entre el cemento y el árido (arena) (NB-473	El porcentaje de fluidez se debe encontrar entre: %F = 110 ± 5% según el ensayo con la mesa de fluidez y el mortero en estado fresco	%

Tabla 10

Variable independiente: sustitución 10% y 15% de arcilla de Recuay-Huara, 2024

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Sustitución de 10% y 15% de arcilla de Recuay-Huaraz, 2024	Es la sustitución del 10% y 15% de arcilla de Recuay-Huaraz, 2024 en el diseño del mortero.	Porcentaje (%)

Hipótesis

Hipótesis General

Cuando se sustituye un 10% y 15% de arcilla de Recuay-Huaraz, 2024, se mejoraría la resistencia y la trabajabilidad de un mortero.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la resistencia a la compresión y fluidez de un mortero cuando se sustituye un 10% y 15% de arcilla de Recuay-Huaraz, 2024

Objetivos Específicos

- Determinar la temperatura y tiempo óptimo de calcinación de la arcilla mediante el ensayo de Análisis Térmico Diferencial.
- Activar térmicamente los precursores puzolánicos y determinar la composición química de la arcilla mediante la fluorescencia de rayos x.
- Determinar la trabajabilidad del mortero mediante la fluidez de la muestra patrón y de la muestra experimental don se agregue la arcilla.
- Determinar y comparar la resistencia a la compresión y su fluidez de los morteros con 0% y 10% y 15% de sustitución al cemento con arcilla de Recuay a los 3,7 y 28 días de curado.

METODOLOGÍA

Tipo y Diseño De Investigación

Tipo De Investigación



















El tipo de estudio es aplicable, explicativo (ya que los resultados ayudaron a resolver problemas relacionados con la construcción) y aplicativo (porque evalúa la resistencia alcanzada cuando se cambia una determinada proporción de cemento por arcilla).

Diseño De Investigación

Se trata de un diseño experimental porque se ha estudiado el diseño del mortero y se logra evaluar un nuevo diseño que sustituya algo de arcilla. La mayor parte del estudio se ha realizado mediante la elaboración de pruebas y de ensayos que se realizaron en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro donde el investigador interactuó con los procedimientos de forma directa y se consiguió obtener resultados acordes con los objetivos que se plantearon.

Siendo el diseño de investigación el que se muestra a continuación:

Tabla 11
Diseño de bloque completo al azar

Días de Curado	Sin Sustitución 0%	Con Sustitución 10% y 15%
3		
		
		
7		
		
		
28		
		
		

Población

El conjunto de cubos de mortero con un diseño que puede satisfacer los requisitos de resistencia enumerados en el reglamento N.T.P. sirve como población para este estudio.

Muestra

Para este estudio se trabajó con una muestra de 27 cubos de morteros, 9 morteros sin sustitución y 18 morteros con sustitución de 10% y 15% de arcilla de Recuay-Huaraz, 2024

Técnicas e Instrumentos de Investigación

Técnicas

Tabla 12

Técnicas e Instrumentos de Investigación

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO
	- Guía de observación Y Resumen.
Observación Científica	- Fichas Técnicas de laboratorio de las pruebas a realizar.

Para documentar la resistencia a la compresión y la resistencia de los cubos de mortero y las fichas de laboratorio para las distintas pruebas, utilizaremos una guía de observación. (ver anexos).

RESULTADOS

Análisis térmico diferencial ATD.

En el laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo, la muestra extraída de la arcilla fue secada, tamizada, triturada en un mortero y luego pasada por la malla No. 200 a un gramo para realizar un análisis térmico diferencial

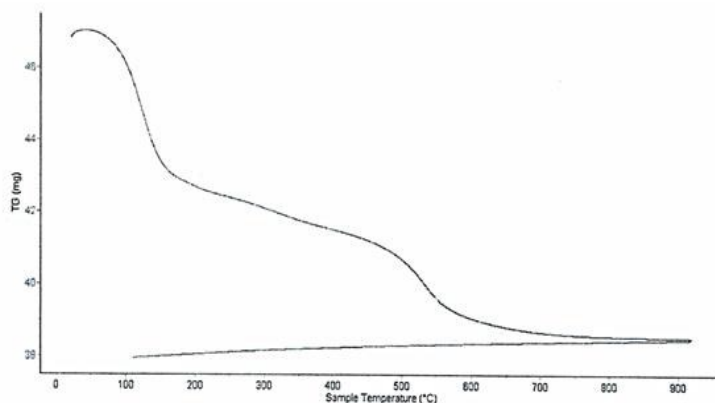


Figura 3. curva de pérdida de masa- análisis termo gravimétrico de la arcilla

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

El gráfico muestra dos pérdidas de masa significativas: la primera se produce entre los 90 y los 140 grados Celsius, cuando la evaporación provoca una pérdida de agua casi constante; la segunda tiene lugar entre los 470 y los 550 grados Celsius, tras lo cual se produce una pérdida de masa gradual hasta los 920 grados Celsius.

En el intervalo de temperaturas examinado, pierde alrededor del 24% de su masa inicial.

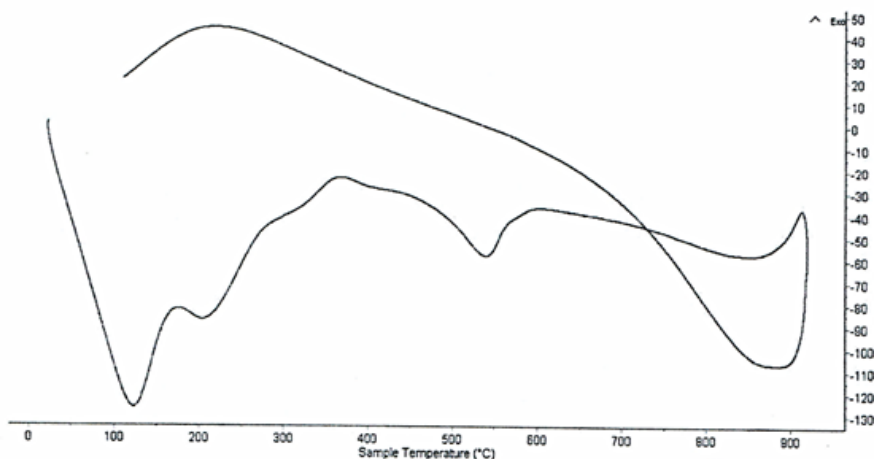


Figura 4. curva calorimétrica dsc de la arcilla

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

Está absorbiendo calor y provocando un cambio en la capacidad calorífica, que se manifiesta en un calentamiento. Como resultado, se producirá una evaporación y una transición endotérmica en torno a los 530° C, donde libera energía y se produce un proceso de oxidación. La curva muestra un pico endotérmico a unos 110°C y una pequeña región endotérmica entre 170° y 220°. Utilizaré este valor como guía mientras calcino el material durante dos horas a 530° C.

Composicion y estructura quimica

Caracterizacion del material

Tabla 13

Composición química básica de la arcilla

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	51.772	
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	43.000	Espectrometría de Fluorescencia De Rayos X
Oxido de Potasio (K ₂ O)	3.406	
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	1.033	
Oxido de calcio (CaO)	0.711	
Oxido de Manganeso (MnO)	0.101	
Oxido de Cadmio (CdO)	0.027	

fuelle: nsayo en el laboratorio UNT

INTERPRETACIÓN:

La composición química fundamental de la sustancia se determina utilizando los resultados del examen de espectrometría de fluorescencia de rayos X. con grandes porcentajes de Trióxido de Aluminio y Dióxido de Silicio, que son componentes del cemento. En resumen, el análisis arrojó resultados positivos, ya que podemos confirmar que se trata de una sustancia cementante.

RESULTADOS DE LA TRABAJABILIDAD

Para la trabajabilidad del mortero se valuó mediante la fluidez de la mezcla de mortero en su estado fresco de la mezcla patrón y experimental.

Para la determinación del porcentaje de fluidez se llevó a cabo utilizando cementos NTP 334.057. Se realizaron cuatro mediciones después de la prueba para determinar la fluidez del **mortero patrón** de cemento Portland, utilizando una relación w/c de 0,485.

- 20.80
- 20.60
- 21.40
- 31.30

Con estos valores se obtiene un promedio de 21.03 cm² lo cual llevado a la fórmula de % fluidez, se tiene:

$$\%fluidez = \frac{\text{Diametro promedio} - 10.16}{10.16 \text{ cm}} * 100$$

$$\%fluidez = \frac{21.03 \text{ cm} - 10.16}{10.16 \text{ cm}} * 100$$

$$\%fluidez = 106.94$$

Con la relación w/c de 0,485x1 que proporciona la NTP 334.051, obtengo un porcentaje de fluidez del 106.94%. Para tener la misma trabajabilidad, se realizó con las otras mezclas de mortero experimental.

Se realizaron cuatro mediciones después de la prueba para determinar la fluidez del **mortero experimental con 10%** de sustitución de cemento Portland por arcilla, utilizando una relación w/c de 0,485.

- 20.20
- 20.30

- 21.00
- 21.20

Con estos valores se obtiene un promedio de 21.18 cm² lo cual llevado a la fórmula de % fluidez, se tiene:

$$\%fluidez = \frac{\text{Diametro promedio} - 10.16}{10.16\text{cm}} * 100$$

$$\%fluidez = \frac{21.18\text{cm} - 10.16}{10.16\text{cm}} * 100$$

$$\%fluidez = 108.42$$

Con la relación w/c de 0,485x1 que proporciona la NTP 334.051, obtengo un porcentaje de fluidez del **108.42%**.

Finalmente también se realizaron cuatro mediciones después de la prueba para determinar la fluidez del **mortero experimental con 15%** de sustitución de cemento Portland por arcilla, utilizando una relación w/c de 0,485.

- 20.20
- 20.60
- 21.10
- 21.20

Con estos valores se obtiene un promedio de 21.28 cm² lo cual llevado a la fórmula de % fluidez, se tiene:

$$\%fluidez = \frac{\text{Diametro promedio} - 10.16}{10.16\text{cm}} * 100$$

$$\%fluidez = \frac{21.28\text{cm} - 10.16}{10.16\text{cm}} * 100$$

$$\%fluidez = 109.40$$

Con la relación w/c de 0,485x1 que proporciona la NTP 334.051, obtengo un porcentaje de fluidez del **109.4 %**.

Tabla 14
Resumen de Fluidez de morteros

	Diámetro promedio final	Diámetro inicial	Fluidez
Mortero Patrón	21.03	10.16	106.94 %
Mortero experimental con 10%	21.18	1016	108.42 %
Mortero experimental con 15%	21.18	10.16	109.40 %

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de Materiales – USP – Franz Cruzate Domínguez. 2024

Análisis granulométrico del agregado fino

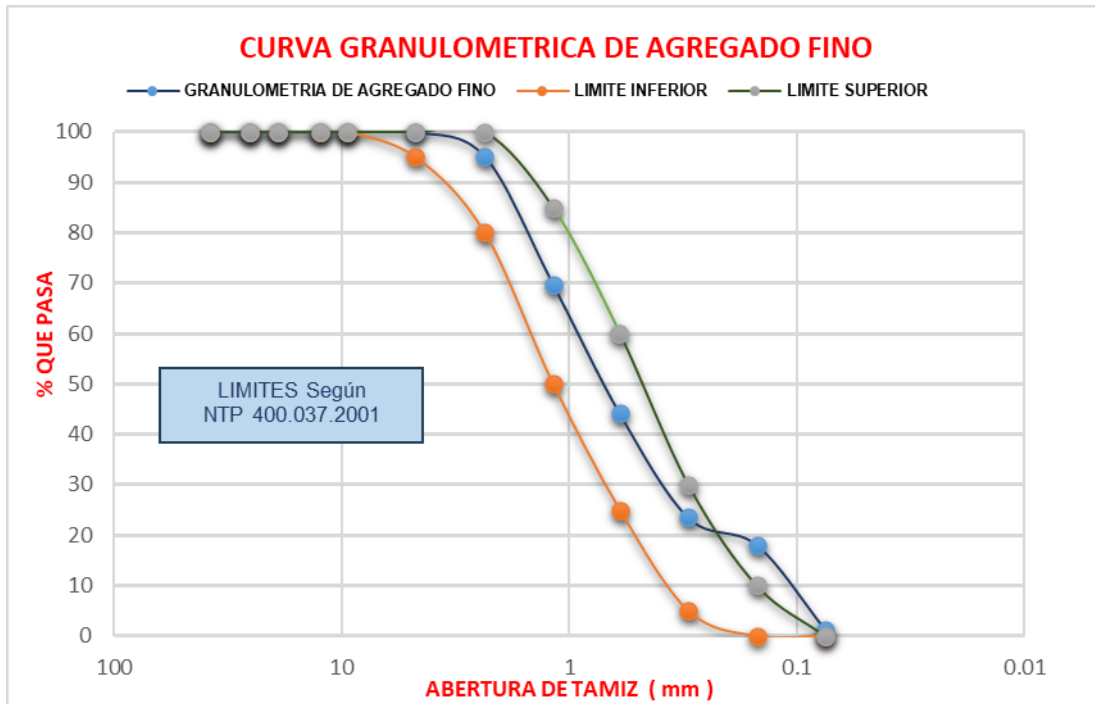


Figura 5: Curva Granulométrica de Arena Gruesa

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de Materiales – USP – Franz Cruzate Domínguez. 2024

Respecto a la arcilla en estado natural se realizó un proceso de lavado por 3 veces y se paso por por malla organza para solo conservar partículas menores

Luego se dejo secar de forma natural y posteriormente se le sometió a ensayos para determinar sus limites de Atterberg, los resultado se muestran en la tabla 15:

Tabla 15
Límites de consistencia

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
Nro. DE ENSAYO						
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	52.30	54.00	52.50	24.80	24.70	24.80
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	40.30	42.80	40.40	23.80	23.70	23.80
PESO DE LA TARA (gr.)	18.20	21.30	18.10	18.30	18.30	18.30
PESO DEL AGUA (gr.)	12.0	11.20	12.10	1.00	1.00	1.00
PESO SUELO SECO (gr.)	22.10	21.50	22.30	5.50	5.40	5.50
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	54.30	52.09	54.26	18.18	18.52	18.18
Nro. DE GOLPE	33	26	21	18.29		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de Materiales – USP – Franz Cruzate Domínguez. 2024

Limite liquido = 53.51%

Limite plástico = 18.29%

Índice de plasticidad = 35.22%

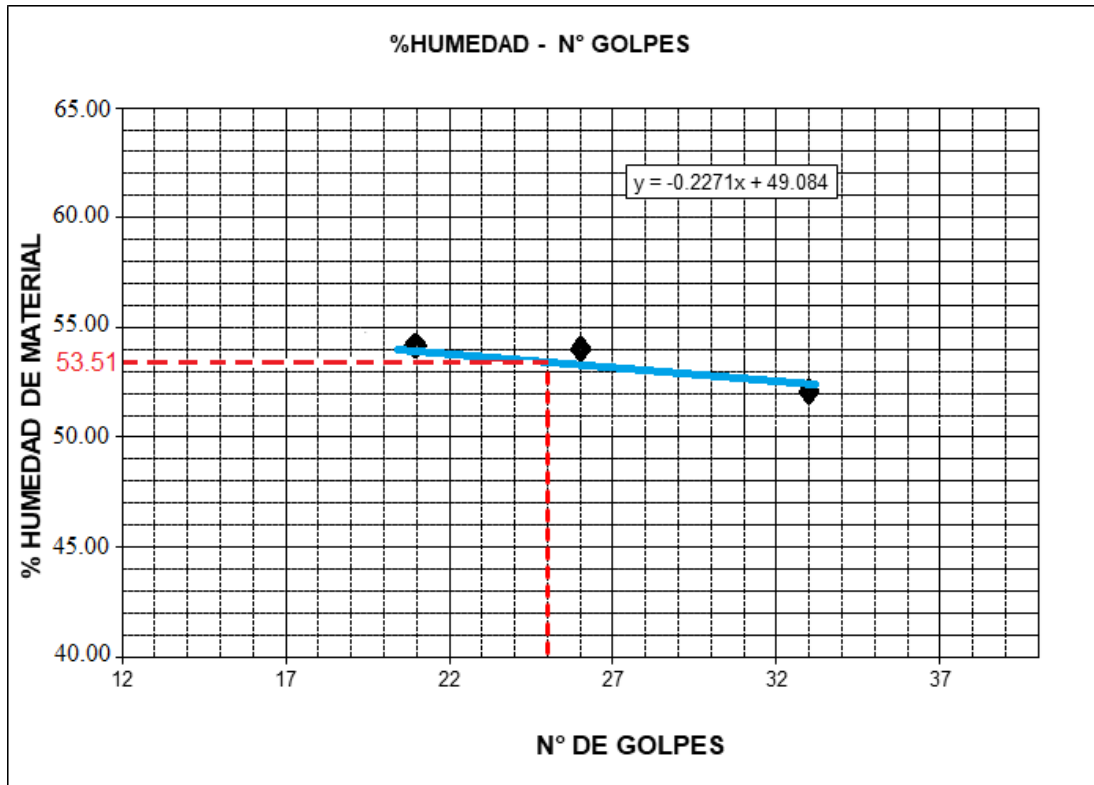


Figura 6. intersección de numero de golpes y el % humedad para encontrar el límite líquido

Resistencia a la compresión

Mortero Patrón

Tabla 16
Resistencia a compresión a los 3, 7 y 28 días de curado del mortero patrón.

Días de curado	Resistencia a compresión de (kg/cm ²)	
	Muestras cubicas	Promedio
3	199.53	206.06
	201.42	
	199.22	
7	239.62	240.05
	237.89	
	242.63	
28	326.80	330.00
	328.57	
	334.64	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de Materiales – USP – Franz Cruzate Domínguez. 2024

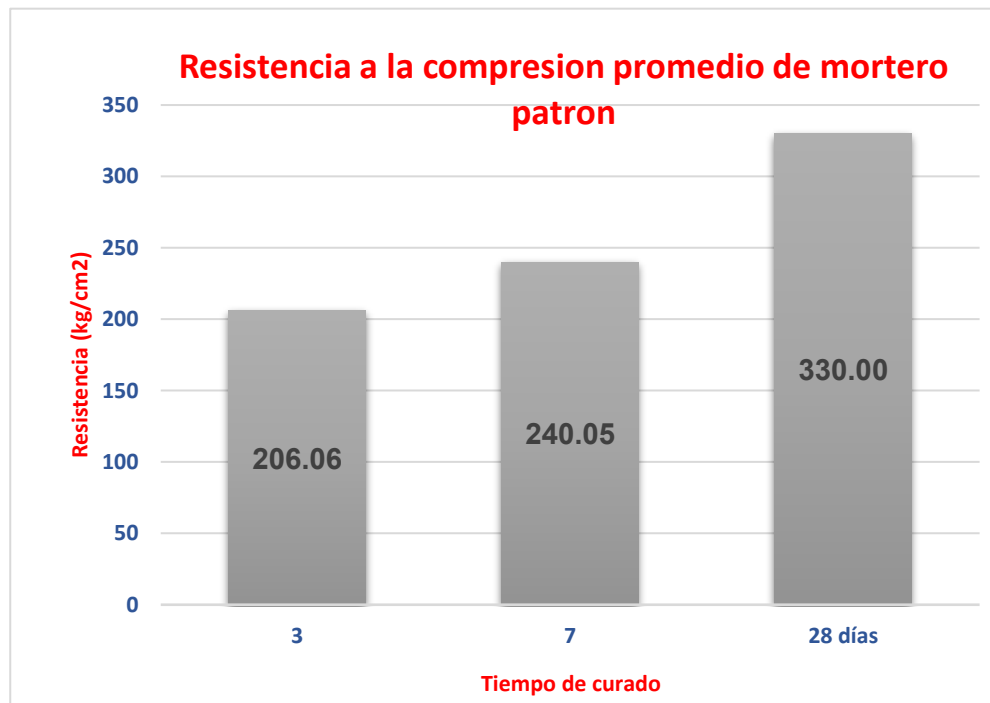


Figura 7. Resistencia promedio del mortero patrón según días de curado.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de Materiales – USP – Franz Cruzate Domínguez. 2024

Tabla 17

Resistencia a compresión a los 3, 7 y 28 días de curado del mortero **experimental con 10% de arcilla de Recuay**

Días de curado	Resistencia a compresión de (kg/cm ²)	
	Muestras cubicas	Promedio
3	266.64	260.01
	267.76	
	245.62	
7	354.80	360.02
	355.10	
	370.17	
28	442.22	445.04
	443.50	
	449.40	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de Materiales – USP – Franz Cruzate Domínguez. 2024

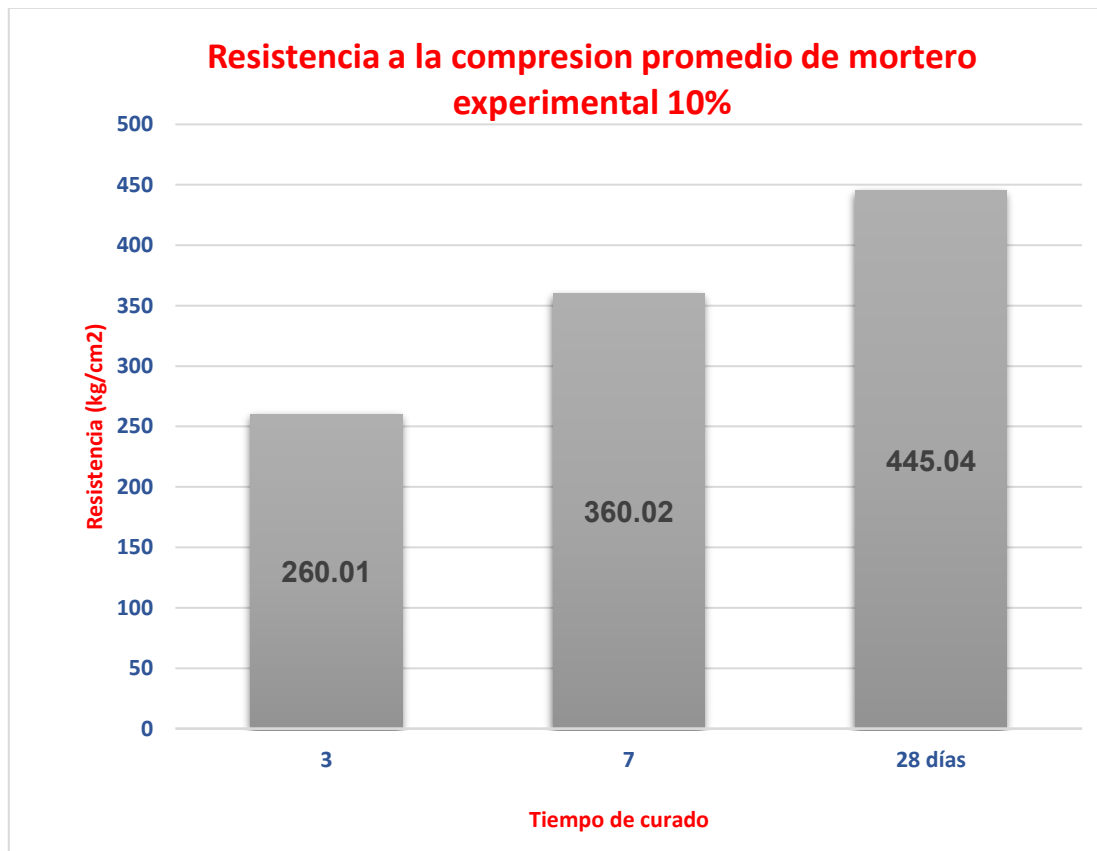


Figura 8. Resistencia promedio del mortero experimental 10% según días de curado.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de Materiales – USP – Franz Cruzate Domínguez. 2024

Tabla 18

Resistencia a compresión a los 3, 7 y 28 días de curado del mortero experimental con 15% de arcilla de Recuay

Días de curado	Resistencia a compresión de (kg/cm ²)	
	Muestras cubicas	Promedio
3	279.52	280.07
	277.25	
	283.43	
7	385.63	390.04
	395.41	
	389.22	
28	468.26	460.04
	459.08	
	452.79	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de Materiales – USP – Franz Cruzate Domínguez. 2024

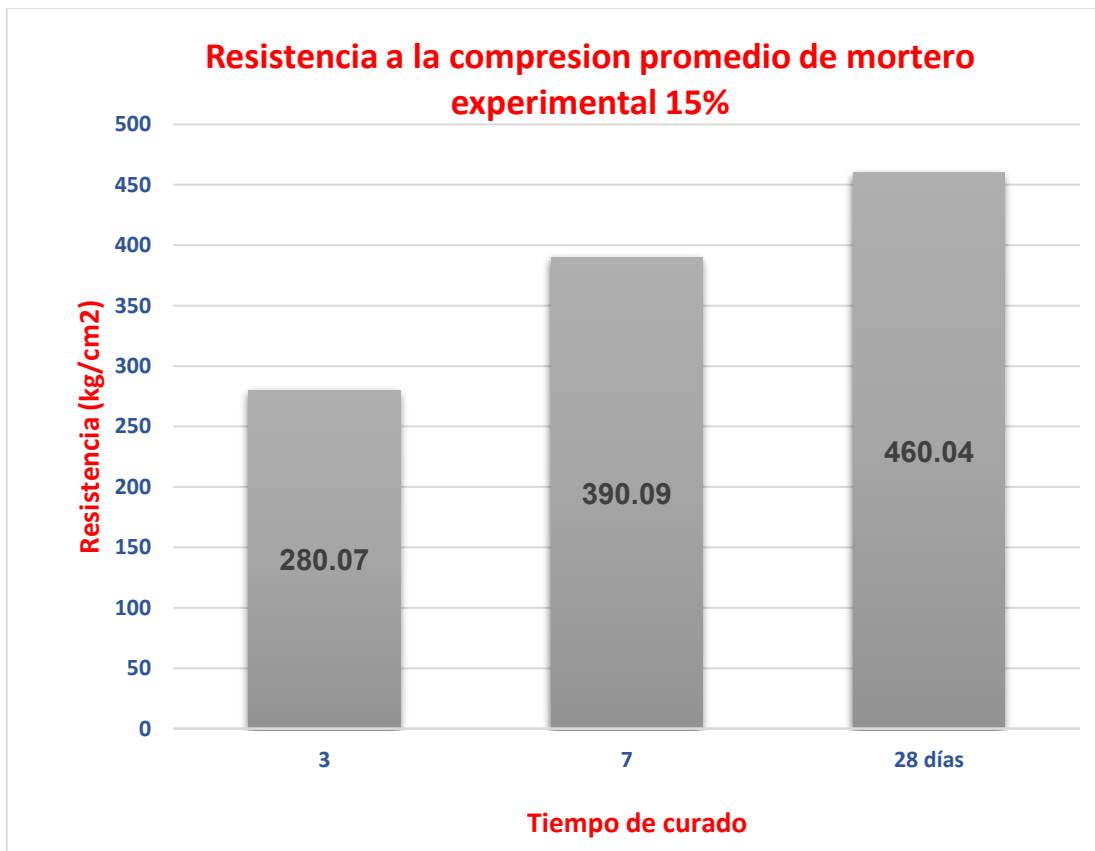


Figura 9. Resistencia promedio del mortero experimental 15% según días de curado.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de Materiales – USP – Franz Cruzate Domínguez. 2024

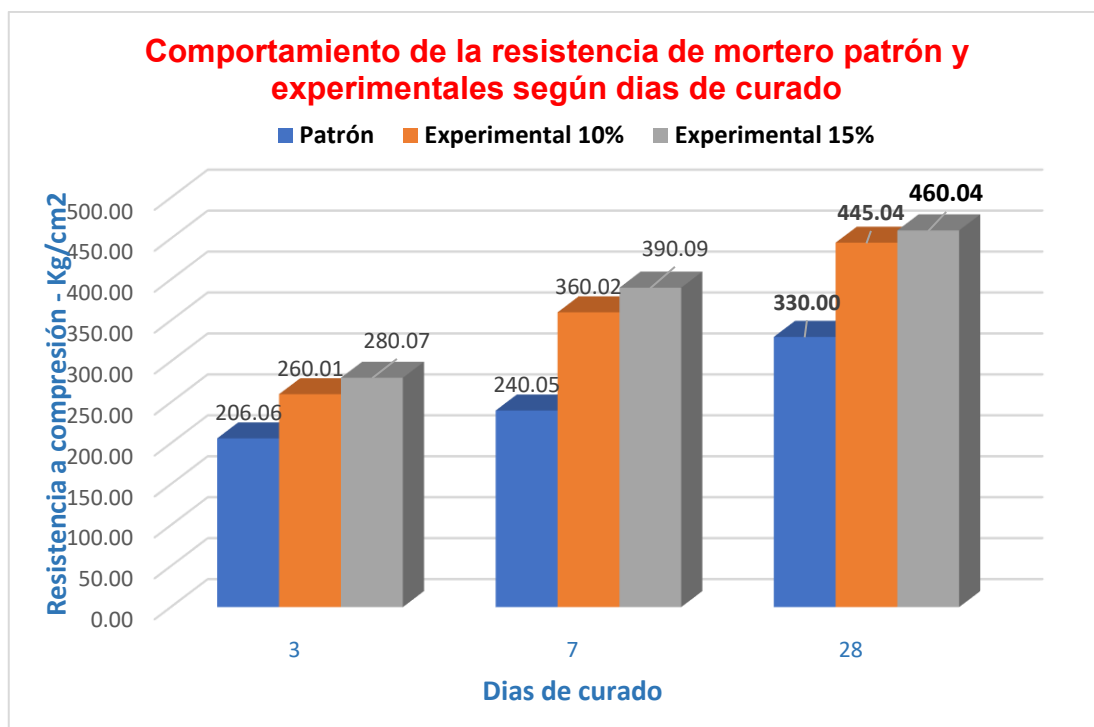


Figura 10. Resistencia promedio del mortero obtenidas a los 3, 7 y 28 días de curado, del mortero patrón y del 10% y 15% de sustitución del cemento por arcilla de *Recuay*.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de Materiales – USP – Franz Cruzate Domínguez. 2024

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

1.- Resultados de la Activación Térmica de la arcilla.

En la figura que se presenta respecto los resultados del análisis térmico diferencial se muestra dos pérdidas de masa muy significativas. La primera de ellas se establece entre los 90°C y 140°C esto es por la pérdida de agua que se relaciona con la evaporación, pasado ello se puede apreciar que se logra mantener de manera prácticamente constante. La segunda pérdida de masa es producida entre 470°C y 550°C, y luego existe una pérdida de masa que se presenta de forma gradual hasta los 920°C. Del ensayo realizado entre los valores de temperaturas que se examinaron, se pierde alrededor de un 24% de la masa inicial de la arcilla.

La curva de la figura 4 presenta un pico o valor elevado endotérmico en los 110°C y una cantidad mínima o región endotérmica entre del intervalo que comprende desde 170°C a 220°C, lo que señala que se absorbe el calor y logra modificar la capacidad calorífica de la arcilla. Por lo tanto se logra aumentar la temperatura, lo que lleva a producir evaporación y una posterior transición endotérmica a unos 540° grados centígrados, donde se libera energía y se produce un proceso de oxidación. Por lo que durante dos horas, se debe calcinar el material a una temperatura de 530 grados Celsius.

Dado que la arcilla de Recuay Huaraz experimenta un cambio de fase en dos horas y que el análisis de fluorescencia arroja resultados positivos que indican la existencia de tres tipos diferentes de puzolanas y la necesidad de contenido de óxido de silicio, hierro y aluminio, tomé este valor como referencia para la calcinación de la arcilla.

2.- Resultados de la Composición Química de la arcilla de Anta Huaraz, mediante el Espectro de fluorescencia de Rayos X:

Los siguientes elementos (Tabla N°8) para el desarrollo de la presente investigación han sido obtenidos de la prueba o ensayo de Fluorescencia de Rayos X en la Universidad Nacional de Ingeniería, la cual proporciona con detalle la composición química de la arcilla. La prueba arrojó resultados positivos

en cuanto a una composición química muy parecida a la del cemento portland. La resistencia del mortero experimental a periodos por encima de los 28 días es favorable a razón de su bajo contenido en dióxido de sílice (43%), valor menor que el 20% de sílice que posee un cemento portland. Además, el contenido de óxido de calcio no llega ni al 1% (0,711%) y de contenido de trióxido de aluminio bastante representativo de 51,72% lo que permite pueda producir esta gran resistencia con un nivel esperado de resistencia para un mortero patrón . por el contrario tiene un punto débil ya que es un producto altamente expansivo y llega a producir el óxido de magnesio y el óxido de potasio, en porcentajes de 0,101% y 3,406%, respectivamente, lo cual no representa un beneficio para las propiedades mecánicas del mortero experimental con porcentajes de 10% y 15% de arcilla.

3.-Resultados del ensayo de trabajabilidad o fluidez del mortero patrón y experimental.

En concordancia con la norma técnica peruana N° 334.051, la presente investigación logro realizar con éxito los ensayos o pruebas de fluidez las cuales se relacionan con la adecuada trabajabilidad del mortero en estado fresco utilizando en cada una de las mezclas una relación agua cemento de a/c 0.485 tal como indica la norma para mezclas de mortero elaboradas con cemento portland sin aire incorporado, obteniendo un porcentaje de fluidez de 106.94%, para el mortero patrón, un 108.42% para el mortero experimental con el 10% de arcilla, y un 109.40% para el mortero experimental con 15% de arcilla.

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones en su norma E616 de la fluidez de morteros de cemento hidráulico sobre una mesa de flujo , se realizó en laboratorio de la Universidad San Pedro, donde se relleno el molde cónico, se limpió y seco de forma preliminar, luego de 60 segundos se retiró el molde y se dejó caer la mesa de flujo desde una altitud de 12.7 mm unas 25 veces todo ello en un periodo de tiempo de 15 segundos, es decir casi 2 caídas por segundo. Los resultados esperados de un adecuada trabajabilidad deben tener un valor de 110% \pm 5% no estuvieron por debajo de 105% ni superaron los 115% por lo que los 3 morteros ensayados se encuentran en el intervalo indicado, siendo el mortero experimental con 15% de arcilla en

sustitución del cemento el que mejor fluidez presentó al estar mas cercano al 110% ideal que señala la norma del MTC E-616 y NTP-334.126

Los obtener una dosis equivalente a la estándar y, en consecuencia, poder comparar con precisión los morteros experimental y estándar al realizar la prueba de resistencia.

Dada la elevada plasticidad de la nuestra arcilla - una propiedad crucial- y el resultado de la prueba del límite líquido del 53.51%, el 18.29% para el límite plástico y el 35.22% para el índice de plasticidad indican que hay una cantidad considerable de arcilla presente incluso luego de haber sido lavado.

4.- Resultados del ensayo de Resistencia a la compresión del mortero patrón y experimental

La figura 7 demuestra que el mortero patrón posee una resistencia promedio de 206.06 kg/cm² a los 3 días. Muestra una resistencia bastante considerable solo con esta corta edad de curado, creciendo a 240.05 kg/cm² después de 7 días, y llegando a alcanzar los 330.0 kg/cm² después de 28 días de curado.

En la Figura 8, se muestra que la resistencia a la compresión del mortero experimental a los 3, 7 y 28 días de curado es de 260.01 kg/cm², 360.02 kg/cm² y 445.04 kg/cm², cuando se sustituye el cemento por un 10% de arcilla, podemos apreciar que se los valores de este mortero con 10% de sustitución de cemento por la arcilla han mejorado respecto al patrón, no solo a edades tempranas que ya lo supera en 20 kg/cm² sino que a los 28 días lo supera en 115.04 kg/cm², es decir que su resistencia final supera en 34.86% a la resistencia del mortero patrón.

Cuando en la figura 9, se muestra que los valores de la resistencia a la compresión del mortero experimental con 15% de sustitución de cemento por la arcilla tiene a los 3, 7 y 28 días de curado una resistencia de 280.07 kg/cm², 390.09 kg/cm² y 460.04 kg/cm², podemos indicar que este mortero presenta las resistencias mas elevadas que el mortero patrón y mortero experimental con 10% de arcilla, llegando a superar a los 28 días en 39.41% y en 3.37% respectivamente.

De forma similar que Valera, L. las propiedades de los morteros con la sustitución del cemento por arcilla cocida se evaluaron mediante el ensayo de cubos de mortero de 5 x 5 x 5 y se les sometió a ensayos de compresión, y una de las muestras evaluadas son muy superior a la de la muestra patrón mientras que en nuestra investigación las dos muestra experimentales de 10% y 15% superaron al patrón.

CONCLUSIONES

El Análisis Térmico Diferencial, destaca que la óptima temperatura de calcinación se logra alcanzar a 530° C de acuerdo y su análisis calorimétrico, se requirió una temperatura mayor para que el nuevo cemento reaccione con el agua a fin de elevar su calor de hidratación y sea exotérmico ya que sería utilizado en un 10% y 15%. Después de dos horas a una temperatura de calcinación de 510° y 15% 30° C, los precursores pulzolánicos de la arcilla Recuay Huaraz se activaron térmicamente.

En comparación con el cemento Portland tipo I (6,5%), se produjo una alta concentración de trióxido de aluminio del 51,772%, lo que indica que este ingrediente químico beneficia al compuesto que forma, mortero, en términos de su periodo de vida útil de su capacidad de flexibilidad y sobre todo de su resistencia.

De acuerdo MTC E616 y NTP 334.051, al medir el porcentaje de fluidez en la mesa de flujo se obtuvieron porcentajes que se encuentran en el intervalo aceptable de 110% \pm 5%, con valores de 106.94%, 108.42% y 109.40% para el mortero patrón y experimentales de 10% y 15% respectivamente, todos los morteros tuvieron una relación a/c de 0.485 y de acuerdo al ensayo de fluidez, poseen una trabajabilidad adecuada, destacando el mortero experimental con 15% de sustitución de cementos por arcilla de Recuay.

La arcilla natural de Recuay Huaraz tiene un límite líquido de 53.51%, un límite plástico de 18.29% por lo tanto su índice de plasticidad es 35.22%, es decir tiene una trabajabilidad bastante plástica. Y es una arcilla montmorilonita de acuerdo al diagrama de Holzt y Kovac.

La resistencia a la compresión del mortero se mejora un 39.34% cuando se sustituye el cemento por 15% de arcilla, alcanzando un valor promedio de 460.04 kg/cm² después de 28 días de curado, mientras que el mortero patrón alcanza una resistencia promedio de 330.0 kg/cm², el mortero experimental con 10% de sustitución también supera los valores del mortero patrón en 34.86%. Esta mejora se puede atribuir al alto contenido de óxido de silicio de la arcilla que se activa térmicamente a 530°C y por tanto este mortero es adecuado para trabajos de construcción.

RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar la arcilla mediante termogravimetría a temperaturas superiores a 530°C para observar como se puede comportar los componentes químicos mediante esa diferente temperatura de activación y si el tiempo también influye.

Se debe tener cuidado de manipular el material experimental arcilla con tal de no contaminarla mientras se activa, ya que puede tener un efecto negativo en los resultados deseados.

Es optimizar los porcentajes cercanos al mejor valor obtenido, por lo que se debería investigar en porcentajes como 13% y 14% 16% y 17% de sustitución del cemento por la arcilla Recuay- Huaraz

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2003). Tecnología del Concreto. Perú: Editorial San Marcos.
- Abbas, Abo-El-Enein, & Ezzat, E.S. (2010). Propiedades y durabilidad del cemento con adición de metacaolín: mortero y hormigón. *Revista Colombiana de Construcción*. Vol. 60, 33-49.
- Cano-Barrita, Balcom, & Bremner. (2007), *Imaginología por resonancia magnética y la determinación de cloruro y sodio en mortero de NRMCA*, (2012). España: Revista Hormigón El concreto en la práctica.
- Bryan, D; Hugger, J; Horstam, M; Voss E. (2008, 8 de diciembre). Nuevos Desarrollos en la Tecnología del Concreto, PHI- Planta de Hormigón Internacional. Recuperado de
- NTP 334.005 Peso específico.
- NTP 334.051. (1998). Ensayo de Compresión en Morteros (c/cubo).
- NTP 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- Rivva, E. (1999). *Diseño de Mezclas*. Perú: Editorial HozloñS.C.R.L.
- Gonzales, M., (1962), "Tecnología Del Concreto Diseño De Mezclas"
- Sánchez, D., (2001), "Tecnología Del Concreto Y Del Mortero", Colombia : Bhandar Editores.
- Sánchez de Guzmán, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 5 ed. Santa Fé de Bogotá, Colombia: Bhandar Editores Ltda., 2001. 349 pp.
- Cemento Pórtland. *INGENIERÍA Investigación y Tecnología* VIII.3, 147-155.
- Richardson. (2002). *Fundamentals of Durable Reinforced Concrete*. Modern Concrete Technology.
- Powers. (1958). Structure and physical properties of hardened Portland cement paste, *J. Am. Ceram. American Ceramic Society*, 1-6.
- Potential agroforestry development. *Biochemical Systematics and Ecology*, 19(6), 447-452.

Hillc. & Brenan (2013). Further information the “Acacia Horrida”.

Recuperado de <http://www.theplantlist.org/tp11.1/record/ild-463>.

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2608_C.pdf.

Portland Cement Association, PCA. (2002). Mortar and masonry grout mortar cement (1 ed.). Skokie, Illinois, EE. UU,

APÉNDICES Y ANEXOS

Figura 10.
Gradación de arena gruesa en
cada tamiz de dosificación



Figura 10.
Colocación de cartel de
los ensayos de la tesis



Figura 11.
Toma de datos de gradación
de la arena gruesa



Figura 10.
Proceso de pesado de la
arena gruesa según tamiz

Figura 11.
Ingreso de la arcilla al horno



Figura 14.
Pesando de arena según tamiz



Figura 17.
 Arena gruesa gradada para elaboración de mortero



Figura 14.
 Proceso de elaboración de mortero de cemento portland en batidora de



Figura 14.
Incorporación de agua en la batidora



Figura 18.
Ingreso de 1era capa de mortero al molde en mesa de fluidez.



Figura 19.

Ingreso de 2da capa de mortero al molde en mesa de fluidez.



Figura 19.

Enrasado de superficie superior de mortero en molde.

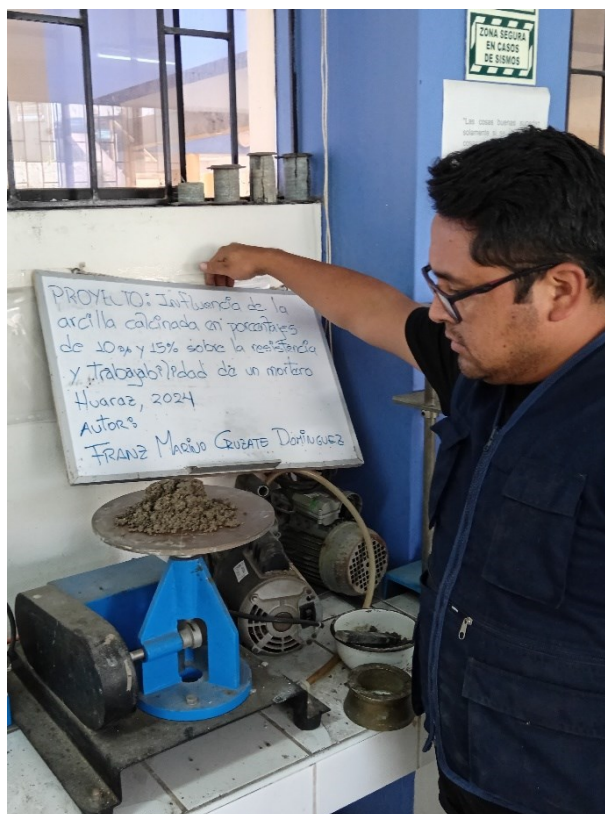


Figura 19.
Ensayo de fluidez del mortero con 25 golpes en la mesa de fluidez.



Figura 13. Gradación de la arena y listo para sus pesos.

ENSAYOS DE LABORATORIO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

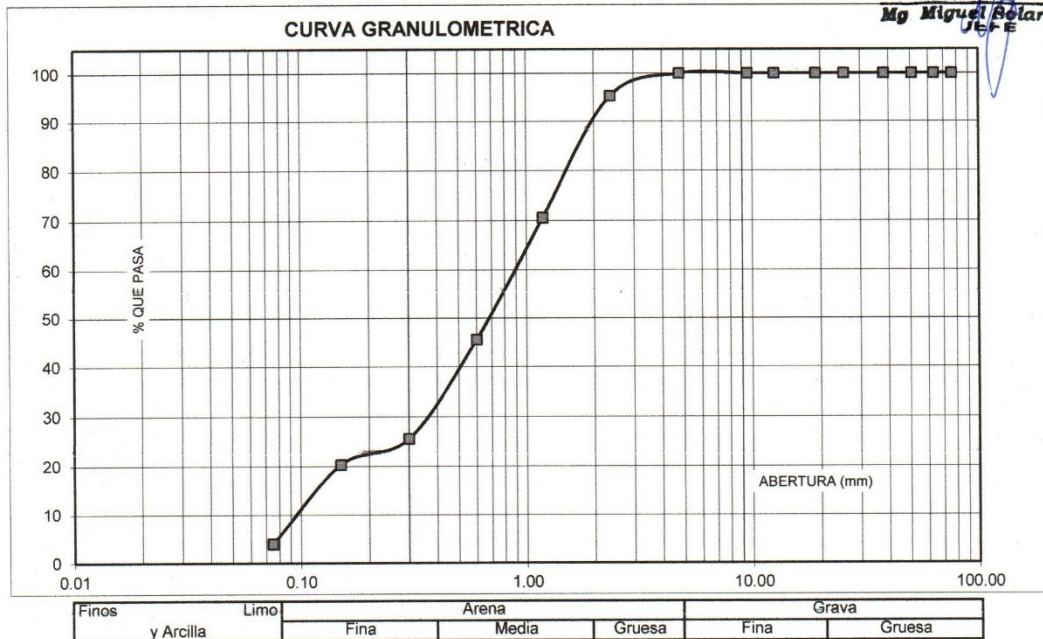
SOLICITA : Franz Marino Cruzate Domínguez
 TESIS : Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024
 LUGAR : HUARAZ-HUARAZ-ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 08/10/2024

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.36	32.38	4.7	95.3
N° 16	1.18	169.88	24.7	70.6
N° 30	0.60	171.88	25.0	45.6
N° 50	0.30	137.50	20.0	25.6
N° 100	0.15	36.38	5.3	20.3
N° 200	0.08	112.00	16.3	4.0
PLATO	ASTM C-117-04	27.50	4.0	100.0
TOTAL		687.5	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.43

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Belar Jara
 Jefe





**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE MORTERO-
PATRON
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : Franz Marino Cruzate Domínguez
TESIS : Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024
LUGAR : HUARAZ-HUARAZ-ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 08/10/2024

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
20.80	21.03	10.16	106.94
20.60			
21.40			
21.30			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Solar Jara
I. E. E.



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE MORTERO
EXPERIMENTAL 10%
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : Franz Marino Cruzate Domínguez
TESIS : Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024
LUGAR : HUARAZ-HUARAZ-ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 08/10/2024

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
21.20	21.18	10.16	108.42
21.30			
21.00			
21.20			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%


 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Solar Jara
JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE MORTERO-
EXPERIMENTAL-15%
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : Franz Marino Cruzate Domínguez
TESIS : Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024
LUGAR : HUARAZ-HUARAZ-ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 08/10/2024

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
21.20	21.28	10.16	109.40
21.60			
21.10			
21.20			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Solar Jara
JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : Franz Marino Cruzate Dominguez
TESIS : Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024
LUGAR : HUARAZ-HUARAZ-ANCASH
CANTERA : VEÑIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 08/10/2024

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.		300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.		668.90	668.90
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm ³		968.90	968.90
D	Peso de picnometro + agua + material gr.		858.80	858.80
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm ³		110.10	110.10
F	Peso de material seco en estufa gr.		298.30	298.30
G	Volumen de masa (E-(A-F))		108.40	108.40
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E		2.709	2.709
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E		2.725	2.725
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E		2.752	2.752
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100		0.57	0.57

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.709
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.725
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.752
Absorción (%) : 0.57


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Solar Jara
J.E.P.E.



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO
(ASTM C29 / C29M - 09)

SOLICITA : Franz Marino Cruzate Domínguez
TESIS : Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024
LUGAR : HUARAZ-HUARAZ-ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 08/10/2024

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7810	7820	7910
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4484	4494	4584
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1608	1612	1644
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1621		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1616		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8340	8350	8360
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	5014	5024	5034
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1798	1802	1806
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1802		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1796		

 **UNIVERSIDAD SAN PEDRO**
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Solar Jara
J.E.F.E.



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : Franz Marino Cruzate Dominguez
TESIS : Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024
LUGAR : HUARAZ-HUARAZ-ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 08/10/2024

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	892.3	684.7	
TARA + SUELO SECO (gr)	890	683.2	
PESO DEL AGUA (gr)	2.3	1.5	
PESO DE LA TARA (gr)	203	206.3	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	687	476.9	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.33	0.31	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.32	

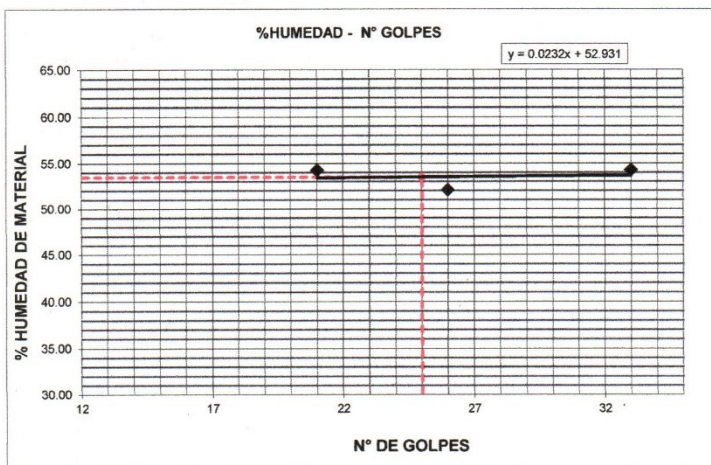

Mg Miguel Solar Jara
J.E.E.



LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : Franz Marino Cruzate Domínguez
TESIS : Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024
MUESTRA : ARCILLA
LUGAR : HUARAZ-HUARAZ - ANCASH
FECHA : 08/10/2024

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	52.30	54.00	52.50	24.80	24.70	24.80
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	40.30	42.80	40.40	23.80	23.70	23.80
PESO DE LA TARA (gr.)	18.20	21.30	18.10	18.30	18.30	18.30
PESO DEL AGUA (gr.)	12.00	11.20	12.10	1.00	1.00	1.00
PESO SUELO SECO (gr.)	22.10	21.50	22.30	5.50	5.40	5.50
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	54.30	52.09	54.26	18.18	18.52	18.18
Nro. DE GOLPES	33	26	21	18.29		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 53.51

LIMITE PLASTICO	
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 18.29

INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP :	% 35.22

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Solar Jara
JEF-E



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm
(ASTM C 109)

SOLICITA : : Franz Marino Cruzate Domínguez
TESIS : : Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024
LUGAR : : HUARAZ-HUARAZ-ANCASH
FECHA : : 08/10/2024

Nº	TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso	Densidad	Longitud	Longitud	Longitud	Area	Carga	Resistencia
			Muestra (gr)	(gr/cm ³)	(a) (cm)	(b) (cm)	(c) (cm)	(a*b) (cm ²)	Maxima (kg)	f _c (kg/cm ²)
01	PATRON 3 DIAS	6/07/2024	287.2	2.157	5.13	5.09	5.10	26.11	5210.00	199.53
02	PATRON 3 DIAS	6/07/2024	289.0	2.166	5.12	5.12	5.09	26.21	5280.00	201.42
03	PATRON 3 DIAS	6/07/2024	294.3	2.206	5.12	5.10	5.11	26.11	5202.00	199.22
04	PATRON 7 DIAS	10/07/2024	293.1	2.223	5.06	5.13	5.08	25.96	6220.00	239.62
05	PATRON 7 DIAS	10/07/2024	288.9	2.208	5.08	5.06	5.09	25.70	6115.00	237.89
06	PATRON 7 DIAS	10/07/2024	290.9	2.241	5.06	5.05	5.08	25.55	6200.00	242.63
07	PATRON 28 DIAS	31/07/2024	285.7	2.154	5.10	5.10	5.10	26.01	8500.00	326.80
08	PATRON 28 DIAS	31/07/2024	287.8	2.170	5.09	5.11	5.10	26.01	8546.00	328.57
09	PATRON 28 DIAS	31/07/2024	286.7	2.166	5.11	5.09	5.09	26.01	8704.00	334.64


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecanica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Solar Jara
J.E.F.E.



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm- EXPERIMENTAL 10%
(ASTM C 109)

SOLICITA : : Franz Marino Cruzate Domínguez
TESIS : : Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024
LUGAR : : HUARAZ-HUARAZ-ANCASH
FECHA : : 08/10/2024

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso	Densidad	Longitud	Longitud	Longitud	Area	Carga	Resistencia
			Muestra (gr)	(gr/cm ³)	(a) (cm)	(b) (cm)	(c) (cm)	(a*b) (cm ²)	Maxima (kg)	f'c (kg/cm ²)
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	6/07/2024	287.7	2.221	5.05	5.05	5.08	25.50	6800.00	266.64
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	6/07/2024	285.4	2.164	5.07	5.09	5.11	25.81	6910.00	267.76
03	EXPERIMENTAL 3 DIAS	6/07/2024	286.7	2.200	5.08	5.07	5.06	25.76	6326.00	245.62
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	10/07/2024	295.2	2.265	5.07	5.07	5.07	25.70	9120.00	354.80
05	EXPERIMENTAL 7 DIAS	10/07/2024	295.4	2.227	5.10	5.08	5.12	25.91	9200.00	355.10
06	EXPERIMENTAL 7 DIAS	10/07/2024	294.9	2.223	5.10	5.10	5.10	26.01	9628.00	370.17
07	EXPERIMENTAL 28 DIAS	31/07/2024	300.2	2.308	5.05	5.06	5.09	25.55	11300.00	442.22
08	EXPERIMENTAL 28 DIAS	31/07/2024	299.8	2.287	5.06	5.08	5.10	25.70	11400.00	443.50
09	EXPERIMENTAL 28 DIAS	31/07/2024	299.7	2.282	5.11	5.06	5.08	25.86	11620.00	449.40


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecanica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Solar Jara
J.E.F.



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm- EXPERIMENTAL 15%
(ASTM C 109)

SOLICITA : : Franz Marino Cruzate Domínguez
TESIS : : Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024
LUGAR : : HUARAZ-HUARAZ-ANCASH
FECHA : : 08/10/2024

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso	Densidad	Longitud	Longitud	Longitud	Area	Carga	Resistencia
			Muestra (gr)	(gr/cm ³)	(a) (cm)	(b) (cm)	(c) (cm)	(a*b) (cm ²)	Maxima (kg)	f _c (kg/cm ²)
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	6/07/2024	268.7	2.124	5.02	5.01	5.03	25.15	7030.00	279.52
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	6/07/2024	270.4	2.159	5.00	5.01	5.00	25.05	6945.00	277.25
03	EXPERIMENTAL 3 DIAS	6/07/2024	269.5	2.152	5.00	5.01	5.00	25.05	7100.00	283.43
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	10/07/2024	266.0	2.124	5.00	5.01	5.00	25.05	9660.00	385.63
05	EXPERIMENTAL 7 DIAS	10/07/2024	266.6	2.129	5.00	5.01	5.00	25.05	9905.00	395.41
06	EXPERIMENTAL 7 DIAS	10/07/2024	267.3	2.134	5.00	5.01	5.00	25.05	9750.00	389.22
07	EXPERIMENTAL 28 DIAS	31/07/2024	260.9	2.083	5.00	5.01	5.00	25.05	11730.00	468.26
08	EXPERIMENTAL 28 DIAS	31/07/2024	251.5	2.008	5.00	5.01	5.00	25.05	11500.00	459.08
09	EXPERIMENTAL 28 DIAS	31/07/2024	265.6	2.104	5.00	5.02	5.03	25.10	11365.00	452.79


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Salar Jara
J.P.S.

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
CROZATE DOMINGUEZ FRANZ M.		44203746	2007120204@usapedro.edu.pe
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional ¹			
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría <input type="checkbox"/> Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
INFLUENCIA DE LA ARCILLA CALCINADA EN PORCENTAJES DE 10% Y 15 % SOBRE LA RESISTENCIA Y TRABASABILIDAD DE UN MORTERO - HUARAZ, 2024			
5. Programa Académico			
INGENIERIA CIVIL			
6. Tipo de Acceso al Documento			
<input checked="" type="checkbox"/> Abierto o Público ³ (info:eu-repo/semantics/openAccess)		<input type="checkbox"/> Acceso restringido ⁴ (info:eu-repo/semantics/restrictedAccess) ^(*)	
(*) En caso de restringido sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.⁶



Firma



Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	16	12	24

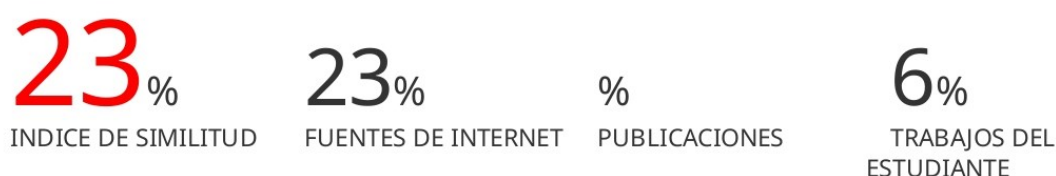
Importante

- Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 8.2
- Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822
- En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC (Numerales 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra
- Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

Nota: - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3)

Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	10%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
3	1library.co Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to Universidad de San Martín de Porres Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
15	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
16	escher.puj.edu.co Fuente de Internet	<1 %
17	publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

21	bibliotecadigital.univalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
22	katalog.ub.tu-braunschweig.de Fuente de Internet	<1 %
23	www.barcelonaumentada.com Fuente de Internet	<1 %
24	www.stmaryspr.org Fuente de Internet	<1 %
25	archive.org Fuente de Internet	<1 %
26	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
27	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
28	www.inneco.org Fuente de Internet	<1 %
29	civilgeeks.com Fuente de Internet	<1 %
30	s3.eu-west-2.amazonaws.com Fuente de Internet	<1 %
31	www.bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
32	www.dlib.si Fuente de Internet	<1 %

33

iopscience.iop.org
Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 6 words

Excluir bibliografía

Activo