

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia a la compresión de un mortero cemento-arena
adicionando 10% y 20% de mucílago de nopal.**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Bulnes Gambini, Carlos Mauro

Asesor

Flores Reyes, Gumercindo

Chimbote – Perú

2018

PALABRAS CLAVE:

Tema	Resistencia de mortero
Especialidad	Tecnología del concreto

KEYWORDS:

Theme	Mortar strength
Speciality	Concrete technology

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Código	Línea
1.0	Ingeniería
2.0	Ingeniería y Tecnología
2.1	Ingeniería Civil

**Resistencia a la compresión de un mortero cemento-arena
adicionando 10% y 20% de mucílago de nopal.**

Resumen:

El presente proyecto de investigación estuvo enfocado en determinar la resistencia de un mortero partiendo desde su fabricación, utilizando material natural mucílago de nopal en su elaboración adicionándolo en un 10% y 20%.

Este proyecto fue experimental, teniendo en cuenta que el material mucílago de nopal fue extraído de manera acuosa, cortando en rebanadas que se pusieron a remojar en agua en una cantidad recomendable de 7 días; dicha sustancia fue adicionada a la mezcla patrón de un mortero; también se fabricaron morteros patrón sin adición, con el fin de llevar a cabo la realización de cuadros comparativos de las resistencias obtenidas.

En esta investigación, se determinaron los componentes químicos del mucílago de nopal, se determinaron fluideces para que se puedan tener resultados equivalentemente comparativos.

Se elaboraron 27 probetas de mortero (9 patrón, 9 experimental con 10% de adición y 9 con 20% de adición), y posteriormente se determinaron las resistencias.

Se determinó que las adiciones de 10% y 20% de mucílago de nopal tienden a disminuir la resistencia a la compresión de morteros a los 28 días con respecto a un mortero patrón, siendo expresadas éstas disminuciones en porcentajes de 11.02% y 5.60%, respectivamente.

Las disminuciones se debieron a la presencia de componentes químicos un tanto dañinos del mucílago de nopal, entre ellos el sodio, que tiende a deteriorar el mortero con el transcurrir del tiempo, y la presencia de potasio, que tiende a dañar al mortero, ya que actúa de manera brusca con el agua y/o humedad y esta hace que no se pueda hidratar de manera adecuada; por otra parte el pH de 4.18 (ácido) también fue responsable de esta disminución.

Abstract:

The present research project was focused on determining the resistance of a mortar starting from its manufacture, using natural material cactus mucilage in its elaboration adding it in 10% and 20%.

This project was experimental, taking into account that the cactus mucilage material was extracted in an aqueous way, cutting into slices that were put to soak in water in an advisable quantity of 7 days; said substance was added to the master mix of a mortar; also standard mortars without addition were made, in order to carry out the comparative tables of the obtained resistances.

In this investigation, the chemical components of the cactus mucilage were determined, the fluids were determined so that they could have equivalent results.

A total of 27 mortar specimens were prepared (9 standards, 9 experimental with 10% addition and 9 with 20% addition), and the resistances were subsequently determined.

It was determined that additions of 10% and 20% of cactus mucilage tend to decrease the resistance to compression of mortars at 28 days with respect to a standard mortar, with reductions in percentages of 11.02% and 5.60%, respectively. The decreases were due to the presence of dangerous chemical components of cactus mucilage, between them sodium, which tends to deteriorate the mortar with the lapse of time, and the presence of potassium, which tends to damage the mortar, since it is a tool that can't be hydrated properly; on the other hand the pH of 4.18 (acid) was also responsible for this decrease.

Índice General

Contenido

Palabras clave-Keywords – Línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
I). Introducción	1
II). Metodología	34
III). Resultados	39
IV). Análisis y discusión	64
V). Conclusiones y Recomendaciones	67
VI). Agradecimientos	68
VII). Referencias bibliográficas	69
VIII). Anexos y apéndices	72
Anexo N°1 : Ensayos del agregado fino	72
Anexo N°2 : Ensayo de alcalinidad (pH) del mucílago de nopal	77
Anexo N°3 : Ensayo de fluidez	79
Anexo N°4 : Ensayo de fluorescencia de rayos X	83
Anexo N°5 : Ensayos de resistencia a la compresión	87
Anexo N°6 : Prueba de hipótesis ANOVA	97
Anexo N°7 : Panel fotográfico	99

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de los morteros de pega de mampostería simple según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación	10
Tabla 2. Composición química del cemento portland tipo I	12
Tabla 3. Límites permisibles	16
Tabla 4. Granulometría de la arena gruesa	19
Tabla 5. Aplicaciones de morteros según su fluidez	22
Tabla 6. Variable dependiente	33
Tabla 7. Variable independiente	33
Tabla 8. Diseño en bloque completo al azar	35
Tabla 9. Técnicas e instrumentos de investigación	36
Tabla 10. Resultado de fluorescencia de rayos x del mucílago de nopal	39
Tabla 11. pH del mucílago de nopal	39
Tabla 12. Contenido de humedad agregado fino (ASTM D-2216)	40
Tabla 13. Gravedad específica y absorción agregado fino (según norma ASTM C-127)	40
Tabla 14. Peso unitario suelto del agregado fino	40
Tabla 15. Peso unitario compactado del agregado fino	41
Tabla 16. Requisitos físicos de gradación para el cálculo de la fluidez	41
Tabla 17. Requisitos físicos de gradación para elaborar los especímenes	42
Tabla 18. Proporción de materiales utilizado para calcular la fluidez del mortero patrón	43
Tabla 19. Dosificación de materiales utilizado para calcular la fluidez del mortero experimental con 10% y 20% de adición	43
Tabla 20. Fluidez del mortero	44

Tabla 21. Dosificación de materiales utilizado para elaborar los especímenes del mortero patrón.	44
Tabla 22. Dosificación de materiales utilizado para elaborar los especímenes del mortero experimental con 10% y 20% de adición	44
Tabla 23. Medidas de dispersión del mortero patrón	45
Tabla 24. Medidas de dispersión del mortero experimental con 10% de adición	46
Tabla 25. Medidas de dispersión del mortero experimental con 20% de adición	47
Tabla 26. Ensayos de compresión patrón 3 días	48
Tabla 27. Ensayos de compresión patrón 7 días	48
Tabla 28. Ensayos de compresión patrón 28 días	48
Tabla 29. Ensayos de compresión experimental 10% de 3 días	49
Tabla 30. Ensayos de compresión experimental 10% de 7 días	49
Tabla 31. Ensayos de compresión experimental 10% de 28 días	49
Tabla 32. Ensayos de compresión experimental 20% de 3 días	50
Tabla 33. Ensayos de compresión experimental 20% de 7 días	50
Tabla 34. Ensayos de compresión experimental 20% de 28 días	50
Tabla 35. Pesos de morteros patrón de 3 días	51
Tabla 36. Pesos de morteros patrón de 7 días	51
Tabla 37. Pesos de morteros patrón de 28 días	51
Tabla 38. Pesos de morteros experimental 10% de 3 días	52
Tabla 39. Pesos de morteros experimental 10% de 7 días	52
Tabla 40. Pesos de morteros experimental 10% de 28 días	52
Tabla 41. Pesos de morteros experimental 20% de 3 días	53
Tabla 42. Pesos de morteros experimental 20% de 7 días	53
Tabla 43. Pesos de morteros experimental 20% de 28 días	53
Tabla 44. Resultados finales de ensayos de compresión	54
Tabla 45. Ensayos de compresión patrón en porcentajes	54

Tabla 46. Ensayos de compresión experimentales en porcentajes	54
Tabla 47. Cuadro comparativo de morteros patrón y experimental	55
Tabla 48. Resistencias de especímenes según días de curado	62
Tabla 49. Cálculo de la prueba ANOVA	62

Lista de Figuras

Figura 1. Resistencia a la compresión patrón (kg/cm ²) vs. edad(días)	56
Figura 2. Resistencia a la compresión exp. 10% (kg/cm ²) vs. edad(días)	57
Figura 3. Resistencia a la compresión exp. 20% (kg/cm ²) vs. edad(días)	58
Figura 4. Resistencia a la compresión (kg/cm ²) vs. edad(días)	59
Figura 5. Resistencia a la compresión (kg/cm ²) vs. edad(días)	60
Figura 6. Pesos especímenes fraguados (gr) vs edad (días)	61
Figura 7. Pesos especímenes curados (gr) vs edad (días)	61

D). INTRODUCCIÓN

De los antecedentes encontrados se ha abordado algunos trabajos relevantes a esta investigación, como el de Guadalupe y Suárez (2006) en su trabajo de investigación buscó analizar el efecto de impermeabilidad del mucílago de nopal en bloques de tierra comprimidos, concluyendo los siguientes puntos.

Se encontró que los bloques de tierra comprimido incrementan significativamente la resistencia a la compresión seca y húmeda hasta un $61.5 \pm 4.6\%$.

Relación volumen/porosidad: La porosidad disminuye conforme se incrementa la concentración de mucílago.

Los bloques incrementan su resistencia a la abrasión lo que podría verse reflejado en su durabilidad.

Los resultados aquí obtenidos muestran que el mucílago de nopal mejora, en general, las características de los bloques de tierra comprimidos debido a la reducción de porosidad relacionado con un cambio en la permeabilidad del sólido.

El efecto del mucílago de nopal en la permeabilidad al parecer es debido a una inhibición en la interacción entre el agua y el sólido que no permite el ascenso del líquido por capilaridad.

Por otro punto, en la investigación de Ramírez (2006) desarrolló la investigación que busca determinar las propiedades de durabilidad del hormigón y el análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucílago de nopal como aditivo natural, en la cual se concluyó lo siguiente.

El mucílago de nopal disminuye la fluidez en las pastas de cemento, actuando como aditivo modificador de viscosidad, además de actuar como aditivo retardante al incrementar los tiempos de fraguado.

En la microestructura de las pastas elaboradas con a/c se observan cristales de hidróxido de calcio, silicato hidratado de calcio y etringita; sin embargo, en las pastas de m/c solo se aprecia etringita y el silicato hidratado de calcio.

Los resultados de XRD indican una menor reducción del C3S y C2S entre 3 y 28 días de edad en las pastas conteniendo mucílago de nopal, comparado con las pastas conteniendo solo agua, mostrando el efecto del mucílago como retardante de la hidratación del cemento.

El mucílago de nopal redujo significativamente la absorción capilar de agua en todas las mezclas de hormigón curadas por cero y siete días en húmedo con respecto a las mezclas control.

El coeficiente de difusión de cloruros en el hormigón conteniendo mucílago de nopal, relación m/c = 0,30, fue menor en todas las edades de prueba y ambos tipos de curado con respecto al control. En el hormigón con relación m/c = 0,45, el mucílago de nopal contribuyó a disminuir el coeficiente de difusión solo hasta 120 días de edad en ambos tipos de curado con respecto al control. En lo que respecta a la relación m/c = 0,60, el mucílago de nopal solo contribuyó a disminuir el coeficiente de difusión en el hormigón curado en húmedo por siete días con respecto al control.

Asimismo, se revisó la investigación realizada por el Instituto Politécnico Nacional (2012), que buscaba determinar los efectos del extracto de nopal sobre el concreto, la cual se determinó como conclusión lo siguiente.

El extracto del nopal incrementa la resistencia a la compresión y reduce la permeabilidad del concreto. El concreto hidráulico es uno de los materiales de construcción más utilizados a nivel mundial y México no es la excepción. Su producción necesita propiedades adecuadas de la pasta de cemento para obtener una alta deformabilidad y también una alta resistencia a la disgregación.

También se revisó la investigación de Durán (2013), que abordó la influencia del mucílago de nopal como reductor de la retracción en concreto auto-consolidable, definiendo como conclusión lo siguiente.

En general, y para las edades entre 28 y 91 días, el mucilago de nopal dosificado por cualquiera de los dos modos estudiados, condujo a reducciones marginales en la resistencia a compresión, en un rango de 2 a 9 % con relación a las mezclas de referencia y a la de curado interno convencional con agua. Con relación a las mezclas con aditivo SRA las reducciones fueron de 2 a 8 %.

El mucilago de nopal no modificó el módulo de elasticidad (E).

Con relación a la referencia, la mayor expansión inicial que exhibieron las mezclas con mucilago de nopal condujo a reducciones significativas de la retracción autógena.

El mucilago de nopal en solución acuosa para el curado interno resultó más efectivo que el curado interno convencional con agua para mitigar las retracciones autógenas.

En la investigación de Amarán y Ravi (2016) se abordó como influencia determinar el efecto del cactus sobre las propiedades reológicas del cemento, llegando a las siguientes conclusiones:

El uso de cactus en el cemento mejora la plasticidad, trabajabilidad y resistencia a la compresión.

La consistencia del cemento incrementó en 0.5% por cada 10% de adición de CEX (mucílago de nopal).

La relación a/c óptima se reduce cuando se incrementa CEX.

Propiedad de auto-curado obtenida con adición de CEX.

Según la investigación de Coronado, Hernández, López, Horta, Rojas y Selvera (2011) se buscó determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas del cemento hidráulico utilizando una sustancia activa derivada del Cactus Opuntia, la cual se concluyó con lo siguiente:

Los aditivos derivados del nopal mejoran la trabajabilidad en el momento de mezclado. El uso de arabinosa, polvo de nopal y xilosa adicionado en 5% actúa como retardante.

El uso aislado de la arabinosa y xilosa tiene un comportamiento muy similar al polvo de nopal, por medio de esta investigación se ha verificado que estos aditivos son una alternativa más para aumentar la resistencia a la compresión, mejorar las mezclas, así como también ayuda a ralentizar los tiempos de fraguado.

También se revisó la investigación de Molina y Valdivia (2007) que tenía como objetivo buscar el efecto de impermeabilidad en morteros de tierra utilizando goma de tuna.

El propósito de esta investigación es conocer la utilización de la goma de tuna como impermeabilizante en morteros de tierra para recubrimiento de viviendas de adobe, tapial y quincha. Para la investigación se midió la temperatura y el pH del mucilago de tuna para garantizar un buen desarrollo del proceso, seguidamente se fabricaron muestras de mortero sin estabilizar y estabilizados con goma de tuna en proporciones respecto al peso seco de tierra de 5%, 10%, 15% y 20% luego de dos meses de secado, los testigos fueron sometidos a las siguientes pruebas: ensayo de variaciones de dimensiones, ensayo de humedecimiento y secado, ensayo de capilaridad y ensayo de erosión.

Luego de observar los resultados obtenido y compararlos entres si, se concluyó que la goma de tuna como estabilizante, otorga mejoras significativas a los revestimientos de

morteros de tierra frente a la humedad, siendo la proporción que ofrece mejor resistencia frente a la húmedas el tratamiento con 20% con contenido de goma de tuna en su composición respecto a su peso seco de tierra.

Asimismo, se revisó el estudio de Lope y Lucio (2016). Tuvo como objetivo general determinar la resistencia a la compresión de un concreto $F'C= 210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento en un 2.5%, 3.5% y 4.5% por mucílago de nopal con respecto a un concreto convencional, concluyendo lo siguiente:

La resistencia a compresión se manifiesta que al sustituir el mucilago de nopal en un 2.5%, la resistencia promedio a los 07 días es de 160.14 kg/cm^2 , a los 14 días es de 180.93 kg/cm^2 , a los 21 días es de 200.26 kg/cm^2 y a los 28 días es de 208.07 kg/cm^2 . La resistencia promedio a los 07 días es de 163.65 kg/cm^2 , a los 14 días es de 184.36 kg/cm^2 , a los 21 días es de 199.49 kg/cm^2 y a los 28 días es de 211.64 kg/cm^2 . Por ultimo al sustituir un 4.5% nos da una resistencia promedio de 161.12 kg/cm^2 , 178.49 kg/cm^2 , 203.68 kg/cm^2 y 209.56 kg/cm^2 tanto a los 07, 14, 21 y 28 días.

Los resultados indica que al sustituir un 3.5%, mejora la resistencia a compresión en los días 07, 14, 21 y 28 días donde cumplen los parámetros de ruptura pero no supera al concreto patrón, mientras que al sustituir el mucilago de nopal en un 2.5% y 4.5% no cumplen con dichos parámetros de diseño en su totalidad.

Según el estudio de Carbajo y Valverde (2015), tenían como objetivo principal determinar la resistencia a la compresión de un concreto $F'C= 210\text{kg/cm}^2$ con adición del 2% de mucílago de tuna en relación al curado con el uso del agua de mar y agua residual agrícola, y se concluyó que la resistencia a la compresión del concreto patrón + el 2% de adición del mucilago de tuna llega a incrementar en un 5.30% de la resistencia a la compresión del concreto patrón, ambos curados con el agua potable. Esto se debe al alto contenido de sílice en el mucílago de tuna y a los contenidos mínimos de los cloruros y sulfatos que se encuentran en el agua potable, ya que se verificó y se comparó con la tabla del límite permisible para el agua de mezcla y curado según la NTP 339.088.

La resistencia a la compresión del concreto patrón + el 2% de mucilago de tuna llega a incrementar en un 8.60% de la resistencia a la compresión del concreto patrón, ambos curados con el agua residual agrícola. Se llegó a incrementar de la resistencia óptima en un 2.76% el concreto patrón + el 2% de adición de mucilago de tuna. Esto se debe al alto

contenido de sílice en el mucílago de tuna y de los contenidos mínimos de los cloruros y sulfatos que se encuentran en el agua residual agrícola, la acidez del agua para este caso influye moderadamente en la disminución de la resistencia; ya que se verificó y se comparó con la tabla del límite permisible para el agua de mezcla y curado según la NTP 339.088.

De acuerdo a lo revisado en los antecedentes se justifica la presente investigación en los aspectos social y del conocimiento.

El uso de mortero es prácticamente cotidiano en el rubro de la construcción, es decir, se puede utilizar como material de agarre, revestimiento de muros, etc.

La exigencia de este material es alta por sus múltiples usos, por lo que tecnológicamente se puede innovar a su vez para mejorar, ya que la fabricación de este material en su manera convencional solo contiene los materiales básicos (cemento, arena y agua).

Este proyecto de investigación trata de acceder a dicha innovación, con materiales solventes, renovables y naturales, para así también disminuir el daño al medio ambiente. Dicho material es el mucilago de nopal, que es una sustancia totalmente vegetal. Con la implementación de este material totalmente natural en la elaboración de un mortero se busca obtener como resultado un mortero que tenga una más alta resistencia, aminorar costos, para la accesibilidad de los usuarios, y también para contribuir al medio ambiente. La materia prima nombrada tiene un acceso importante, ya que nuestro país es un gran productor de tuna y la abundancia de ésta está asegurada de la mano de la agricultura, ya que los frutos de esta planta tienden a ser exportados a otros países. Entonces estaríamos refiriéndonos la segura ejecución del proyecto.

La idea principal de este proyecto radica en brindar una alternativa innovadora en la fabricación de un mortero, que puede beneficiar a la población de Nuevo Chimbote en zonas que se están consolidando, que usualmente se pueden ver afectadas por el agua de las lluvias y/o los salitres, de tal manera que se cuide la economía de familias que están accediendo a un terreno para poder construir sus viviendas, decreciendo el impacto que puede ocasionar la fabricación del mismo cemento y su utilización (en términos económicos y medioambientales); y teniendo en cuenta las exigencias que nos otorga la Norma Técnica Peruana con respecto a la fabricación de morteros. Teniendo como aporte científico la utilización de vegetales para los temas de construcción.

Uno de los problemas que más afecta a nuestro país es el constante cambio climático que se da hoy en día, que gracias a la contaminación y el calentamiento global somos víctimas de estas drásticas variaciones. En tiempos de verano, los mares, ríos, etc., sufren las evaporizaciones y éstas luego se convierten en lluvias, las cuales en la parte de la Sierra es donde afecta más. En la costa pueden existir estos fenómenos esporádicamente, de los cuales no estamos libres (de los que luego suceden desborde de ríos, Fenómeno El Niño).

En tiempos de invierno la humedad asciende y afectan estructuras de edificaciones, como también a los revestimientos hechos a base de mortero, ya sean en casas, edificios y diferentes construcciones. También tomemos en cuenta los tipos de terrenos que existen, que pueden tener un nivel freático alto ya sea por estar cerca al mar; y un agente peligroso que existe que daña cimientos y muros, el salitre.

Todos estos puntos conllevan a enfocarnos en un problema: la humedad.

Estamos vulnerables a sufrir daños por este causante, y tenemos que encontrar soluciones para frenar este siniestro. En este proyecto, se trata de establecer si existe relación significativa o no entre el problema y los efectos planteados.

Actualmente el estado de las viviendas rurales en la zona de la Sierra en Áncash, son preocupantes ya que las condiciones de funcionalidad y problemas consecuentes requieren una intervención urgente a fin de evitar la propagación de daños y además concientizar a los pobladores con nuevos hábitos de construcción mediante su participación directa en este proyecto.

La prevención de futuros desastres mediante la intervención directa en las viviendas es entonces la mejora funcional de la vivienda y evitar de esta manera problemas económicos.

Para ello la capacitación a la población para que utilicen adecuadamente los métodos de empleo de materiales naturales para obtener viviendas mejoradas y para que se motiven a incorporar nuevas técnicas de albañilería, enfocándonos en esta investigación en el uso de mortero, ya que éstos son la primera parte de una edificación que se ve afectada. Hay

que aclarar que, debido a la falta de información se están tomando medidas empíricas en el uso de mortero, por eso es que hay muchos malos resultados con el pasar del tiempo.

En el distrito de Nuevo Chimbote existen viviendas en su mayoría de 1 y 2 pisos, las cuales no cuentan con medidas de seguridad estructural. Hoy en día, en la autoconstrucción, la gente opta por construir sus viviendas de manera sencilla, aun conociendo los daños que puede traer, por ejemplo, la humedad.

Las lluvias no son tan frecuentes en nuestro distrito de Nuevo Chimbote, pero no se puede ser indiferente a este fenómeno, ya que cuando se dan, el agua penetra los muros mediante el revestimiento y los asentamientos de ladrillos y pueden llegar a ocasionar serios daños, los cuales pueden ser costosos al momento de una reparación.

Vivimos en un distrito donde el nivel freático es alto, por lo que los salitres pueden dañar los cimientos y partes bajas de los muros, por el fenómeno de capilaridad.

El uso de aditivos es una opción a la que podemos acudir para evitar estos daños; la fabricación de aditivos químicos puede ocasionar daños al medio ambiente, ya que se utilizan sustancias no sostenibles ni amigables ecológicamente; y los precios pueden estar por encima de la disponibilidad de cada usuario.

Este proyecto de investigación esta direccionada a este tipo de casos, que los nuevos pobladores tengan en cuenta que se pueden utilizar materiales fabricados con agregados completamente renovables, en el uso de mortero de cemento-arena y en ella la adición de un material natural mucilago de nopal obteniendo no solo un impermeabilizante natural, sino que también le otorga una óptima resistencia a la compresión. Y también en otorgar medidas de información para que la población entera tenga el conocimiento y se hagan aplicaciones de uso de mortero a base de estudio, ya que poco se viene haciendo para mejorar el uso y consecuencias.

Esto nos conlleva a tener como propósito el siguiente problema de investigación:

¿De qué manera la adición de mucílago de nopal en 10% y 20% en la elaboración de un mortero cemento-arena influirá en la resistencia a la compresión?

Después de haber formulado la problemática es necesario la conceptualización y operacionalización de las variables.

Definición de mortero

Los morteros son mezclas plásticas aglomerantes, que resultan de la combinación de arena y agua con un cementante que puede ser cemento, cal, yeso, o una mezcla de estos materiales. (GRAVIL, 2015)

La dosificación de los morteros varía según los materiales y el destino de la mezcla. Se elaboran comúnmente en forma manual, mecánicamente o bien, premezclados.

Es amplia la utilización de morteros, de cemento, de cal o mixtos; destacando su empleo en mamposterías, aplanados, recubrimientos y pegado de piezas diversas.

MORTERO= CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE + AGUA

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo.

Propiedades de los morteros

Las propiedades principales del mortero de concreto deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es el mortero.

Se pueden dividir en dos categorías mayores:

Propiedades en estado plástico

Manejabilidad: Está relacionada con la consistencia, la cual se refiere al estado de fluidez del mortero, es decir que tan dura (seca) o blanda (fluida) es la mezcla cuando se encuentra en estado plástico. (NTP 334.003)

En general, se acepta como medida de la manejabilidad, el valor de fluidez de la mezcla obtenido en la mesa de flujo de acuerdo a la norma ASTM C-230 “Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement” (Especificación estándar de la mesa de flujo para el uso en ensayos de cemento hidráulico).

Retención de agua: Es una medida de la habilidad del mortero para mantener su plasticidad cuando quede en contacto con una superficie absorbente, como una unidad de mampostería. La retención de agua incide en la velocidad de endurecimiento y la resistencia a compresión del mortero, ya que afecta la hidratación del cemento. (NTP 334.057)

Velocidad de endurecimiento

Los tiempos de fraguado inicial y final del mortero deben estar entre límites adecuados. Sin embargo, éstos dependen de diversos factores como las condiciones del clima, la composición de la mezcla o la mano de obra, hoy en día son fácilmente controlables con el uso de aditivos. La norma ASTM C-403 “Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance” (Método de ensayo estándar para el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por la resistencia a la penetración), da un método de ensayo para evaluar este parámetro. (NTP 334.006)

Propiedades en estado no plástico

Retracción: Es la pérdida de volumen del mortero, y se debe principalmente a reacciones químicas de hidratación de la pasta, sobre todo en aquellas con una alta relación agua-cemento.

Adherencia: (NTP 331.052): La propiedad más importante del mortero es su habilidad para adherirse a las piezas de mampostería o acero.

Resistencia a la compresión (NTP 334.051): Propiedad mecánica que le permite al mortero soportar a compresión.

Durabilidad: Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo.

Permeabilidad: Es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua. Los morteros trabajables y uniformes, pueden hacer que la mampostería sea más resistente a la permeabilidad al agua.

Eflorescencia: Es la cristalización de las sales solubles y es causada por el movimiento de agua de adentro hacia fuera de la pared

Apariencia: Un aspecto que tiene importancia en el mortero es su apariencia, especialmente en mampostería de bloques a la vista

Clasificación de los morteros

Según la Norma ASTM C 270, los morteros se clasifican de acuerdo a sus propiedades o sus proporciones, considerando que toda especificación se realizará solo por una de ellas,

nunca ambas.

Características del Mortero Tipo “M”:

Es un mortero de alta resistencia a la compresión.

Brinda mayor durabilidad en comparación de los otros tipos de morteros.

Uso destinado a mampostería sometida a grandes fuerzas de compresión, acompañadas de congelamiento, grandes cargas laterales de tierra, vientos fuertes y temblores.

Se recomienda su uso en estructuras en contacto con el suelo, cimentaciones, muros de contención, etc.

Características del Mortero Tipo “S”:

Posee mayor adherencia que otros morteros.

Uso en estructuras sometidas a cargas de compresión normales, pero que a la vez requieran alta adherencia.

Debe usarse en casos donde el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como el revestimiento de cerámicos.

Tabla 1

Clasificación de los morteros de pega de mampostería simple según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación

Tipo de mortero	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Cemento portland	Cemento albañilería	Cal	Agregado Fino Suelto
M	175	1 1	1 -	0.25	
S	126	0.5 1	1 -	0.25 a 0.50	
N	53	- 1	1 -	0.50 a 1.25	Entre 2.25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizado
O	25	- 1	1 -	1.25 a 1.50	
K	5	1	1	2.50 a 4.00	

Fuente: Sánchez de Guzmán, Diego. Tecnología del concreto y el mortero. (2001)

CEMENTO PORTLAND:

Definición:

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada Clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse. (ARAUJO, 2011)

Clinker

Es un producto artificial obtenido de la calcinación a elevadas temperaturas (1400 – 1450°C) de la mezcla en proporciones específicas de polvo de rocas arcillosas y calizas, obteniéndose módulos de varios tamaños usualmente ¼” a 1” de diámetro de color negro característico, reluciente y duros al enfriarse.

Materias primas utilizadas en la elaboración de Cemento Portland

Los dos materiales principales con que se fabrica el cemento Portland son: la piedra caliza y arcilla.

Fabricación del Cemento Portland

Las materias primas, finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta principios de la fusión (1400-1450 °C), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200m de longitud y 5.50m de diámetro.

El Clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que construye el cemento portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 o 4 %), para regular la fragua del cemento.

Composición química del Cemento Portland

Como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una formula y química. No obstante los compuestos químicos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, son los que definen el comportamiento del Cemento hidratado.

Hay cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento y son:

Tabla 2
Composición química del cemento portland tipo I

COMPUESTO	SIMBOLO
Silicato Tricálcico (3CaO.SiO ₂)	C3S
Silicato Dicálcico (2CaO.SiO ₂)	C2S
Aluminio Tricálcico (3CaO.Al ₂ O ₃)	C3A
Aluminio Ferrita Tricálcica (4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃)	C4AF

Fuente: IECA. Componentes y propiedades del cemento. (2013)

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland contribuyen en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación.

Silicato Tricálcico (C3S): Este compuesto químico define la resistencia inicial y tiene incidencia directa en el calor de hidratación.

Silicato Dicálcico C2S: Este compuesto define la resistencia a largo plazo, teniendo menos incidencia en el calor de hidratación.

Aluminio Tricálcico C3A: Este compuesto por sí solo no incide en la revista del cemento, pero en combinación con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso de 3% a 6% para controlarlo.

Aluminio Ferrita Tricalcica C4AF: Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y en menor incidencia en el calor de hidratación.

Oxido de Magnesio (MgO): Este componente tiene importancia para contenidos mayores del 5% pues genera problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.

Oxido de Potación y Sodio (K₂O5NaO): Son más importantes estos álcalis cuando entran en contacto con cierto tipo de agregados produciéndose reacciones químicas generando expansiones en los cementos y morteros.

Oxido de magnesio y titanio (Mn₂O₃, TiO₂): El primero no tiene significación especial en las propiedades del cemento, salvo en su colocación, que tiende a ser marrón si se tiene

contenidos mayores al 3% y se ha observado que para contenidos mayores del 5% existe disminución de las resistencias a largo plazo. El segundo componente influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos mayores del 5%.

Características del Cemento Portland

El cemento portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsas que tienen un peso neto de 42.5kg. Y un pie cubico de capacidad. En aquellos casos en que no se conozca el valor real se considerara para el cemento un peso específico de 3.15.

Cemento Portland Tipo I: Es el cemento destinado a Obras de concreto de uso general, donde no se requiere de propiedades especiales. Es el cemento que se utilizó para el desarrollo de la tesis de investigación.

El cemento empleado en la preparación del concreto deberá cumplir con algunos requisitos de las siguientes Normas INDECOPI.

AGUA:

Definición:

El agua es un elemento fundamental para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto. El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

Reaccionar con el cemento para hidratarlo.

Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.

Procurar la estructura de vacíos necesarios en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacios para desarrollarse. (MARTINEZ 2010)

También deberá hacerse un ensayo de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, preparando testigos con agua destilada o potable y con el agua cuya calidad se quiere

evaluar, considerándose como satisfactorias aquellas que arrojen una resistencia mayor o igual a 90% que la del concreto preparado con agua potable.

Un método rápido para conocer la existencia de ácidos en el agua, es por medio de un papel tornasol, el que sumergido en agua acida tomara un color rojizo. Así mismo para determinar la presencia de yeso u otro sulfato es por medio de cloruro de bario; se filtra el agua (unos 50 grs) y se le hecha algunas gotas de ácido clorhídrico; luego más gotas de solución de cloruro de bario, si se forma un precipitado blanco (sulfato de bario) es señal de presencia de sulfatos. Esta agua debe entonces mandarse analizar a un laboratorio para saber su concentración y ver si está adentro del rango permisible.

Deberá entenderse que estos ensayos rápidos no pueden reemplazar a los de laboratorio, y solo se utilizan para tener indicios que posteriormente se comprobara en un laboratorio competente.

Agua recomendable:

No existe un patrón definitivo en cuanto a las limitaciones en composición química que debe tener el agua de mezcla, ya que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para preparar concreto y por otro lado depende mucho del tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes.

Como dato interesante, es una evidencia que en el Perú muy pocas “aguas potables” cumplen con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere a los contenidos de sulfatos y carbonatos, sin embargo sirven para el consumo humano y consecuentemente para el concreto.

AGREGADOS:

Definición:

Se define como agregados al conjunto de partículas inorgánicas obtenidos o producidos a partir de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc) y el agua formando los concretos y morteros. (BOGGS 2009)

El Agregado en el Concreto:

El concreto es una masa endurecida de materiales heterogéneas como son el cemento, el agua y los agregados y a veces algunos aditivos; de estos materiales el que en mayor proporción interviene en la formación del concreto son los agregados, material que no se puede considerar como un simple relleno sino que su selección y empleo debe de estar de acuerdo con las normas establecidas, ya que las proporciones del concreto dependen de las propiedades de los agregados también. Los agregados ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto cuando este es recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en la economía.

Función del agregado en el concreto:

Las tres principales funciones del agregado en el concreto son:

Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.

Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento; de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Proporcionar un relleno natural de bajo costo adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de esta por unidad de volumen y por lo tanto, tener un costo por unidad de volumen de concreto no elevado.

Función del agregado en el concreto:

Además de la consideración de la composición mineral y las características superficiales de las partículas de agregado, la buena gradación granulométrica de estos agregados es de vital importancia en el diseño e interacción de la mezcla ya que esta propiedad así como la superficie específica, módulo de fineza y tamaño máximo influyen fundamentalmente sobre

las propiedades de concreto en su estado no endurecido y maximiza la densidad logrando una reducción de vacíos con la que se estaría optimizando el concreto.

Materiales perjudiciales al concreto contenidos en los agregados:

Los límites permisibles son:

Tabla 3
Límites permisibles

MATERIAL	PORCENTAJE
Arcilla	0.25%
Partículas blandas	5%
Materias más finas que la malla N°200	1%
Carbón y lignito	1%

Fuente: González Sandoval, Federico. Supervisión de obras de concreto (2009)

Agregados para concreto de diversos pesos unitarios:

Una característica importante del concreto es su peso unitario, porque es el indicador de las propiedades que a su vez influyen decisivamente en el ejemplo que se le da. Como es evidente, dicha característica del concreto depende principalmente del peso específico de los agregados que lo integran. Las clases de concreto según su peso unitario son:

Baja Densidad: Son concretos de baja densidad cuyo peso varía entre 300-800 Kg/m³, dicho concreto es usado para aislamiento termico y acústico de muy baja resistencia (menos de 70Kg/cm²).

Ligero Intermedio: Son concretos de peso ligero intermedio que varía entre 800-1400 kg/m³, dicho concreto no es de uso estructural, de baja resistencia (de 70 a 175 kg/cm²).

Ligero Estructural: Son concretos ligeros cuyo peso varía entre 1400-1900 Kg/m³, dicho concreto es de uso estructural de mediana y alta resistencia (de 175-500 Kg/cm²).

Peso Normal: son concretos normales, cuyo peso varía desde 2200-2500Kg/m³, el cual puede ser de uso no estructural, desde muy baja hasta alta resistencia (de 500 hasta 1200 Kg/cm² e inclusive mas).

Pesado: son concretos cuyo peso varía entre 2600-5500 Kg/m³ y es usado frecuentemente para blindaje contra radiaciones, contrapesos de puentes levadizos y otras aplicaciones especiales, con diversos requisitos de resistencia.

AGREGADO FINO:

Definición:

El agregado fino es un material que se obtiene de la desintegración natural o artificial de otros agregados de mayor tamaño. Está comprendido por todos tamaños que pasan por la malla 3/8" y quedan retenidas en la malla N° 200. Para ser utilizado en la proporción de concreto deberá cumplir con ciertas propiedades físicas controladas por normas de calidad. (WILLIAM 2007)

Propiedades Físicas del Agregados Fino:

El agregado fino a utilizarse en el concreto debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones de las Normas Técnicas Peruanas NTP.

La determinación de estos requisitos denominadas propiedades físicas nos permitirán obtener valor que serán utilizadas para los diseños de mezclas de concretos a estudiar. Las propiedades físicas a determinar son: peso específico, peso unitario, granulometría, módulo de finura, porcentaje de finos que pasa la malla N°200, contenido de humedad y absorción. A continuación presentamos las propiedades físicas estudiadas.

Peso Específico (N.T.P 400.022 / A.S.T.M C-128)

Peso específico de masa; es la relación del peso al aire de un volumen unitario de un agregado incluyendo los vacíos al peso en aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada, se puede emplear agua potable libre de gas a la temperatura establecida.

Se usa en los diseños de mezclas y en la determinación del peso sólido y volumen absoluto. La norma ASTM C-128 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado fino.

Teniendo comúnmente el siguiente rango para concretos normales: peso unitario de 2200 kg/m³ a 2550 Kg/m³ y un peso específico de los agregados de 2.4 gr/cm³ a 2.8 gr/cm³.

Peso específico aparente; es la relación del peso en aire de volumen unitario de un agregado al peso en aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada o agua potable libre de gas a la temperatura establecida.

Es necesario para la dosificación de la mezcla de la mezcla, para el cálculo de los volúmenes absolutos del material.

Peso Unitario (N.T.P 400.0172 / A.S.T.M C-29)

El peso unitario de un agregado es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, considerando los vacíos que se encuentran en su interior; se expresa en kilogramos por metro cubico.

El peso unitario se expresa en dos formas: el suelto y el compactado.

Peso Unitario Suelto:

El agregado se llena continuamente hasta completar un volumen establecido sin ningún tipo de compactación.

Peso Unitario Compactado:

El agregado se llena en tres partes iguales, aplicando compactación por validación por varillado a cada capa de acuerdo a la especificación de la norma. El peso unitario está influenciado por su:

Gravedad específica.

Granulometría.

Perfil y Textura superficial.

Condición de humedad.

Grado de compactación de masa.

Granulometría (N.T.P 400.012 / A.S.T.M C-33)

Esta propiedad caracteriza al agregado en base a la densidad de tamaños de sus partículas que lo conforman. Para esta caracterización de tamaños debe analizar mediante su separación en 7 fracciones, cribándola a través de las malla normalizadas como “serie estándar” cuyas aberturas se duplican sucesivamente a partir de la más reducida que es igual a 0.150mm (ASTM N° 100) y cuyo procedimiento de ensayo está dado por la norma indicada. La importancia de esta propiedad es que de acuerdo a la forma como están distribuidos sus tamaños tienen influencia directa sobre el comportamiento del cemento fresco y endurecido.

Tabla 4.
Granulometría de la arena gruesa

MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4.75 mm)	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100
N° 16 (1.18 mm)	70 a 100
N° 30 (0.60 mm)	40 a 75
N° 50 (0.30 mm)	10 a 35
N° 100 (0.15 mm)	2 a 15
N° 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: NTP 399.607

Superficie Específica:

Se define como la suma total de las áreas superficial por unidad de peso del agregado fino. Se asume generalmente para fines de cálculo y simplificación que todas las partículas son de forma esférica, y además que el diámetro es el promedio entre los 2 tamices: el inferior y el superior inmediato, lo cual introduce error, además que no tiene el sustento experimental del módulo de fineza, por lo que no se usa mucho salvo a nivel de investigación.

Módulo de Fineza (N.T.P 400.011 / A.S.T.M C-125)

Siendo igual a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las mallas de la serie estándar, el valor del módulo de fineza para la fabricación del concreto debe estar comprendido entre $2.30 \leq mf \leq 3.10$.

Las arenas que presentan un m.f. inferior a 2.30 se consideran demasiadas finas e inconvenientes para el concepto porque suelen requerir mayor consumo de cemento, lo cual repercute en el aspecto económico y en los cambios volumétricos. Si son mayores a 3.10 resultan demasiados gruesos y también se les juzga inadecuada ya que producen mezclas ásperas y segregables.

El módulo de finura del agregado fino se calcula mediante la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: N°4, 8, 16, 30, 50 y 100, dividiendo entre 100; del ensayo granulométrico.

De la forma siguiente:

$$M.F = \frac{N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

Material fino que pasa la malla N° 200

Este ensayo nos permite determinar en porcentaje la cantidad de material de tamaño menor que la malla N° 200, que se encuentra adherido a las paredes del agregado o que se encuentra como material suelto mezclado con el agregado fino.

Contenido de humedad (N.T.P. 400.011/ A.S.T.M. C-12)

Este valor indica el porcentaje de agua que posee el agregado y se obtiene al determinar el contenido de agua de una muestra húmeda secada al horno a 110°C, entre el peso de la materia; y a este coincide se multiplica por 100.

Los agregados usualmente son considerados en un estado saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos y llenos de agua y libre de humedad superficial, siendo una condición ideal para fines prácticos de diseño y dosificación ya que se supone que los agregados no añaden ni quitan agua a la mezcla.

Porcentaje de absorción (N.T.P. 400.011/ A.S.T.M. C-125)

La absorción de un agregado se indica por el porcentaje total de agua interna que le es necesario tomar a un agregado para llegar a la condición de saturado con superficie seca; condición del equilibrio

Es una medida de la porosidad del agregado y su valor máximo permite saber cuánto de agua tomara el agregado en la mezcla del concreto. La absorción en el agregado fino no suele exceder del 5%.

Requisitos de uso:

El agregado fino será arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes.

El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones partículas escamosas o blandas, requisitos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales.

Debe cumplir las normas sobre su granulometría.

Características del Mortero

Las propiedades del concreto son sus características o cualidades básicas, estas son:

TRABAJABILIDAD:

Facilidad de colocación de la mezcla. Se utiliza como medida de la manejabilidad, la fluidez de la mezcla medida en el ensayo de la masa de flujo. De los factores que incluyen en la fluidez se puede nombrar los siguientes: (NTP 334.057)

Relación agua / cemento /, relación cemento / arena y granulometría de la arena, entre otros. NTP 334.003 / ASTM C-230 “Standard

Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement” (Especificación estándar de la mesa de flujo para el uso en ensayos de cemento hidráulico).

Tabla 5.
Aplicaciones de Morteros según su Fluidéz

Consistencia	Fluid %	Condiciones de Colocación
Dura (Seca)	80 a 100	Secciones sujetas a vibración
Media (Plástica)	100 a 120	Sin vibración
Fluida (Húmeda)	120 a 150	Sin vibración

Fuente: SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. Tecnología del concreto y el mortero. 2001

FLUIDEZ:

El agua contenida en el mortero hidráulico le confiere cierta fluidez, hay morteros que requieren cierto nivel especificado de fluidez el mismo que se mide por el incremento del diámetro de la base mayor del molde que contiene al mortero. (MTC E 617-200)

Ensayo de fluidez del Mortero:

OBJETO: Determinar la fluidez de morteros de cemento hidráulico, utilizando la mesa de flujo.

FINALIDAD Y ALCANCE: El agua contenida en el mortero hidráulico le confiere cierta fluidez, hay morteros que requieren cierto nivel especificado de fluidez el mismo que se mide por el incremento del diámetro de la base mayor del molde que contiene al mortero.

Este ensayo no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad correspondientes y determinar las obligaciones de su uso e interpretación.

REFERENCIA NORMATIVA

NTP 334.057: CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Portland.

NTP 334.126: CEMENTOS. Mesa de flujo para ensayos de cemento Portland.

ASTM C 230: "Standard Specification for Table for Use in Test of Hydraulic Cement".

EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

EQUIPOS

Mesa de flujo, mostrada en la Figura 1, consta básicamente de lo siguiente: un soporte, un árbol y una plataforma circular. La plataforma o mesa (Figura 2a) de forma circular, de 254 mm \pm 2,54 mm (10" \pm 0,1") de diámetro y 7,62 mm (0,3") de espesor; de bronce o latón de dureza Rockwell no menor de 25 B, la cara inferior reforzada con 6 nervios integrales dispuestos radialmente. La cara superior plana, pulida y libre de defectos superficiales.

El árbol es un elemento que va unido perpendicularmente al centro de la plataforma por medio de una rosca, y que a su vez se montará rígidamente en el soporte, de tal forma que pueda bajar y subir verticalmente, dentro de una altura determinada, por medio de una leva rotativa. La tolerancia para la altura es de \pm 0,13 mm (\pm 0,005") para mesas nuevas, y de \pm 0,38 mm (\pm 0,015") para mesas en uso.

La leva y el árbol (figuras 2b y 2c) deben ser de acero semiduro; el acero del árbol debe ser endurecido por templado. El árbol debe ser recto. La tolerancia entre el diámetro del cilindro del soporte y el árbol, estará comprendida entre 0,05 mm y 0,08 mm (0,002" y 0,003") para mesas nuevas, y entre 0,05 mm y 0,25 mm (0,002" y 0,010") para mesas usadas. La leva debe tener forma de espiral, con un radio que aumenta de 12,7 mm a 31,75 mm (1/2" a 1/4") en 360 grados. El extremo del árbol no debe golpear la leva en el punto de caída, debe hacer contacto con ésta suavemente antes de 120 grados, contados a partir de dicho punto. La leva y el árbol deben diseñarse en tal forma que la plataforma no rote más de una vuelta en 25 caídas. Las superficies de la cara superior del soporte y del resalte del

árbol, deben hacer contacto perfecto en el momento de la caída de la plataforma; para esto, deben mantenerse pulidas, planas y paralelas a la cara superior de la plataforma.

El soporte debe ser de hierro fundido de grano fino de alta calidad y debe tener tres (3) nervios de refuerzo integral, a lo largo de toda la altura, separados 120 grados. Un mínimo de 6,35 mm (1/4") de la cara superior del soporte, debe endurecerse por templado.

La mesa de flujo debe ser accionada por un motor de 0,3 W (1/20 HP) como mínimo, conectado al eje de la leva por medio de un engranaje helicoidal blindado, que reduzca la velocidad. La velocidad de la leva debe ser de 100 rpm. El motor no debe montarse o soportarse en la base del soporte, ni en el árbol.

Fundido de la mesa de flujo. El soporte de la mesa se atornillará firmemente a una platina de hierro o acero, de 254 mm (10") de lado y 25,4 mm (1") de espesor, cuya cara superior sea fresada hasta obtener una superficie plana y pulida. La placa debe anclarse a un pedestal de concreto por medio de cuatro (4) pernos de 12,7 mm (1/2") de diámetro, embebidos en el pedestal un mínimo de 152,4 mm (6"). La base del pedestal y la cara inferior de la placa deben hacer contacto en todos sus puntos. El pedestal será un tronco piramidal monolítico, de 635 mm a 762 mm (25" a 30") de altura, con sección cuadrada superior, cuyo lado sea entre 254 mm y 280 mm (10" y 11") y cuya base cuadrada que tiene como lado entre 381 mm y 406 mm (15" y 16").

Bajo cada esquina del pedestal debe colocarse un empaque cuadrado de corcho de 100 mm (4") de lado, por 12,7 mm (1/2") de espesor. Se debe controlar frecuentemente el nivel de la mesa, la firmeza del pedestal y el ajuste de los pernos de anclaje. Una vez que ha sido montado el árbol en el pedestal, la plataforma deberá nivelarse en las posiciones alta y baja a lo largo de diámetros perpendiculares entre si. El árbol de la mesa de flujo, debe mantenerse limpio y cuidadosamente lubricado con aceite liviano, tipo (SAE-10), lo mismo que la leva, para disminuir el desgaste. Cuando la mesa no haya sido usada durante algún tiempo, debe levantarse y dejarse caer la plataforma por lo menos 12 veces antes de empezar los ensayos.

Molde. Será de bronce o latón, de dureza Rockwell no inferior a 25 B, su peso no será inferior a 907 g, y su espesor mínimo de 5,1 mm (0,2"); su forma es de tronco de cono

recto, con base superior de $69,8 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ ($2,75'' \pm 0,02''$) de diámetro para moldes nuevos y $69,8 \text{ mm} \pm 1,3 \text{ mm}$ ($2,75 \pm 0,05''$) de diámetro, para moldes usados; la base inferior será de $100 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ ($4'' \pm 0,02''$) de diámetro y altura de $50 \pm 0,5 \text{ mm}$ ($2 \pm 0,02''$). La base menor estará provista de un collar integral para facilitar su remoción en la base inferior del molde, debe colocarse una corona de un material resistente a la acción corrosiva del mortero y unos 254 mm de diámetro mayor y 100 mm de diámetro menor, con el objeto de evitar que el mortero que queda fuera del molde, cuando esté lleno, caiga sobre la plataforma.

Calibrador. Se usará uno del tipo mostrado en la Figura 5 para medir los diámetros de la base del mortero.

Compactador. Será de material no absorbente, no abrasivo, ni quebradizo, como caucho de dureza media o madera (roble curado). La sección transversal debe ser rectangular, de unos 13 mm x 16 mm ($\frac{1}{2}'' \times 0,6''$) y una longitud entre 130 mm y 150 mm (5" y 6").

MATERIALES

Probeta graduada de $250 \text{ mL} \pm 1 \text{ mL}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Espátula o badilejo de acero, cuya paleta tenga de 100 mm a 150 mm de longitud.

Guantes de jebe.

INSUMOS

Agua desionizada o destilada (la temperatura del agua durante la mezcla será de $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1,7 \text{ }^\circ\text{C}$, dentro del rango del ambiente de mezclado, $20 \text{ }^\circ\text{C} - 28 \text{ }^\circ\text{C}$ y la humedad relativa en el laboratorio no debe ser menor de 50%.)

MUESTRA

Pesar $650 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$ de cemento.

Colocar toda el agua (agua desionizada o destilada, de no disponer puede ser agua potable limpia) en el recipiente de mezclado

Agregar el cemento al agua para permite la absorción durante 30 segundos.

Encender la mezcladora y mezclar a velocidad lenta ($140 \text{ rpm} \pm 5 \text{ rpm}$), durante 30 segundos.

Detener la mezcladora durante 15 segundos, en este tiempo se raspa la pasta que pueda haber quedado adherida a las paredes del recipiente y se incorpora al resto de la pasta.

Encender la mezcladora, nuevamente, a velocidad media ($285 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$) y mezclar durante 1 minuto para obtener la pasta.

Procedimiento

Llenado del molde: Limpiar y secar la plataforma de la mesa de flujo, colocar el molde en el centro, verter en el molde una capa del mortero, de unos 25 mm (1") de espesor, y apisonar con 20 golpes del compactador, uniformemente distribuidos; llenar totalmente el molde con una segunda capa de mortero y proceder igual que en la primera capa. La presión del compactador, deberá ser tal que asegure el llenado total y uniforme del molde, retirando el exceso de mortero de la capa superior y alisando la superficie por medio de una espátula.

Determinación de la fluidez: Lleno el molde, limpiar y secar la plataforma de la mesa, teniendo cuidado de secar el agua que está alrededor de la base del molde. Después de un (1) minuto de terminada la operación de mezclado, retirar el molde, levantándolo e inmediatamente dejar caer la mesa de flujo desde una altura de 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ ") 25 veces en 15 segundos. Luego medir el diámetro de la base del mortero, por lo menos en cuatro puntos equidistantes y calcular el diámetro promedio.

CALCULOS E INFORMES

Cálculos

La fluidez, es el aumento del diámetro promedio de la base de la muestra, expresado como un porcentaje del diámetro original.

Determinar el diámetro promedio y calcular el porcentaje de fluidez, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ fluidez} = \frac{\text{Diametro Promedio} - 10.16 \text{ cm}}{10.16 \text{ cm}} \times 100$$

Precisión y Dispersión

PRECISION

Para un operador de laboratorio, se ha establecido la desviación normal en 4 %.

Luego de dos ensayos realizados por el mismo operador con tandas similares, no deben diferir en más del 11%. (Nota 1) La desviación estándar multilaboratorio, ha sido establecida en 11 %. Luego, los resultados de dos diferentes laboratorios con tandas similares, no deben diferir en más del 31% (Nota 1).

Nota 1. Los valores obtenidos cuando se varía el contenido de agua para obtener una fluidez dada, no son aplicables para la precisión.

VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO

Los tiempos de fraguado final e inicial de un mortero están entre 2 y 24 horas; dependen de la composición de la mezcla y de las condiciones ambientales como el clima y humedad. (NTP 334.006)

La norma ASTM C-403 “Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance” (Método de ensayo estándar para el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por la resistencia a la penetración), da un método de ensayo para evaluar este parámetro

Tasa de evaporación del agua de la mezcla en función del tiempo. Varían según:

Tipo de curado

Humedad de la mezcla

Diseño de la mezcla

Humedad del ambiente

OBTENCIÓN DE LA MEZCLA (NTP 334.003:2008): Establece el método para obtener morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica.

TIPO DE CEMENTO A USAR (NTP 334.147:200),

CONTENIDO DE IONES CLORURO SOLUBLES EN AGUA (NTP339.076:2009),

TAZA DE ABSORCIÓN DE AGUA (NTP 399.631:2010),

CONTENIDO DE AIRE (NTP334.048:2003),

LOS ADITIVOS PARA MORTEROS (NTP 399.632:2010).

PENCA DE TUNA:

La tuna es una planta arborescente que puede alcanzar los 5 metros de altura. Está compuesta por cladodios carnosos y aplanados que simulan las hojas. En cada una de esas pencas se observan areolas de donde surgen los grupos de gloquidios, diminutas espinas como pelos barbados y delgados que desprenden de la planta, y se pegan fácilmente a la piel, causando irritación.

PRODUCCION DE LA TUNA:

A NIVEL NACIONAL:

En el año 2005 se estimaba una producción de tuna fruta de 64,594 TM a nivel nacional, producidas a partir de 12,030 ha de tunaes. (AVENDAÑO 2008)

Dieciséis departamentos del Perú tienen tunaes, los de mayor producción son: Ayacucho (20.25%), Huancavelica (14.65%), Arequipa (14.84%), Lima (14.02%) y Apurímac (8.25%); con excepción de Lima y Ayacucho que venden en el mercado limeño y marginalmente al exterior, la mayoría producen para el consumo regional.

En general, en los departamentos productores se cosecha la tuna fruta entre noviembre y marzo; sólo en Lima y en Ayacucho (Huanta), aunque en menor proporción; existe producto todo el año gracias al riego y al manejo de los tunales por parte de los agricultores de estas zonas.

Ayacucho vende al mercado limeño principalmente tuna amarilla (39.4%); Lima, tuna morada y blanca (59.95%); Ica, desde hace dos años, tuna amarilla (0.65%).

En el mes de febrero se registra un pico de la oferta de tuna fruta para el caso de la producción de Ayacucho y Lima (más de 3,000 TM), mientras que en julio hay una significativa reducción de la oferta (menos de 200 TM).

USO DE LA TUNA

Son muchos los sectores industriales que se pueden beneficiar con la explotación de la tunas, ya que esta planta es grande para el desarrollo de diferentes tecnologías para el beneficio del hombre .A continuación se menciona algunos de estos, y la forma de explotación de este cactáceo.

Agroindustria de alimentación y bebidas para consumo humano (producción de diversos alimentos, bebidas alcohólicas y analcoholicas de tuna)

Agroindustria de alimentos de animales suplementos y piensos de cladodios y desechos de la industria procesadora de tuna, como las cascaras y semillas.

Industria farmacéutica (protectores gástricos de extractos de mucilagos; capsulas y tabletas de polvo de tuna)

Industria cosmética (cremas, shampoo, lociones)

Industria de suplementos alimenticios (fibra y harina)

Industria productora de aditivos naturales (gomas, colorantes, frutas)

Sector turismo (artesanías)

USO EN LA CONSTRUCCIÓN

Las investigaciones sugieren que el mucílago mejora las características físicas de las pastas de cemento y morteros. Por ejemplo, en pastas de cemento, disminuye la permeabilidad y aumenta la resistencia a la compresión. Se ha encontrado que adiciones de nopal y sábila deshidratada en concentraciones pequeñas pueden funcionar como acelerantes de fraguado de pastas de cemento y que disminuyen la trabajabilidad de morteros base cemento (disminuye su fluidez). Es decir, para que la fluidez de esos morteros con adiciones sea igual a los morteros sin las adiciones se tendría que aumentar la cantidad de agua en la mezcla. Esto podría aumentar la porosidad de los morteros y, en consecuencia, disminuir su resistencia a la compresión.

Sin embargo, recientes estudios han probado que aunque el agua de mezclado se incrementó en los morteros con estas adiciones base nopal deshidratado, su resistencia no disminuyó siendo que ésta fue aumentando a edades mayores de 30 días a partir de la fabricación de los morteros (no se incluye a las adiciones con sábila por que en estas si disminuyó marginalmente la resistencia a la compresión del mortero). En este sentido, la lista de los resultados experimentales de la resistencia a la compresión (promedio de tres cubos por prueba) obtenidos en morteros base cemento usando adiciones deshidratadas de nopal y sábila a diferentes edades después del mezclado (Los porcentajes son por reemplazo de cemento en peso).

Es interesante observar que las resistencias a la compresión de morteros con adiciones de nopal deshidratado se mantuvieron en valores similares a la mezcla control (sin adiciones) a pesar de que la relación agua/cemento (a/c) fue incrementada para obtener la misma fluidez. A mayores edades, la resistencia a la compresión de los morteros con mayores porcentajes de adición de nopal deshidratado alcanzó valores similares a la mezcla control. En contraste, la resistencia a la compresión de los morteros con adiciones de sábila deshidratada (con bajo porcentaje de reemplazo) disminuyó hasta un 28% de los valores obtenidos en las mezclas de control, por lo que, hasta ahora, con los resultados obtenidos, no se encontró mejora alguna en su uso. Deben continuar las investigaciones en este tema y así corroborar lo que hasta ahora se ha obtenido: las adiciones de nopal mejoran las propiedades físicas y mecánicas de pastas y morteros base cemento.

Uso del extracto de nopal para mejorar la resistencia a la segregación en concretos base cemento Portland El concreto auto consolidable (CAC) fue desarrollado en Japón en los años 8011 y se caracteriza por su alta deformabilidad y resistencia a la segregación, así como porque no requiere vibración para consolidarse en zonas congestionadas de refuerzo. Para diseñar este concreto existen tres métodos: el primero consiste en utilizar un alto contenido de finos, el segundo requiere del uso de agentes modificadores de viscosidad para poder reducir la cantidad de finos, y el tercero es una combinación de ambos. Los agentes modificadores de viscosidad (AMV) son polímeros solubles en agua usados para incrementar la viscosidad de la pasta y mejorar la estabilidad del concreto auto consolidable.

MUCILAGO DE NOPAL Y COMPOSICIÓN QUÍMICA:

Los cladodios del nopal (*Opuntia* spp.) y en menor grado sus frutos, son fuentes naturales de polisacáridos estructurales (Cárdenas et al, 1999; Sáenz, 2002). *O. ficus- indica* es una de las especies más estudiadas (Cárdenas et al., 1999). La presencia de mucílago y acidez en nopalitos, de semillas y mucílago en los frutos, afecta la aceptabilidad de los consumidores, principalmente en países distintos de México (Razo y Sánchez, 2002; Huerta y Montes, 2003; Corrales et al., 2004). De acuerdo con Nobel (1986), el mucílago *O. ficus- indica* es un hetero-polisacárido de alto peso molecular, puede tener cerca de 30.000 sub-unidades de arabinosa (35 a 45%), galactosa (20 a 25%), ramnosa (7 a 8%), xilosa (7-8%) y ácido galacturónico (19 a 31%) y las moléculas de mucílago tienen numerosas cargas negativas, que unen al Ca^{2+} , al igual que la pectina. En cambio, Cárdenas et al. (1999) indicaron que el mucílago de cladodios de *O. ficus-indica* es un arabinogalactano ramificado, que presenta una fracción sin carga (55%), teniendo como composición química la arabinosa (47%), galactosa (18%), ramnosa (7%) y xilosa (23 %) y ácido galacturónico (5%). Además el mucílago contiene potasio, calcio, sílice, sodio como compuestos químicos principales. El potasio tiene una característica deliquescente (reacciona bruscamente con la humedad, o sea tiende a absorberla). El calcio del mucílago tiende a dar durabilidad al mortero al que se le aplicará. La sílice del mucílago es también un compuesto de la arena, entonces al aplicarse al mortero tendrá beneficios y la mejorará utilizándose como complemento. Y el sodio del mucilago otorga características de cerrar

poros internos al mortero en tiempos de fraguado y curado. Según la NTP 339.088 “Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón” detalla los tipos de mortero, entre ellos acelerantes, incorporadores de aire, reductores de agua y reguladores de fragua, impermeabilizantes, inhibidores de corrosión, superplastificantes o superfluidificantes. Y para efectos de esta investigación, dado a conocer las características del mucílago y sus compuestos químicos más importantes, tratará de actuar como un aditivo impermeabilizante que a su vez otorga mayor resistencia, y reductores de agua, ya que la sustancia será presentada de manera acuosa y se sustituirá en un porcentaje al agua.

Se aplicaran los métodos estadísticos donde realizaremos la descripción, análisis e interpretación de los datos. Se utilizarán tablas de acuerdo a la composición química ya mencionada sobre el mucilago de nopal, según la Norma INDECOPI 331.018, la cual nos habla sobre la Absorción y el coeficiente de saturación, el uso de mucílago en cemento tiene influencia en la hidratación de las pastas de cemento, ya que actúan como agentes retardadores y no permiten la libre formación del hidróxido de calcio y del silicato hidratado de calcio. Esto último puede explicar por qué el mucílago de nopal, el cual es un polisacárido, actúa como aditivo retardante. El peso molecular de los polisacáridos utilizados por otros investigadores oscilan entre $1,48 \times 10^6$ y $11,6 \times 10^6$, por lo que son similares a los pesos moleculares reportados del mucílago de nopal, los cuales varían entre $1,56 \times 10^6$ y $4,3 \times 10^6$.

PREPARACION DEL MUCÍLAGO DE NOPAL:

La preparación de este estabilizante deberá usarse las pencas eliminando las espinas y cortarlas en rebanadas que se pondrán a remojar en agua, en cantidad de 100% en peso con respecto al peso de las pencas. El tiempo de remojo de las pencas para la fabricación influye en la resistencia del estabilizante. Según la investigación de Vargas, para condiciones climáticas de 15-20° C y humedad relativa entre 82% - 92%, el tiempo de remojo óptimo se encuentra entre los 14 y 25 días, siendo 18 días el tiempo de remojo que dio mejores resultados finales. Para tiempos de remojo mucho mayores o menores, el efecto del estabilizante es nulo. Durante este tiempo la pulpa de las pencas se disuelve completamente y solo queda la cáscara como material remanente. A continuación el color se oscurece y se pierde la consistencia gomosa. Según describe Vargas, el proceso de

descomposición de la tuna, para elaborar la goma de tuna, se da de la siguiente manera: “Los dos primeros días presenta un color verde claro, una consistencia gomosa y es transparente e inodoro. Luego cambia a un color verde, adquiere una mayor consistencia de goma, presenta un fuerte olor a materia orgánica y deja de ser transparente. Durante este periodo la pulpa de las pencas se disuelve completamente y solo queda la cáscara como material remanente. A continuación el color se oscurece y la consistencia gomosa se pierde. Aproximadamente a los 60 días de remojo se obtiene un líquido negro de consistencia semejante a la del agua con fuerte olor a materia orgánica descompuesta”. Además, Vargas afirma que durante el verano (20- 25° C) y 78% - 88% de humedad relativa), el tiempo de remojo ideal se reduce, y está entre los 7 y 14 días.

Operacionalización de variables:

Tabla 6
Variable Dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Resistencia a la compresión	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento	Se determinan llevando a la rotura especímenes de 50mm de lado	Promedio
			Varianza
			Desviación
			Estándar

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7
Variable independiente

Variable	Definición operacional	Indicador
Diseño de mezcla	Proceso de selección de materiales (cemento, arena, agua) más el aditivo natural para obtener un producto con características de trabajabilidad y consistencia..	Porcentaje 10% y 20%.

Fuente: Elaboración propia

En la presente tesis se formuló la siguiente hipótesis, la adición de mucilago de nopal en 10% y 20% en la elaboración de un mortero de cemento-arena mejorará la resistencia a la compresión en comparación con un mortero patrón.

El objetivo General del presente estudio es: Determinar la resistencia a la compresión de un mortero cemento-arena adicionando 10% y 20% de mucílago de nopal. Y como objetivos específicos tenemos:

Determinar el pH del mucílago de nopal

Determinar la composición química del mucílago de nopal, mediante el proceso de fluorescencia de rayos X.

Determinar la relación a/c del mortero experimental basado en la fluidez del resultado de la relación a/c del mortero patrón.

Determinar la resistencia a la compresión de acuerdo a sus dimensiones respectivas en unidades de mortero al adicionar 10% y 20% de mucilago de nopal y mortero patrón, y comparar resultados.

II). METODOLOGÍA:

El tipo de investigación es Aplicada, porque los resultados obtenidos servirán para la solución de problemas relacionados a la construcción, explicando cual es el efecto en la resistencia a la compresión al adicionar un porcentaje de mucilago de nopal en la elaboración de un mortero cemento-arena.

Además descubriremos las cantidades mínimas necesarias para su elaboración y la pronta discusión del mucílago de nopal, este material será utilizado a la solución del problema relacionado a las contracciones de viviendas, brindando así un nuevo material para la edificación de viviendas que sea de mayor accesibilidad para la población.

Los ensayos para determinar la resistencia a la compresión del mortero se harán de manera experimental, haciendo del tiempo un factor importante para la deducción de resultados.




























La mayor parte del estudio, se realizará en el laboratorio de mecánica de suelos, observando y analizando debidamente los resultados obtenidos con los técnicos profesionales en el ámbito de materiales de albañilería.

La investigación es de enfoque cuantitativo, ya que se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (guías de observación), medición numérica y el análisis estadístico.

El diseño de la Investigación será Experimental y el nivel será Cuasi-Experimental; en la que se estudiarán los morteros de cemento-arena con la adición de mucílago de nopal, para así compararlo con un mortero patrón.

Por lo tanto se formara dos grupos de estudios, un grupo experimental constituido de mortero con mucílago de nopal y otro grupo de mortero patrón. Tal que se pueda obtener resultados favorables mejorando la resistencia la compresión el cual pueda beneficiar a la sociedad con la reducción de costos, viviendas más seguras ante lluvias (los daños serian mínimos ante las lluvias) y su aporte al estudio de la ingeniería civil. Siendo el esquema del diseño de investigación el siguiente:

Tabla 8
Diseño en bloque completo al azar

Días de curado	Resistencia a la compresión de un mortero cemento-arena adicionando 10% y 20% de mucílago de nopal.					
	PATRÓN		10%		20%	
3	P1		E1		E1	
	P2		E2		E2	
	P3		E3		E3	
7	P1		E1		E1	
	P2		E2		E2	
	P3		E3		E3	
28	P1		E1		E1	
	P2		E2		E2	
	P3		E3		E3	

Fuente: Elaboración propia

Población:

La finalidad es estudiar el comportamiento que tiene esta mezcla de elementos al ser utilizados en la elaboración de un mortero cemento-arena. El 10% y 20% de mucílago de nopal será utilizado como aditivo natural. La manera en que se utilizará en la mezcla será a base de una sustitución porcentual entre los elementos que la conforman.

Esto nos da a saber que se realizarán dos tipos de mortero cemento-arena, uno de los cuales será la elaboración de muestras con el elemento ya mencionado en el proceso de investigación y una más de manera convencional que servirá como parámetro de

comparación, la cual se va a manejar sin ninguna modificación en sus componentes, para determinar las resistencias.

Para la elaboración de los especímenes (cubos de mortero cemento-arena) se utilizaron las siguientes referencias:

La penca de tuna se traerá del distrito de Ataquero, provincia de Carhuaz, departamento de Ancash.

El agregado fino se obtendrá de la cantera La Sorpresa de la ciudad de Chimbote.

Se utilizará cemento portland tipo I, el cual es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales.

Muestra:

Se trabajarán con la cantidad de la población a conveniencia del investigador, que consta de 27 probetas de mortero (9 patrón, 9 experimentales al 10% y 9 experimentales al 20%). La norma NTP 334.051 indica que, como mínimo se pueden realizar 2 especímenes por cada edad de ensayo, entonces, en este caso se trabajarán 3, ya que los moldes están estandarizados para ser elaborados de 3 en 3, especificado de la siguiente manera: Patrón (3 especímenes a los 3 días de curado; 3 a los 7 días y 3 a los 28 días). Experimental al 10% (3 especímenes a los 3 días de curado; 3 a los 7 días y 3 a los 28 días) y experimental al 20% (3 especímenes a los 3 días de curado; 3 a los 7 días y 3 a los 28 días).

Las técnicas e instrumentos de investigación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9
Técnicas e Instrumentos de Investigación

TÉCNICA	INSTRUMENTO	AMBITO (2 grupos)
Observación Científica	Guía de observación resumen.	Grupo Control (Muestra de diseño de mezcla convencional)
	Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas a realizar.	Grupo Experimental (Muestra de diseño de mezcla con adición de mucílago de nopal)

Fuente: Elaboración propia

Se aplicarán métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales.

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel.

En dicho procesamiento se realizará:

Representación de cuadros estadísticos y sus respectivas gráficas de dispersión y barra de datos obtenidos en la observación por cada indicador ensayado.

Promedio por cada indicador ensayado.

Comprobación o verificación de la hipótesis por prueba de diferencia de medias poblacional. Se usará el método de análisis de varianza ya que las variables de dicho proyecto son cuantitativas.

Un análisis de varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

Para ejecutar un ANOVA, debe tener una variable de respuesta continua y al menos un factor categórico con dos o más niveles. Los análisis ANOVA requieren datos de poblaciones que sigan una distribución aproximadamente normal con varianzas iguales entre los niveles de factores. Sin embargo, los procedimientos de ANOVA funcionan bastante bien incluso cuando se viola el supuesto de normalidad, a menos que una o más de las distribuciones sean muy asimétricas o si las varianzas son bastante diferentes. Las transformaciones del conjunto de datos original pueden corregir estas violaciones.

El nombre "análisis de varianza" se basa en el enfoque en el cual el procedimiento utiliza las varianzas para determinar si las medias son diferentes. El procedimiento funciona comparando la varianza entre las medias de los grupos y la varianza dentro de los grupos como una manera de determinar si los grupos son todos parte de una población más grande o poblaciones separadas con características diferentes.

El ANOVA parte de algunos supuestos que han de cumplirse:

La variable dependiente debe medirse al menos a nivel de intervalo.

Independencia de las observaciones.

La distribución de la variable dependiente debe ser normal.

Homocedasticidad: homogeneidad de las varianzas.

Para nuestro proyecto se hará uso de este método, ya que es necesario porque cuando se requiere comparar dos o más medias es incorrecto utilizar repetidamente el contraste basado en la t de Student.

En resumen, el análisis de varianza sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos. El método para comparar estos valores está basado en la varianza global observada en los grupos de datos numéricos a comparar. Típicamente, el análisis de varianza se utiliza para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de un grupo de puntuaciones es distinta de la media de otro grupo de puntuaciones, en este caso, para observaciones de datos como la resistencia a la compresión de nuestras muestras de mortero y variación de dimensional de la media poblacional.

III).RESULTADOS

Los resultados obtenidos en diversos laboratorios, se muestran a continuación:

Caracterización Química

Tabla 10

Resultado De Fluorescencia De Rayos X del mucílago de nopal

ELEMENTO	% MASA	METODO UTILIZADO
Cl	0.0050	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
K	0.0171	
Ca	0.0100	
Ti	0.0012	
Otros	99.667	
Totales	100.00	

Fuente: Laboratorio de Arqueometría de la UNMSM

El mucílago de nopal fue extraído por método de maceración con agua a temperatura ambiente durante un período de 7 días, obteniendo una sustancia líquida coloidal.

Potencial de Hidrógeno

Tabla 11

pH Del Mucílago de Nopal

MUESTRA	ENSAYO
Mucilago de nopal	pH 4.18

Fuente: Laboratorio de Ensayos químicos COLECBI

Caracterización Del Agregado

Tabla 12

Contenido de humedad agregado fino (ASTM D-2216)

Prueba N°	01	02
Tara + suelo húmedo (gr)	1053.1	1069.2
Tara + suelo seco (gr)	1048.2	1064.2
Peso del agua (gr)	4.9	5.0
Peso de la tara (gr)	199.4	214.1
Peso del suelo seco (gr)	848.8	850.1
Contenido de humedad (%)	0.58	0.59
Prom. Contenido humedad (%)	0.58	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 13

Gravedad Específica Y Absorción Agregado Fino (Según Norma ASTM C-127)

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00
B	Peso de picnómetro + agua	gr.	654.40
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	cm ³	954.40
D	Peso de picnómetro + agua + material	gr.	845.30
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D)	cm ³	109.10
F	Peso de material seco en estufa	gr.	297.30
G	Volumen de masa (E-(A-F))		106.40
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.725
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.750
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.794
K	Absorción (%) ((D-A/A)x100)		0.91

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 14

Peso Unitario Suelto Del Agregado Fino

Ensayo n°	1	2	3
Peso de molde + muestra (g)	7750	7800	7800
Peso de molde (g)	3326	3326	3326
Peso de muestra (g)	4424	4474	4474
Volumen de molde (cm ³)	2788	2788	2788
Peso unitario (kg /m ³)	1587	1605	1605
Peso unitario promedio (kg /m ³)	1599		
Corregido por humedad (kg /m ³)	1589		

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 15
Peso Unitario Compactado Del Agregado Fino

Ensayo n°	1	2	3
Peso de molde + muestra (g)	8300	8340	8300
Peso de molde (g)	3326	3326	3326
Peso de muestra (g)	4974	5014	5004
Volumen de molde (cm ³)	2788	2788	2788
Peso unitario (kg /m ³)	1784	1788	1795
Peso unitario promedio (kg /m ³)		1792	
Corregido por humedad (kg /m ³)		1782	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 16
Requisitos Físicos De Gradación Para El Cálculo De La Fluidéz

Arena manufacturada					
N° mallas	Pesos retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa	Arena manufacturada (%)
# 4	0	0	0	100.0	100
# 8	17.87	3.9	3.9	96.10	95 -100
# 16	59.40	12.96	16.86	83.14	70 – 100
# 30	155.37	33.9	50.76	49.24	40 – 75
# 50	75.17	16.4	67.16	32.84	20 – 40
# 100	40.79	8.9	76.06	23.94	10 – 25
# 200	84.06	18.34	94.4	5.60	0 – 10
PLATO	25.67	5.6	100		-
TOTAL	458.33	100			
CONDICIÓN:	Arena Gradada				
Total:	458.33 g				
Diagnóstico:	Procede				
Módulo de Finura	2.92				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17
Requisitos físicos de gradación para elaborar los especímenes.

Arena manufacturada						
N° mallas	Pesos retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa	Arena manufacturada (% pasa)	
# 4	0	0	0	100.0	100	
# 8	26.81	3.9	3.9	96.10	95	100
# 16	89.1	12.96	16.86	83.14	70	100
# 30	233.06	33.9	50.76	49.24	40	75
# 50	112.75	16.4	67.16	32.84	20	40
# 100	61.19	8.9	76.06	23.94	10	25
# 200	126.09	18.34	94.4	5.60	0	10
PLATO	38.5	5.6	100		-	-
TOTAL	687.50	100				
CONDICIÓN: Arena Gradada						
Total:	687.5 gr					
Diagnóstico:	Procede					
Módulo de Finura	2.92					

Fuente: Elaboración propia

Para elaborar los especímenes de mortero patrón y experimentales se realizarán en tres tandas para obtener las 9 muestras de mortero para ser ensayadas a 3, 7 y 28 días

Dosificación de materiales

Tabla 18

Proporción De Materiales Utilizado Para Calcular La Fluidéz del mortero patrón.

Descripción	Relación		Agregado Fino (g)	Aglomerante Cemento (g)	Agua (g)
	Arena/ Cemento	Agua / Cemento			
Patrón	2.75	0.485	458	166.66	80.83

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Dosificación de materiales utilizado para calcular la fluidéz del mortero experimental con 10% y 20% de adición.

Descripción	Relación		Agregado Fino (g)	Cemento (g)	Mucílago de Nopal (g)	Agua (g)
	Arena/ Cemento	Agua / Cemento				
Exp – 1 (10%)	2.75	0.50	458.3	166.6	16.6	66.7
Exp – 2 (20%)	2.75	0.51	458.3	166.6	33.3	51.6

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la fluidéz del mortero patrón y experimental

Para determinar la fluidéz del mortero patrón y experimental se realizó en base a la NTP 334.057:2011 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la fluidéz de morteros de cemento Portland.

Para este experimento, se utilizó una relación a/c determinada (0.485) para el mortero patrón, las cuales se obtuvieron 4 resultados, se promedió y se aplicó la fórmula para determinar el porcentaje de fluidéz. Para el porcentaje de fluidéz de los morteros experimentales se tuvo que encontrar una relación a/c diferente debido a la materia prima, y el resultado de éstos se basó en el porcentaje de fluidéz del mortero patrón.

Tabla 20
Fluidez del mortero

Descripción	Relación	D (cm)	Diámetros (cm)				Diámetro Promedio (cm)	% Fluidez
			D1	D2	D3	D4		
Patrón	0.485	10.16	11.21	13.09	12.89	11.51	12.18	19.83
Exp – 1 (10%)	0.50	10.16	11.94	12.33	12.03	11.95	12.06	18.73
Exp – 2 (20%)	0.51	10.16	12.42	11.92	11.93	12.18	12.11	19.22

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla 21
Dosificación de materiales utilizado para elaborar los especímenes del mortero patrón.

Descripción	Relación		Agregado Fino (g)	Aglomerante Cemento (g)	Agua (g)
	Arena/ Cemento	Agua / Cemento			
Patrón	2.75	0.485	687.5	250	121.25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22
Dosificación de materiales utilizado para elaborar los especímenes del mortero experimental con 10% y 20% de adición.

Descripción	Relación		Agregado Fino (g)	Cemento (g)	Mucílago de Nopal (g)	Agua (g)
	Arena/ Cemento	Agua / Cemento				
Exp – 1 (10%)	2.75	0.50	687.5	250	25	100
Exp – 2 (20%)	2.75	0.51	687.5	250	50	77.50

Fuente: Elaboración propia

Precisión

Tabla 23

Medidas de dispersión del mortero patrón.

N° DÍAS	Identificación de muestra	Resistencia compresión (kg/cm ²)	Medidas de dispersión					Norma astm c 670	
			Prom.	Var.	Desv. estándar	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%	Coef. variación 1s%	Rango de acepta ción d2s%
3	PATRÓN 3D-1	383.00							
	PATRÓN 3D-2	371.00	373.67	46.21	6.79	1.8	4.3	3.9	10.9
	PATRÓN 3D-3	367.00							
7	PATRÓN 7D-1	429.00							
	PATRÓN 7D-2	381.00	399.00	456	21.35	5.3	12.5	3.9	10.9
	PATRÓN 7D-3	387.00							
28	PATRÓN 28-1	516.00							
	PATRÓN 28-2	526.00	511.33	203.55	14.26	2.7	6.9	3.8	10.6
	PATRÓN 28-3	492.00							
					Promedio	3.2	7.9	3.7	10.4

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las muestras patrón el coeficiente de variación de las muestras a 7 días excede lo permisible, en este caso la norma NTP 334.051 menciona que las muestras no deben ser exceder el 8.70% del promedio, obteniendo $8.7\% \cdot 399 = 34.71$. Las muestras deben estar en el rango de 399 ± 34.71 para ser válidas.

Tabla 24*Medidas de dispersión del mortero experimental con 10% de adición.*

N° DÍAS	Identificación de muestra	Resistencia compresión (kg/cm ²)	Medidas de dispersión				Norma astm c 670		
			Prom.	Var.	Desv. estándar	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%
3	EXP 3D-1	380.00							
	EXP 3D-2	382.00	378.67	11.54	3.39	0.8	2.1	3.9	10.9
	EXP 3D-3	374.00							
7	EXP 7D-1	391.00							
	EXP 7D-2	439.00	418.00	402	20.05	4.7	12.2	3.9	10.9
	EXP 7D-3	424.00							
28	EXP 28D-1	465.00							
	EXP 28D-2	447.00	455.00	56	7.48	1.6	4.0	3.8	10.6
	EXP 28D-3	453.00							
					Promedio	2.3	6.1	3.7	10.4

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las muestras experimentales al 10% el coeficiente de variación de las muestras a 7 días excede lo permisible, en este caso la norma NTP 334.051 menciona que las muestras no deben ser exceder el 8.70% del promedio, obteniendo $8.7\% * 418 = 36.36$. Las muestras deben estar en el rango de 418 ± 36.36 para ser válidas.

Tabla 25*Medidas de dispersión del mortero experimental con 20% de adición.*

N° DÍAS	Identificación de muestra	Resistencia compresión (kg/cm ²)	Medidas de dispersión				Norma astm c 670		
			Prom.	Var.	Desv. estándar	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%
3	EXP 3D-1	378.00	388.33	81.54	9.02	2.3	5.8	3.9	10.9
	EXP 3D-2	387.00							
	EXP 3D-3	400.00							
7	EXP 7D-1	463.00	457.67	94.83	9.74	2.1	4.9	3.9	10.9
	EXP 7D-2	466.00							
	EXP 7D-3	444.00							
28	EXP 28D-1	471.00	482.67	249.55	15.79	3.2	7.2	3.8	10.6
	EXP 28D-2	505.00							
	EXP 28D-3	472.00							
Promedio					2.5	5.9	3.7	10.4	

Fuente: Elaboración propia

Para validar las muestras del mortero experimental con 20% de adición se considera lo estipulado en la norma ASTM C 670, pudiendo observar que el coeficiente de variación y el rango de aceptación se encuentra dentro de lo permisible como lo muestra la tabla 25.

Ensayos De Compresión

PATRÓN

Tabla 26

Ensayos de Compresión Patrón 3 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
PATRÓN 3D-1	25.00	293.40	9583.00	383.00
PATRÓN 3D-2	25.00	293.90	9275.00	371.00
PATRÓN 3D-3	25.10	295.50	9204.00	367.00
			<i>Promedio</i>	373.67

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Tabla 27

Ensayos de Compresión Patrón 7 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
PATRÓN 7D-1	25.20	294.60	10801.00	429.00
PATRÓN 7D-2	25.30	295.40	9632.00	381.00
PATRÓN 7D-3	25.40	295.50	9807.00	387.00
			<i>Promedio</i>	399.00

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Tabla 28

Ensayos de Compresión Patrón 28 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
PATRÓN 28-1	25.50	292.20	13147.00	516.00
PATRÓN 28-2	25.50	295.00	13255.00	526.00
PATRÓN 28-3	25.40	295.50	12464.00	492.00
			<i>Promedio</i>	511.33

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

EXPERIMENTAL 10%

Tabla 29

Ensayos de Compresión Experimental 10% de 3 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXP 3D-1	25.40	292.30	9657.00	380.00
EXP 3D-2	25.30	292.50	9641.00	382.00
EXP 3D-3	25.40	292.80	9487.00	374.00
			<i>Promedio</i>	<i>378.67</i>

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Tabla 30

Ensayos de Compresión Experimental 10% de 7 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXP 7D-1	24.80	289.50	9681.00	391.00
EXP 7D-2	24.90	289.70	10907.00	439.00
EXP 7D-3	24.80	291.50	10491.00	424.00
			<i>Promedio</i>	<i>418.00</i>

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Tabla 31

Ensayos de Compresión Experimental 10% de 28 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXP 28D-1	25.10	290.70	11641.00	465.00
EXP 28D-2	25.30	292.70	11311.00	447.00
EXP 28D-3	25.30	293.30	11433.00	453.00
			<i>Promedio</i>	<i>455.00</i>

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

EXPERIMENTAL 20%

Tabla 32

Ensayos de Compresión Experimental 20% de 3 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXP 3D-1	25.10	294.70	9475.00	378.00
EXP 3D-2	25.30	295.30	9765.00	387.00
EXP 3D-3	25.00	296.20	10009.00	400.00
			<i>Promedio</i>	388.33

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Tabla 33

Ensayos de Compresión Experimental 20% de 7 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXP 7D-1	25.10	296.50	11618.00	463.00
EXP 7D-2	25.00	296.00	11649.00	466.00
EXP 7D-3	25.20	296.90	11162.00	444.00
			<i>Promedio</i>	457.67

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Tabla 34

Ensayos de Compresión Experimental 20% de 28 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXP 28D-1	25.10	293.20	11810.00	471.00
EXP 28D-2	25.00	294.00	12630.00	505.00
EXP 28D-3	25.10	294.70	11829.00	472.00
			<i>Promedio</i>	482.67

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Pesos de especímenes

PATRÓN

Tabla 35

Pesos de especímenes Patrón 3 días

		<i>Pesos (gr)</i>	
Muestra	Fraguado		Curado
P-1	290.00		293.40
P-2	290.00		293.90
P-3	290.70		295.50
Promedio	290.29		294.27

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP & LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Tabla 36

Pesos de especímenes Patrón 7 días

		<i>Pesos (gr)</i>	
Muestra	Fraguado		Curado
P-1	289.50		294.60
P-2	290.00		295.40
P-3	290.20		295.50
Promedio	298.90		295.17

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP & LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Tabla 37

Pesos de especímenes Patrón 28 días

		<i>Pesos (gr)</i>	
Muestra	Fraguado		Curado
P-1	286.50		292.90
P-2	289.40		295.00
P-3	289.90		295.00
Promedio	288.60		294.23

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP & LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

EXPERIMENTAL 10%

Tabla 38

Pesos de especímenes Experimental 10% -3 días

			<i>Pesos (gr)</i>
Muestra	Fraguado		Curado
E-1	287.50		292.30
E-2	287.90		292.50
E-3	288.10		292.80
Promedio	287.83		292.53

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP & LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Tabla 39

Pesos de especímenes Experimental 10% -7 días

			<i>Pesos (gr)</i>
Muestra	Fraguado		Curado
E-1	286.30		289.50
E-2	286.40		289.70
E-3	286.60		291.50
Promedio	286.43		290.23

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP & LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Tabla 40

Pesos de especímenes Experimental 10% -28 días

			<i>Pesos (gr)</i>
Muestra	Fraguado		Curado
E-1	287.50		290.70
E-2	287.50		292.60
E-3	288.50		293.30
Promedio	287.83		292.20

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP & LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

EXPERIMENTAL 20%

Tabla 41

Pesos de especímenes Experimental 20% -3 días

<i>Pesos (gr)</i>		
Muestra	Fraguado	Curado
E-1	290.90	294.70
E-2	291.40	295.30
E-3	291.70	296.20
Promedio	291.33	295.40

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP & LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Tabla 42

Pesos de especímenes Experimental 20% -7 días

<i>Pesos (gr)</i>		
Muestra	Fraguado	Curado
E-1	292.20	296.50
E-2	292.50	296.00
E-3	292.80	296.90
Promedio	292.50	296.47

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP & LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Tabla 43

Pesos de especímenes Experimental 20% -28 días

<i>Pesos (gr)</i>		
Muestra	Fraguado	Curado
E-1	286.80	293.20
E-2	286.70	294.00
E-3	288.50	294.70
Promedio	287.67	293.97

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP & LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Resultados Finales

Tabla 44

Resultados Finales de los Ensayos de Compresión

Días	Patrón	Resistencias (kg/cm ²)	
		Experimental 10 %	Experimental 20 %
3	373.00	378.67	388.00
7	399.00	418.00	457.67
28	511.33	455.00	482.67

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²) obtenidas según morteros patrones

Tabla 45

Ensayos de Compresión Patrón en Porcentajes

Días	Resistencias (kg/cm ²)	
	Patrón	
3	373.00	72.95%
7	399.00	78.03%
28	511.33	100.00%

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

De los resultados obtenidos del Ensayo a la Compresión, se registra que se alcanzó una resistencia promedio que supera un 70% en los primeros 3 días. Así mismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 7 días superaron el promedio del 75% y a los 28 días se obtuvo una resistencia de 511.33 Kg/cm².

Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²) obtenidas según morteros experimentales

Tabla 46

Ensayos de Compresión Experimentales en Porcentajes

Días	Resistencias (kg/cm ²)			
	Experimental 10 %		Experimental 20 %	
3	378.67	74.06%	388.33	75.95%
7	418.00	81.75%	457.67	89.50%
28	455.00	88.98%	482.67	94.40%

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Según apreciamos con los resultados obtenidos, podemos concluir que con el material adicionado las resistencias iniciales al sustituir 10% y 20% son superiores en porcentaje en comparación al patrón a los 3 y 7 días de edad.

También se puede apreciar que, a partir de los 28 días, recién las dos sustituciones no logran superar al mortero patrón, ya que el experimental 1 logra un 88.98% y el experimental 2 logra un 94.40%

Tabla 47
Cuadro Comparativo De Morteros Patrones Y Experimentales

DÍAS	PATRÓN	RESISTENCIAS (KG/CM2)	
		EXPERIMENTAL 10 %	EXPERIMENTAL 20 %
3	373.67	378.67	388.33
7	399.00	418.00	457.67
28	511.33	455.00	482.67

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

En conclusión, se obtuvieron buenos resultados en los ensayos a la compresión de los morteros experimentales, teniendo en cuenta las resistencias, ya que a la edad de 3 días logró superar en un 1.11% y a los 7 días superó en un 3.45% en el experimental con adición de 10%. En el experimental con 20% de adición se logró superar en un 3% a los 3 días y en un 11.47% a los 7 días. Sin embargo, ningún mortero experimental pudo superar al patrón a la edad de 28 días.

Ensayo de compresión (kg/cm²) de mortero patrón:



Figura 1. Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad (Días)

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

INTERPRETACIÓN: Según muestra la gráfica, indica que el mortero patrón de 3 días alcanzó el 73.08% de su máxima resistencia; y el mortero de 7 días alcanzó un 78.03% de su máxima resistencia. El mortero de 28 días alcanzó una resistencia de 511.33 kg/cm² (100%).

Ensayo de compresión (kg/cm²) de mortero experimental con 10% de adición:

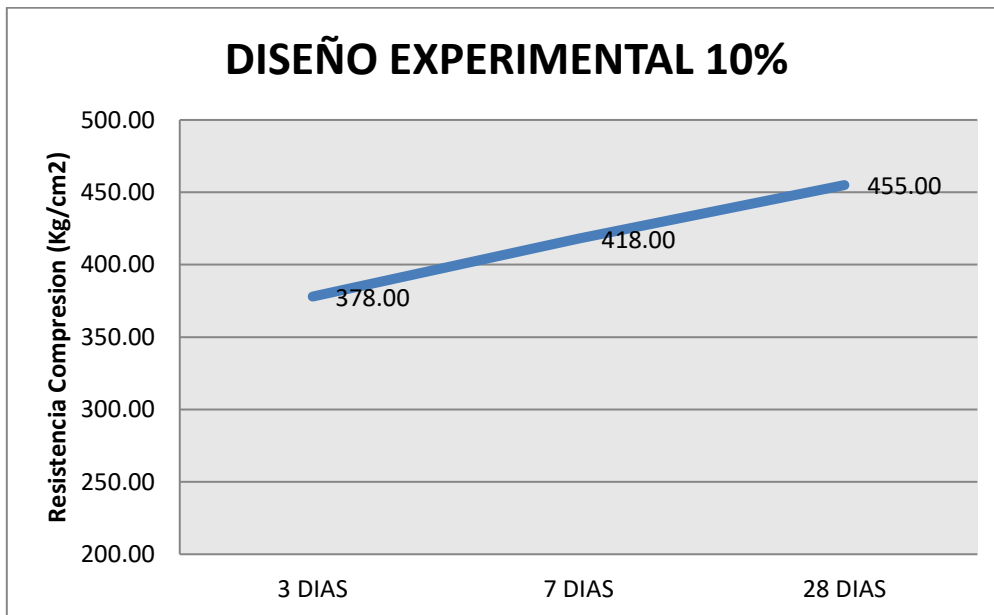


Figura 2. Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad (Días)

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

INTERPRETACIÓN: Según muestra la gráfica, indica que el mortero exp. 10% de 3 días alcanzó el 83.07% de su máxima resistencia; y el mortero de 7 días alcanzó un 91.87% de su máxima resistencia. El mortero de 28 días alcanzó una resistencia de 455kg/cm² (100%).

Ensayo de compresión (kg/cm²) de mortero experimental con 20% de adición:

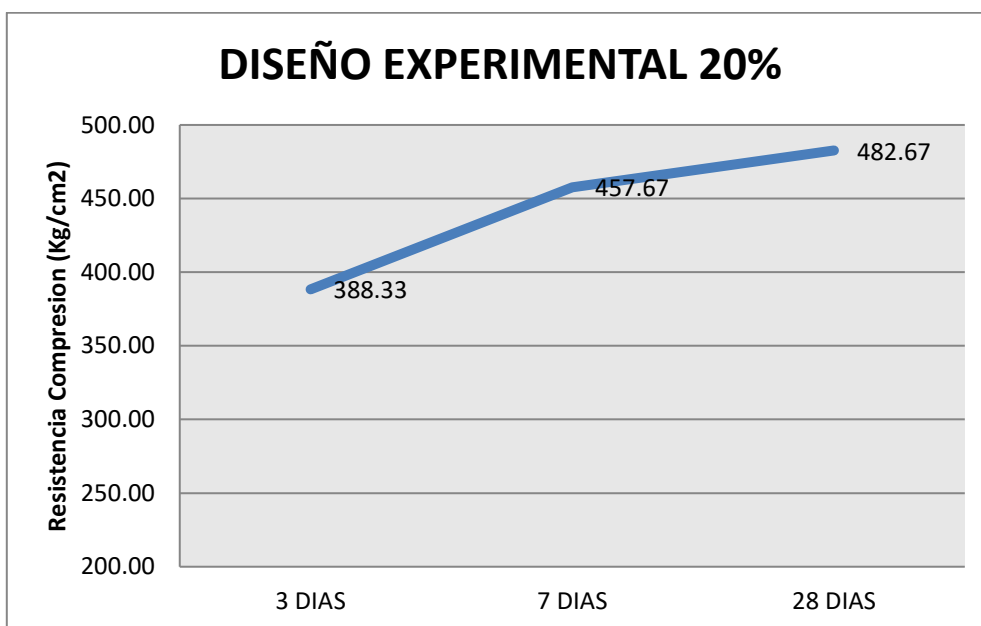


Figura 3. Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad(Días)

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

INTERPRETACIÓN: Según muestra la gráfica, indica que el mortero exp. 20% de 3 días alcanzó el 80.45% de su máxima resistencia; y el mortero de 7 días alcanzó un 94.82% de su máxima resistencia. El mortero de 28 días alcanzó una resistencia de 482.67kg/cm² (100%).

**RESISTENCIA A LA COMPRESION PATRON Y EXPERIMENTALES
RESISTENCIAS VS EDAD**

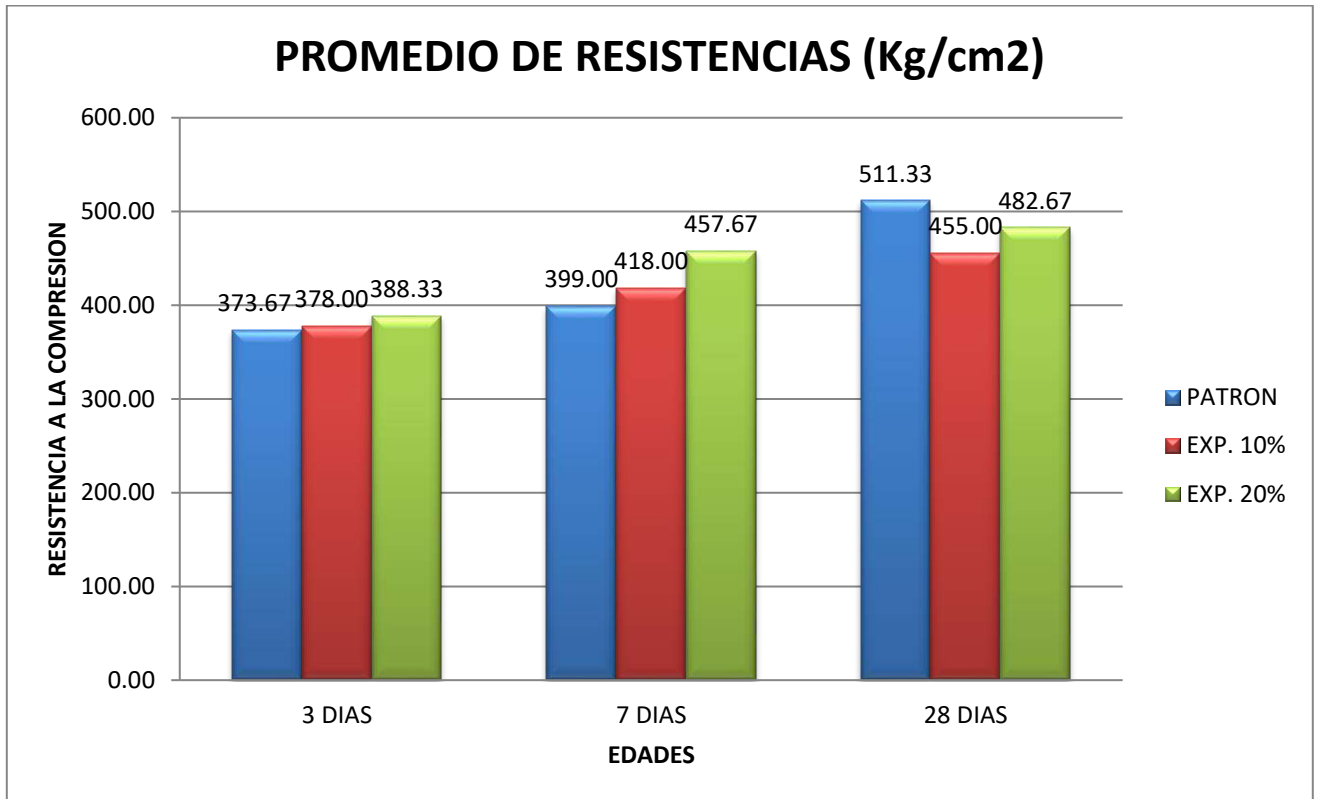


Figura 4. Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad (Días)

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

INTERPRETACIÓN: Según el gráfico de barras, la resistencia a los 3 días obtenida en los especímenes de mortero experimentales al 10% y 20% han aumentado en 1.16% y 3.92%, respectivamente.

También podemos observar que a la edad de 7 días, los morteros experimentales con 10% y 20% de adición aumentaron en un 14.70% y 4.76%, respectivamente, con respecto al mortero patrón.

Por último, vemos que a la edad de 28 días, los morteros experimentales no logran superar al mortero patrón, teniendo un porcentaje de 94.40% y 88.98%.

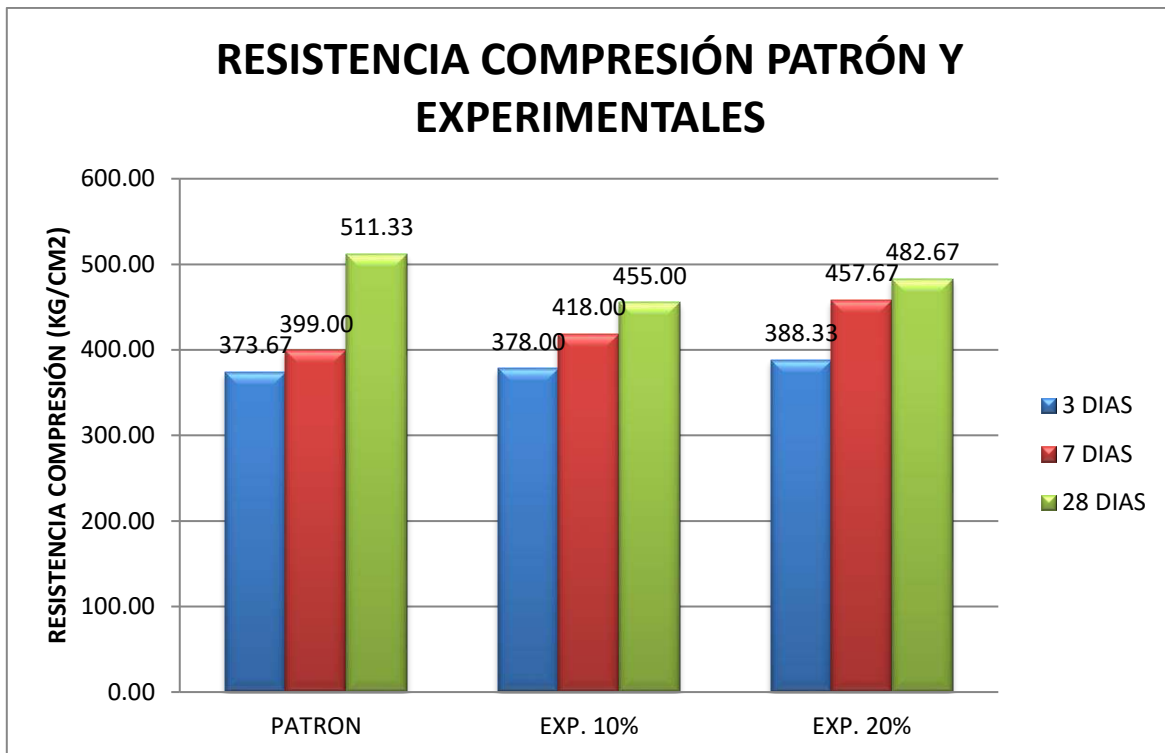


Figura 5. Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad(Días)

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

INTERPRETACIÓN: Según muestra el gráfico de barras, indica que el mortero patrón de 3 días alcanzó el 73.08% de su máxima resistencia; y el mortero de 7 días alcanzó un 78.03% de su máxima resistencia. El mortero de 28 días alcanzó una resistencia de 511.33 kg/cm² (100%).

También se puede observar, el mortero exp. 10% de 3 días alcanzó el 83.07% de su máxima resistencia; y el mortero de 7 días alcanzó un 91.87% de su máxima resistencia. El mortero de 28 días alcanzó una resistencia de 455kg/cm² (100%).

Por último, se puede apreciar que el mortero exp. 20% de 3 días alcanzó el 80.45% de su máxima resistencia; y el mortero de 7 días alcanzó un 94.82% de su máxima resistencia. El mortero de 28 días alcanzó una resistencia de 482.67kg/cm² (100%).

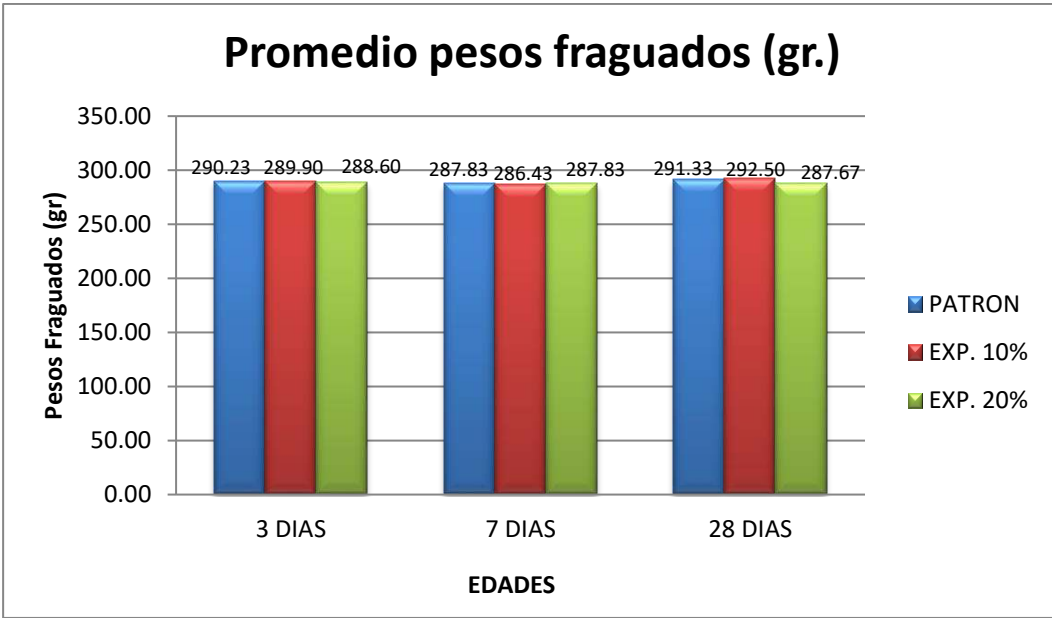


Figura 6. Pesos de especímenes fraguados (gr.) vs edad (días)

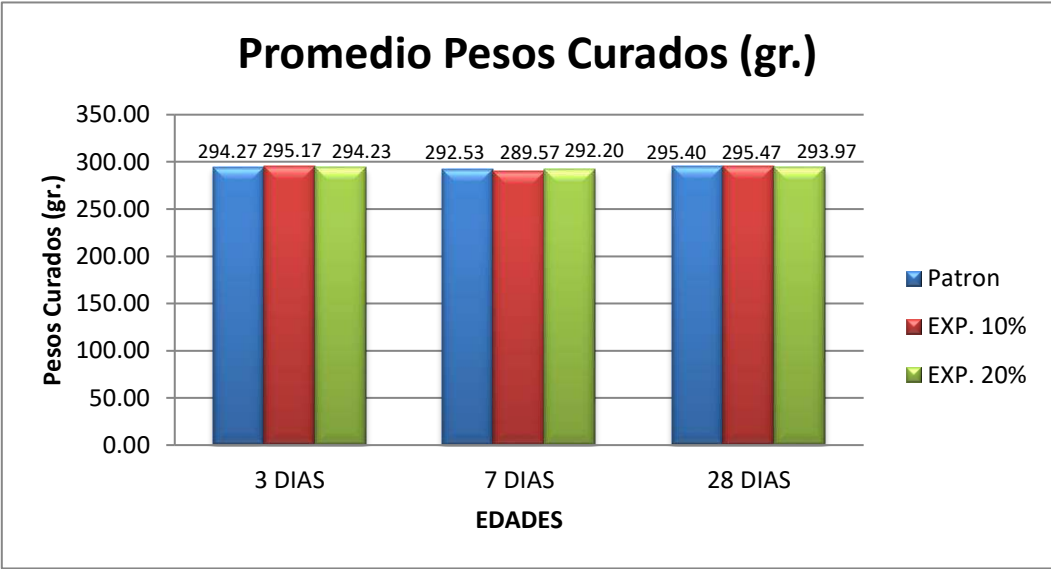


Figura 7. Pesos de especímenes curados (gr.) vs edad (días)

Tabla 48

Resistencias a la compresión de los especímenes de mortero patrón y con dos porcentajes adicionando mucílago de nopal según días de curado

Días de curado	Resistencia de mortero		
	Patrón	Experimental 10%	Experimental 20%
3	373.67	378.67	388.33
7	399.00	418.00	457.67
28	511.33	455.00	482.67

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

En la Tabla 48 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de los especímenes de mortero son mayores a los 28 días de curado

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk) y homogeneidad de varianzas de las resistencias medias obtenidas en las probetas de mortero para cada tratamiento (adición de un porcentaje de aditivo natural mucílago de nopal) se procedió a realizar la prueba ANOVA

Tabla 49

Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los especímenes de mortero.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustitución	996,626	2	498,313	,799	,510
Días de curado	15934,926	2	7967,463	12,781	,018
Error	2493,441	4	623,360		
Total	19424,994	8			

Fuente: Resultados de las Pruebas de Hipótesis con el SPSS

En la tabla 49 se puede visualizar que el $p\text{-value} > \alpha$ ($0.510 > 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para aceptar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm^2 logradas en los especímenes de mortero patrón y adiciones de 10% y 20% de mucílago de nopal son iguales. Es decir, no existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de mortero.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($0.018 < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de los especímenes de mortero son diferentes a consecuencias de los días de curado.

IV).ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la relación con antecedentes, lo siguiente:

Si comparamos esta investigación con el estudio realizado por de Amarán y Ravi (2016), observamos que los resultados de resistencia a la compresión logran aumentar mientras más mucílago de nopal se utiliza, en cuanto a 10% de adición también aumenta la resistencia a la compresión, pero con adición de 20% de mucílago de nopal es la que más resistencia se puede obtener en todas sus edades (7, 14 y 28 días). En mi investigación solo aumenta la resistencia a la compresión en sus primeros días de curado (3 y 7), y a los 28 días tiende a disminuir. Esto se debe a que, en aquella investigación se concluyó que la óptima relación a/c es reducida con el incremento de mucílago de nopal, siendo éstas las siguientes: a/c patrón= 0.5; a/c con 10% de mucílago de nopal= 0.49; a/c con 20% de mucílago de nopal= 0.46. Eso explica el aumento de resistencia. Mientras que en mi investigación las relaciones a/c aumentaron gradualmente (Patrón=0.485; Exp. 10%= 0.50; Exp 20%=0.51), debido a que había que cumplir con lo establecido en un objetivo específico, que era que las relaciones a/c de los morteros experimentales se asemejen a la relación a/c del mortero patrón.

De la investigación de Lope y Lucio (2016), en el resultado de fluorescencia de rayos X podemos observar que el mucílago de nopal, entre sus componentes químicos principales se encuentran el potasio con 58.04%, magnesio con 31.28% y el calcio con 6.78%. Podemos comparar que dichos compuestos químicos también se encuentran en el mucílago de nopal de esta investigación; dado que en la tabla N°10 existen “otros elementos”, por medio de este antecedente podemos afirmar que el magnesio es un compuesto principal de la materia prima.

Según el antecedente de Domínguez (2011) el mucílago de nopal está compuesto por polisacáridos fibrosos altamente ramificados, y entre sus componentes se encuentran la L-arabinosa (47%), D-xilosa (23%), D-galactosa (18%), L-ramnosa (7%) y ácido D-

galacturónico (5%). Estos componentes reaccionan de manera favorable con la pasta del mortero, mejorando el curado interno. Esta sustancia al entrar en contacto con el agua y el cemento, durante la etapa de curado, reacciona de tal manera que sus partículas al ser hidratos de carbono y entrar en contacto con el agua tiende a aumentar sus propias masas, haciendo que en los especímenes se tapen los poros internos, de esta manera se puede deducir que disminuye la permeabilidad y por ende, aumentan resistencias iniciales, con lo que deducimos que esos efectos se han dado por realizados en esta investigación, las cuales actúan en los primeros días (3 y 7).

De los ensayos realizados, se puede mencionar:

En el cuadro N° 11, observamos el valor del pH del mucílago de nopal que tiene un valor de 4.18. El pH tiene un papel fundamental, ya que, en este caso, al tener un valor un tanto ácido, la reacción tendría que ser no tan favorable, eso explica los resultados de resistencia. En los primeros días de curado (3 y 7), los morteros experimentales sufren una ascensión de resistencia con respecto al patrón. Pero en la edad donde llega su máxima resistencia (28 días), la resistencia disminuye, dando a entender que el mucílago de nopal, debido al valor de acidez que tiene, puede causar desintegración y pérdida de resistencia, ya que, mientras más alta es la concentración de ácidos, más vigoroso puede ser el ataque.

De la tabla N° 10, según el ensayo de fluorescencia de rayos X aplicada a la materia prima se puede apreciar el contenido de calcio (Ca) con un 0.0100% de masa, conocido también como cal viva. Este componente tiene la característica de otorgar durabilidad a las pastas de mortero. También está presente el potasio (K) con un 0.0171% de masa; este componente tiene la característica de ser delicuescente (que tienen una fuerte afinidad química por la humedad y que absorben cantidades relativamente altas de agua si son expuestos a la atmósfera). Cabe resaltar que este elemento es utilizado como componente secundario para la creación de cementos. Otro de los componentes que la contienen es el cloruro (Cl) con un 0.0050% de masa; favorece sobre el fraguado y la resistencia inicial del cemento portland, a pesar de ello, hay estudios que determinan que a ciertas cantidades propician la corrosión del acero en el concreto armado. El ACI recomienda límites de iones de cloruro (ACI 222 y ACI 318). Una de las aclaraciones que se tiene que hacer es que, según este ensayo se ha utilizado un espectrómetro de FRXDE marca Amptek, la cual no detecta la

presencia de elementos químicos que tienen un número atómico menores a 13 ($Z=13$), entre ellos está comprendido el sodio (Na) y Magnesio (Mg) como elementos principales, esta es la razón por la cual en la tabla N° 10 se puede ver un 99.667% de “otros elementos”, es ahí donde se deduce que esos porcentajes están comprendidos principalmente por los ya mencionados compuestos químicos como. Entonces, el sodio (Na) es un álcali al igual que el magnesio (Mg). En los especímenes de morteros realizados se deduce que estos compuestos químicos trabajan como acelerantes de fraguado. En esta investigación se observó que estos compuestos, al estar presentes como mayoría en la materia prima funcionaron de tal manera que, provocaron un incremento en la resistencia inicial en comparación al mortero patrón, pero producen también resistencias menores a los 28 días. Mientras más acelerantes se emplea para lograr una mayor resistencia inicial, se sacrifica acentuadamente la resistencia a largo plazo. También tiende a reducir la trabajabilidad, es por eso que se tuvo que aumentar progresivamente las relaciones a/c. Disminuye la exudación pero contribuyen a que aumente la contracción si no se cura el mortero apropiadamente. Tienen una gran cantidad de álcalis, por lo que aumenta el riesgo de reactividad alcalina por la presencia de sílice del agregado fino.

Con respecto a las relaciones a/c, se han obtenido como resultados para el patrón 0.485 (19.88% de fluidez), para el experimental con 10% de adición se utilizó una relación a/c de 0.50 (18.82% de fluidez) y para el experimental con 20% de adición se utilizó una relación a/c de 0.51 (19.19% de fluidez). Se podría analizar que los morteros experimentales, debido al uso del mucílago de nopal, han necesitado poseer más agua, y como se sabe, mientras más agua posee una mezcla ésta tiende a reducir su resistencia. Pero en esta investigación se ha dado por hecho que, a pesar de poseer más agua, la resistencia no ha sido afectada considerablemente, ya que para los primeros días de curado (3 y 7) la resistencia ha aumentado. Por otro lado, para las resistencias con edades de 28 días sí se ha visto una reducción de la resistencia, pudiendo dejar en evidencia que se puede sustituir el agua por este material natural obteniendo resistencias favorables, sin afectarlas colosalmente.

En la figura N°5 se puede observar las resistencias de los morteros, dando a conocer que el mortero experimental 10% de 3 días tiene una resistencia promedio de 378 kg/cm², y el mortero experimental 20% de 3 días tiene una resistencia promedio de 388.33 kg/cm²,

dando a entender que ha superado en un 1.16% y 3.92% de la resistencia patrón de 3 días respectivamente, que alcanzó una resistencia de 373.67 kg/cm². También observamos que a la edad de 7 días, el mortero patrón (399 kg/cm²) se ha visto superado por el mortero experimental 10% (418 kg/cm²), con un porcentaje de 14.70% y el mortero experimental 20% (457.67 kg/cm²), también ha aumentado su resistencia en un 4.76%. Y por último, a la edad de 28 días, los morteros experimentales de 10% (455 kg/cm²) y 20% (482.67 kg/cm²) no superaron al patrón, teniendo éstos unos porcentajes de 94.40% y 88.98%, respectivamente.

V). CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la presente investigación de llego a las siguientes conclusiones:

La muestra de mucílago de nopal tiene cierto grado de acidez, obteniendo un valor de 4.18 de pH, que en cierta forma resulta dañina para la mezcla de mortero, ya que se trata de un ácido altamente reactivo pudiendo distorsionar la calidad de la misma con el transcurrir del tiempo.

La composición química del mucilago de nopal tiene como componentes el Calcio (0.0100% Masa), Potasio (0.0171% Masa), Cloruro (0.0050% Masa), Titanio (0.0012% Masa). Entre otros componentes, como el Sodio y Magnesio, suman 99.667% Masa. Estos dos últimos elementos que son álcalis tienen un cierto comportamiento, las cuales actúan como acelerantes de fraguado (resistencias iniciales mayores) y existe un descenso de resistencias finales, porque al mezclarse con el agregado se produce la reacción álcali-sílice, que produce fisuras internas en los especímenes.

La relación a/c del patrón fue de 0.485 con una fluidez de 19.83%; la relación a/c del experimental con 10% de adición fue de 0.50 con una fluidez de 18.73%; la relación a/c del experimental con 20% de adición fue de 0.51 con una fluidez de 19.22%. Se optó por que la fluidez de los experimentales se asemeje a la fluidez del patrón, para que los resultados sean equivalentemente comparativos.

La resistencia a la compresión a los 28 días de los morteros experimentales se ha visto reducida con respecto al mortero patrón, siendo éstas disminuciones expresadas en porcentajes en 11.01% para el experimental con 10% de adición, y 5.60% para el experimental con 20% de adición, debido a los efectos que producen el pH y los elementos químicos determinados en el mucílago de nopal

Se considera las siguientes recomendaciones:

Aumentar el valor del pH determinado en el mucílago de nopal utilizando un regulador de pH, como por ejemplo el carbonato de sodio.

Se recomienda realizar una investigación más profunda del tema con otras maneras de procesamiento del mucílago de nopal, entre ellas el nopal deshidratado y/o liofilizado, para determinar si los beneficios serían iguales o mejores.

Al momento de la etapa de curado, se recomienda saturar el agua con hidróxido de calcio (cal) para mantener la solución alcalina.

Utilizar otros porcentajes de mucílago de nopal, para determinar si existe influencia debido a las cantidades posibles a experimentar, pudiendo ser éstas porcentajes mayores, de esta manera, se podrían tener diferentes resultados y sacar un mejor análisis.

VI). AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios, por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y salud.

Le doy gracias a mis padres Saúl Bulnes y Betty Gambini por apoyarme desinteresadamente en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de darme una excelente educación durante el trayecto de mi vida; y a mi hermana Linda Bulnes, de igual manera, por brindarme todo su apoyo incondicional.

Agradezco a mis amistades por creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

Le agradezco la confianza, esfuerzo y dedicación a mi Asesor, Ing. Gumercindo Flores Reyes, por las aportaciones hechas para la realización y culminación de este proyecto de investigación, y de igual manera a los integrantes de mi Jurado Evaluador.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaran, R. y Ravi, R. (2016). “Efecto del cactus sobre las propiedades reológicas del cemento” Chennai, India. SRM University.
- Araujo, O. (2011). Materiales de construcción: cemento. México. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Avendaño, E. (2008). Conociendo la Cadena Productiva de Tuna y Cochinilla en Ayacucho. Ayacucho-Perú: Solid Perú.
- Averardo, M. (2009). Cátedra Introducción a la Tecnología Área de la Tecnología y la Producción FAU-UNNE
- Boggs, S. (2009) (en inglés). Petrology of Sedimentary Rocks. Cambridge University Press.
- Carbajo, A. y Valverde, H. (2015). “Resistencia de un concreto $f'c$ 210kg/cm², con adición del 2% de mucílago de tuna, en relación al curado con el uso del agua de mar y agua residual agrícola”. Universidad San Pedro, Chimbote.
- Coronado, A., Hernández, J., López, T., Horta, J., Rojas, E., y Selvera, M. (2015). “Sustancia activa derivada de Cactus Opuntia que mejora las propiedades mecánicas del cemento hidráulico”.
- Durán, A. (2012). Mucílago de Nopal como reductor de retracción en concreto auto-consolidable. Nuevo León, México.
- Durán, A. (2013). “Mucilago de nopal como reductor de retracción en concreto auto-consolidable”. México. Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL.
- García, B. (2013). Mucílago de Nopal (Opuntia spp.) Sobre propiedades micro morfológicas y estructurales del suelo. Montecillo, Texcoco, Edo. de México: Tesis Doctoral.
- Gomà, F. (1979). Cemento portland y otros aglomerantes, El. Barcelona: Técnicos Asociados, S.A. / ISBN 84-7146-192-7.

- Gómez, J. (2008). Identificación y cuantificación de algunos factores en la permeabilidad de concretos y morteros. Bogotá, Colombia. Maestría en Ingeniería de Materiales y Procesos.
- González, F. (2009). Supervisión de obras de concreto. México. Editorial: LIMUSA
- Gravil, C. (2015). Tecnología de los materiales: Morteros. Perú. Recuperado de: <http://www.tecmaterialesbravo.blogspot.com/2015/10/semana-10-morteros.html>.
- Guadalupe, Y. y Suárez, E. (2013). “Efecto de la impermeabilidad del Mucílago de Nopal en bloques de tierra comprimidos”. México. Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- IECA. (2014). Componentes y Propiedades Del Cemento. España. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/305402224/IECA-Componentes-y-Propiedades-Del-Cemento>
- IM Ingenieros. (2015). Determinación de la viscosidad-método de Brookfield. Recuperado de: <https://imingenieros.com/2015/11/28/determinacion-de-la-viscosidad-metodo-de-brookfield/>
- Instituto Politécnico Nacional (IPN) (2012). “Concreto con extracto de nopal”. México.
- Lope, F. y Lucio, K. (2016). “Resistencia a la compresión de un concreto $F'c=210$ kg/cm² con cemento sustituido al 2.5, 3.5 y 4.5% por mucílago de nopal”. Chimbote, Perú. Universidad San Pedro.
- Molina, M. y Valdivia, M. (2007). “Uso de la goma de tuna como impermeabilizante en morteros de tierra”. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina UNALM.
- Moreno, A. (2012). Implementación del método de presión para medir la permeabilidad en el concreto. Lima, Perú. Investigación de Tesis.
- NTP 331.052. (2010). MATERIALES REFRACTARIOS. Método de ensayo para determinar la adherencia en frío de morteros refractarios de endurecimiento al aire.
- NTP 334.003. (2013). CEMENTOS: Determinación de la consistencia normal.
- NTP 334.006. (2013). CEMENTOS: Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat.

- NTP 334.051. (2013). CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado
- NTP 334.057. (2002). CEMENTOS: Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Portland.
- NTP 399.607. (2013). Especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería.
- Ortiz, J. (2014). Propiedades del Concreto. 2015. Recuperado de: <http://civilgeeks.com/2011/12/11/propiedades-principales-del-concreto/>
- Ramírez, S. (2008). Propiedades mecánicas y microestructura de concreto conteniendo mucílago de nopal como aditivo natural. Oaxaca, México. Maestro en Ciencias.
- Ramírez, S. (2012). “Propiedades de durabilidad en hormigón y análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucílago de nopal como aditivo natural”, México.
- Sáenz, C. (2006). Utilización agroindustrial del nopal. México.
- Sánchez, D. (2001). Tecnología del concreto y el mortero. Bogotá, Colombia.
- Vélez, L. (2010). Permeabilidad y Porosidad en Concretos. Instituto Tecnológico Metropolitano. Colombia.
- William, T. (1997). Mecánica de suelos. México. Editorial: LIMUSA

VIII). APÉNDICES Y ANEXOS

ANEXO N°1:
ENSAYOS DEL AGREGADO FINO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO

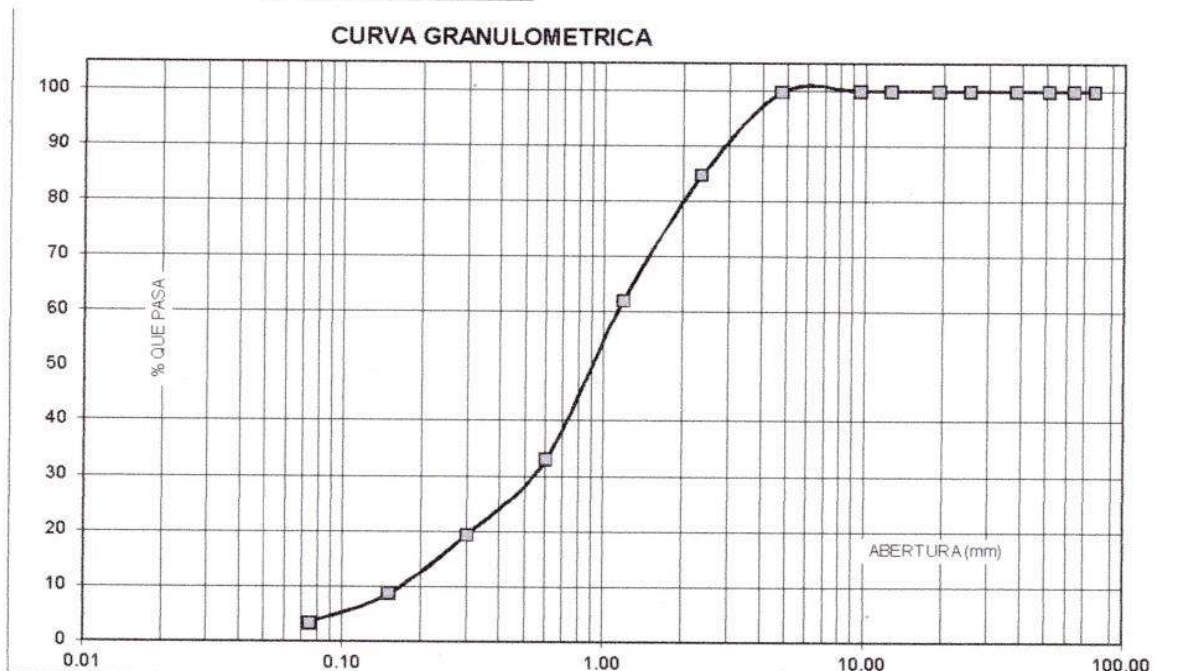
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH: BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO CEMENTO - ARENA
 ADICIONANDO 10% Y 20 % DE MUCILAGO DE NOPAL
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
 CANTERA : LA SORPRESA
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 02/02/2018

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	1.4	0.2	0.2	99.8
N° 8	2.36	140.40	15.1	15.3	84.7
N° 16	1.18	211.50	22.8	38.0	62.0
N° 30	0.60	267.10	28.8	66.8	33.2
N° 50	0.30	127.30	13.7	80.5	19.5
N° 100	0.15	99.90	10.8	91.3	8.7
N° 200	0.08	48.90	5.3	96.5	3.5
PLATO	ASTM C-117-04	32.20	3.5	100.0	0.0
TOTAL		928.7	100.0		

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	2.92

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos Limo y Arcilla	Arena Fina Media Gruesa			Grava Fina
-------------------------	--------------------------------------	--	--	---------------



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

(ASTM C29 / C29M - 09)

SOLICITA : BACH: BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO CEMENTO - ARENA
ADICIONANDO 10% Y 20 % DE MUCILAGO DE NOPAL
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
CANTERA : LA SORPRESA
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 02/02/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7750	7800	7800
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4424	4474	4474
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1587	1605	1605
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1599		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1589		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8300	8340	8330
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4974	5014	5004
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1784	1798	1795
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1792		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1782		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO CEMENTO - ARENA
ADICIONANDO 10% Y 20 % DE MUCILAGO DE NOPAL
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
CANTERA : LA SORPRESA
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 02/02/2018

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1053.1	1069.2
TARA + SUELO SECO (gr)	1048.2	1064.2
PESO DEL AGUA (gr)	4.9	5.0
PESO DE LA TARA (gr)	199.4	214.1
PESO DEL SUELO SECO (gr)	848.8	850.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.58	0.59
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.58	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

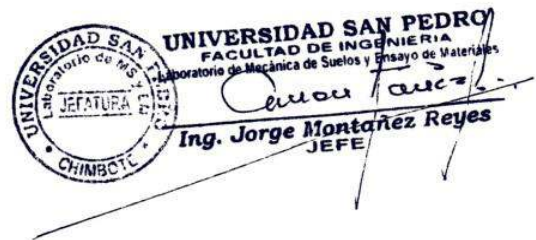


GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO (Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH: BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO CEMENTO - ARENA
ADICIONANDO 10% Y 20 % DE MUCILAGO DE NOPAL
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCAASH
CANTERA : LA SORPRESA
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 02/02/2018

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.	654.40	654.40
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm ³	954.40	954.40
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	845.30	845.30
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm ³	109.10	109.10
F	Peso de material seco en estufa gr.	297.30	297.30
G	Volumen de masa (E-(A-F))	106.40	106.40
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.725	2.725
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.750	2.750
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.794	2.794
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.91	0.91

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.725
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.750
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.794
Absorción (%) : 0.91



ANEXO N°2:
ENSAYO DE ALCALINIDAD (PH) DEL MUCÍLAGO DE NOPAL



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 201701023-011

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR

BULNES GAMBINI CARLOS MAURO

DIRECCIÓN

Gonzales Prada M° 17 A1 – Villa Maria – Nuevo Chimbote

PRODUCTO DECLARADO

ABAJO INDICADO.

CANTIDAD DE MUESTRA

01 muestra

PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA

En botella de plástico con tapa.

FECHA DE RECEPCIÓN

2017-10-23

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO

2017-10-23

FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO

2017-10-23

CONDICIÓN DE LA MUESTRA

En buen estado.

ENSAYOS REALIZADOS EN

Laboratorio de Físico Químico.

CÓDIGO COLECBI

SS 171023-10

RESULTADOS

“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO CEMENTO – ARENA ADICIONANDO 10% Y 20 % DE MUCÍLAGO DE NOPAL”

MUESTRAS	ENSAYO
MUCÍLAGO DE NOPAL	pH 4,18

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Octubre 24 del 2017.
DVY/jms

Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz A - Lt 7 - Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839*2893 - RPM - 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

ANEXO N°3:
ENSAYO DE FLUIDEZ



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

SOLICITA : BACH. BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO CEMENTO - ARENA
ADICIONANDO 10% Y 20 % DE MUCILAGO DE NOPAL
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 02/02/2018
RELACION : AGUA / CEMENTO 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
11.21	12.18	10.16	19.83
13.09			
12.89			
11.51			

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

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Iny. Jorge Montañez Reyes
JEFE



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

SOLICITA : BACH: BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO CEMENTO - ARENA,
ADICIONANDO 10% Y 20 % DE MUCILAGO DE NOPAL
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 02/02/2018
RELACION : AGUA / CEMENTO 0.50

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
11.94	12.06	10.16	18.73
12.33			
12.03			
11.95			

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


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Iny. Jorge Montañez Reyes
JEFE



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-EXPERIMENTAL-20%
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH. BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO CEMENTO - ARENA
ADICIONANDO 10% Y 20 % DE MUCILAGO DE NOPAL
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 02/02/2018
RELACION : AGUA / CEMENTO 0.51

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.42	12.11	10.16	19.22
11.92			
11.93			
12.18			

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
JEFATURA
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

ANEXO N°4:
ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X



Informe N°77-LAQ/2017

Análisis de una muestra de mucílago de nopal por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de mucílago de nopal a pedido del Sr. **Bulnes Gambini, Carlos Mauro**, egresado de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia a la Compresión de un Mortero Cemento-Arena Adicionando 10% y 20% de Mucilago de Nopal.”

La muestra está en forma de coloide de color amarillento.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3800 cts/s. Teniendo en cuenta la naturaleza de la muestra el analito se preparó utilizando un vaso de Pirex de 10 mL que se llenó al ras y se utilizó un arreglo vertical tanto para el haz incidente como para el detector del haz secundario..

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de mucílago de nopal (línea roja) conjuntamente con el espectro de agua destilada (línea azul) tomado bajo condiciones similares. Se muestra el rango de energías de 1 a 9 keV donde se observan las diferencias más importantes para este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos y que aparece en ambos espectros.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de concentraciones elementales. La suma en términos de los elementos que no están presentes en el agua destilada da una concentración total de 333 ppm. Esto indica que la muestra contiene compuestos orgánicos constituido por elementos más ligeros que el silicio en su mayor parte. Para mayor información es necesario



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

recurrir a técnicas analíticas químicas que permiten identificar la presencia de radicales orgánicos.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de mucilago de nopal en % de masa.

Elemento	% Masa
Cl	0.0050
K	0.0171
Ca	0.0100
Ti	0.0012
Otros	99.667
Totales	100.00

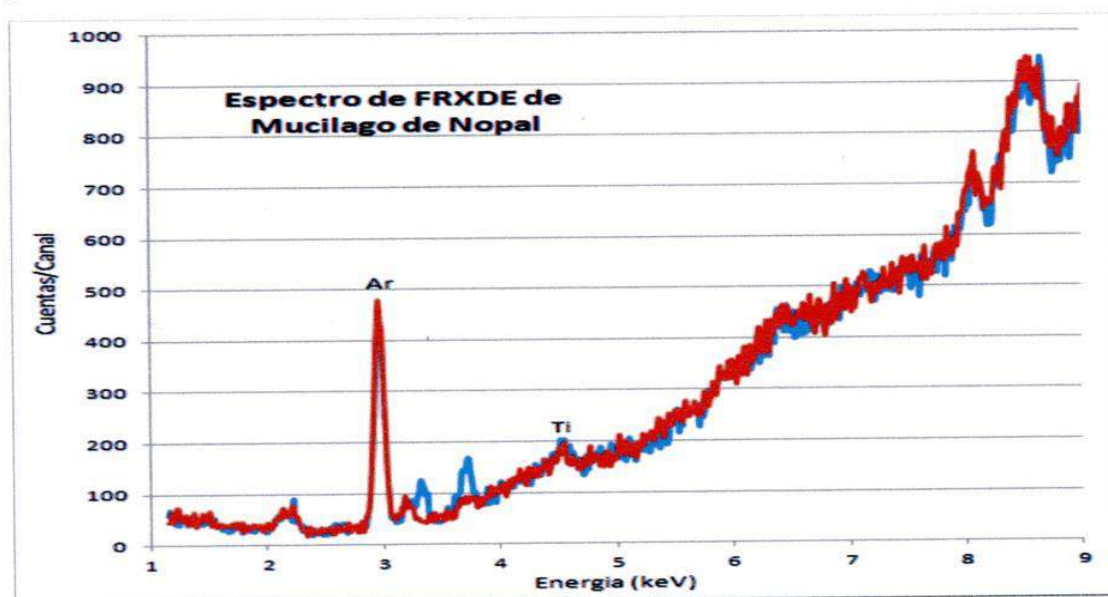


Figura 1. Espectro de FRXDE de mucilago de nopal (línea azul) conjuntamente con el espectro de agua destilada (línea roja) en escala lineal. Incluye el pico de Ar del aire.

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos

Laboratorio de Arqueometría



Lima, 02 de noviembre del 2017

ANEXO N°5:
ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del A Obra : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
: BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
: "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO CEMENTO-ARENA ADICIONANDO 10% Y 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL"

Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión

Expediente N° : 17-3858

Recibo N° : 35672

Fecha de emisión : 17/11/2017

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.

2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.
Certificado de Calibración CMC-100-2017.

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2015.
Procedimiento interno AT-PR-12.

4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
1	PATRÓN 3D - 1	14/11/2017	17/11/2017	5.00	5.00	5.00	25.0	9,583	383
2	PATRÓN 3D - 2	14/11/2017	17/11/2017	5.00	5.00	5.00	25.0	9,275	371
3	PATRÓN 3D - 3	14/11/2017	17/11/2017	5.01	5.00	5.00	25.1	9,204	367

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho | : Lic. J. Basurto P.
Técnic | : Sr. A. A. G.



[Signature]
Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

J.G.A.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

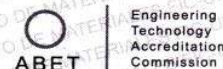
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



INFORME

Del A Obra : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
Asunto : BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
Expediente N° : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO CEMENTO - ARENA ADICIONANDO 10% Y 20 % DE MUCILAGO DE NOPAL"
Recibo N° : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Fecha de emisión : 17-4192
 : 37315
 : 07/12/2017

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo versa tester ELE-INTERNATIONAL
 Certificado de Calibración CMC-100-2017

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.

4.0. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
1	PATRON 7D - 1	30/11/2017	07/12/2017	25.2	10,801	429
2	PATRON 7D - 2	30/11/2017	07/12/2017	25.3	9,632	381
3	PATRON 7D - 3	30/11/2017	07/12/2017	25.4	9,807	387

5.0. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. E.G.V.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
Obra : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO CEMENTO-ARENA ADICIONADO 10% Y 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL
Ubicación : UNIVERSIDAD SAN PEDRO - CHIMBOTE
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-3621
Recibo N° : 34230
Fecha de emisión : 02/11/2017

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL. Certificado de Calibración CMC-100-2017.
3. MÉTODO DEL ENSAYO: Norma de referencia NTP 334.051:2013. Procedimiento interno AT-PR-12.
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
1	PATRÓN 28D - 1	05/10/2017	02/11/2017	5,05	5,05	5,00	25,5	13.147	516
2	PATRÓN 28D - 2	05/10/2017	02/11/2017	5,02	5,02	5,00	25,2	13.255	526
3	PATRÓN 28D - 3	05/10/2017	02/11/2017	5,04	5,03	5,02	25,4	12.464	492

- 5. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. A.A.G.


 Ms. Ing. Ana-Forre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio




NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

J.G.A.



 Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

 www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
Obra : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO CEMENTO - ARENA ADICIONANDO 10% Y 20% DE MUCILAGO DE NOPAL"
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-4326
Recibo N° : 58476
Fecha de emisión : 18/12/2017

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo versa tester ELE-INTERNATIONAL
 Certificado de Calibración CMC-100-2017

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.

4.0. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
1	EXP 10% 3D-1	15/12/2017	18/12/2017	25.4	9,657	380
2	EXP 10% 3D-2	15/12/2017	18/12/2017	25.3	9,641	382
3	EXP 10% 3D-3	15/12/2017	18/12/2017	25.4	9,487	374

5.0. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. E.G.V.



Ana Torre Carrillo

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
 de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
Obra : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO CEMENTO - ARENA ADICIONANDO 10% Y 20 % DE MUCILAGO DE NOPAL"
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-4192
Recibo N° : 37315
Fecha de emisión : 07/12/2017

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo versa tester ELE-INTERNATIONAL
 Certificado de Calibración CMC-100-2017

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.

4.0. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
1	EXP 10 % - 7D - 1	30/11/2017	07/12/2017	24.8	9,681	391
2	EXP 10 % - 7D - 2	30/11/2017	07/12/2017	24.9	10,907	439
3	EXP 10 % - 7D - 3	30/11/2017	07/12/2017	24.8	10,491	424

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. E.G.V.

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Ana Torre Carrillo
 Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
Obra : "RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO CEMENTO - ARENA ADICIONANDO 10% Y 20% DE MUCILAGO DE NOPAL"
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-4326
Recibo N° : 58476
Fecha de emisión : 18/12/2017

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo versa tester ELE-INTERNATIONAL
 Certificado de Calibración CMC-100-2017

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.

4.0. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
1	EXP 10% 28D-1	20/11/2017	18/12/2017	25.1	11,641	465
2	EXP 10% 28D-2	20/11/2017	18/12/2017	25.3	11,311	447
3	EXP 10% 28D-3	20/11/2017	18/12/2017	25.3	11,433	453

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.


Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. E.G.V.


 Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



 Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

 www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo
 de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
Obra : "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO CEMENTO-ARENA ADICIONANDO 10% Y 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL"
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-3858
Recibo N° : 35672
Fecha de emisión : 17/11/2017

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.

2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.
Certificado de Calibración CMC-100-2017.

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2015.
Procedimiento interno AT-PR-12.

4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
1	EXP 20% - 3D - 1	13/11/2017	17/11/2017	5.01	5.00	5.00	25.1	9,475	378
2	EXP 20% - 3D - 2	13/11/2017	17/11/2017	5.03	5.02	5.00	25.3	9,765	387
3	EXP 20% - 3D - 3	13/11/2017	17/11/2017	5.00	5.00	5.00	25.0	10,009	400

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho : Lic. J. Basurto P.
Técnicc : Sr. A. A. G.

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

J.G.A.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe (e) del laboratorio



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
Obra : "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO CEMENTO-ARENA ADICIONANDO 10% Y 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL"
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-3858
Recibo N° : 35672
Fecha de emisión : 17/11/2017

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.

2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.
 Certificado de Calibración CMC-100-2017.

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2015.
 Procedimiento interno AT-PR-12.

4. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
1	EXP 20% - 7D - 1	09/11/2017	17/11/2017	5.01	5.01	5.00	25.1	11,618	463
2	EXP 20% - 7D - 2	09/11/2017	17/11/2017	5.00	5.00	5.00	25.0	11,649	466
3	EXP 20% - 7D - 3	09/11/2017	17/11/2017	5.01	5.02	5.00	25.2	11,162	444

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. A. A. G.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

J.G.A.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo
 de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : BULNES GAMBINI CARLOS MAURO
Obra : "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO CEMENTO-ARENA ADICIONANDO 10% Y 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL"
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-3858
Recibo N° : 35672
Fecha de emisión : 17/11/2017

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 3 especímenes cúbicos de mortero.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL. Certificado de Calibración CMC-100-2017.
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2015. Procedimiento interno AT-PR-12.
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
1	EXP 20% - 28D - 1	19/10/2017	17/11/2017	5.00	5.01	5.00	25.1	11,810	471
2	EXP 20% - 28D - 2	19/10/2017	17/11/2017	5.00	5.00	5.00	25.0	12,630	505
3	EXP 20% - 28D - 3	19/10/2017	17/11/2017	5.00	5.01	5.00	25.1	11,829	472

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por: Lic. J. Basurto P.
 Técnico: Sr. A. A. G.



[Signature]
 Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

J.G.A.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



ANEXO N°6:
PRUEBA DE HIPÓTESIS ANOVA

Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T_PATR_RE	,321	3	-	,883	3	,332
T_EXP_RE_10	,177	3	-	1,000	3	,966
T_EXP_RE_20	,285	3	-	,931	3	,494

Análisis de Varianza

Variable dependiente: RESISTENCIA

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	16931,553	4	4232,888	6,790	,045
Intersección	1659235,960	1	1659235,960	2661,761	,000
ADICIÓN	996,626	2	498,313	,799	,510
DIAS_CURADO	15934,926	2	7967,463	12,781	,018
Error	2493,441	4	623,360		
Total	1678660,953	9			
Total corregida	19424,994	8			

Subconjuntos homogéneos

ANEXO N°7:
PANEL FOTOGRÁFICO

RECOLECCIÓN DE MATERIAL



Foto N° 01: Visita al distrito de Ataquero, provincia de Carhuaz, departamento de Áncash para la recolección de los nopales.



Foto N° 02: Obtención del nopal listo para su debido procesamiento.



Foto N° 03: Nopal listo para ser recortado en rodajas de 1cmx1cm, aproximadamente.



Foto N° 04: Nopal cortado y almacenado en un recipiente para su posterior macerado.



Foto N° 05: Se procede a echar agua en proporción 1:1 (peso/volumen), de esta manera se deja macerar por 7 días.



Foto N° 06: Obtención del mucílago de nopal, materia prima que se va a utilizar en el experimento.



Foto N° 07: Muestra de mucilago de nopal almacenada en botella de plástico, para los ensayos de pH y fluorescencia de rayos X.



Foto N° 08: Visita al Laboratorio de Arqueometría, facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.



Foto N° 09: Obtención del agregado fino de la Cantera la Sorpresa, en la ciudad de Chimbote.



Foto N° 10: Gradación del agregado fino, para su utilización en la mezcla de mortero.

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO



Foto N° 11: Se hace el llenado del molde con el agregado fino, dejándolo caer de manera natural a una altura determinada.



Foto N° 12: Después de haber llenado la tercera capa, se hace el enrasado respectivo y luego se pesa.

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO



Foto N° 13: Se llena el molde a través de 3 capas, y en cada capa se compacta 25 veces.



Foto N° 14: Se hace el respectivo enrasado, dejando la superficie plana y las orejas del molde totalmente limpias, sin restos del agregado. Posteriormente se pesa.

CONTENIDO DE HUMEDAD



Foto N° 15: Se obtuvo 2 taras limpias, se pesaron las taras y se vertió el material, que también se pesó y se apuntaron los pesos respectivos.



Foto N° 16: Luego se tuvo que llevar las taras con el agregado al horno por un período de 24 horas.

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO



Foto N° 17: En un balde, se saturó el agregado fino con agua por un período de 24 horas.



Foto N° 18: Pasado las 24 horas, se quitó el agua del balde y se puso el material fino en la estufa.



Foto N° 19: Se midió la consistencia del agregado fino con el cono y el apisonador.



Foto N° 20: Con la bomba se succionó el aire que quedó dentro de la fiola durante un tiempo de 15 minutos.



Foto N° 21: Luego se procedió a pesar la fiola con el agregado y el agua.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE MUESTRA PATRÓN DE MORTERO



Foto N° 22: Se pesaron cemento, arena y agua para la elaboración del mortero patrón.



Foto N° 23: Se procede a hacer el cuarteo de la arena gradada, para luego mezclarla con el cemento antes de poner en la mezcladora.



Foto N° 24: Una vez obtenida la mezcla de cemento y arena, se procede a ponerla en la mezcladora, durante 2 minutos. Luego de eso se echa el agua para que mezcle durante otros 2 minutos más.



Foto N° 25: Echar la mezcla en el molde tronco-cónico en dos capas, en cada capa tiene que apisonarse 20 veces.



Foto N° 26: Retiramos el molde, hacemos girar 25 veces en un tiempo de 15 segundos y tomamos la medida de los diámetros tomando los respectivos apuntes, para determinar la fluidez.



Foto N° 27: Fluidez del mortero patrón



Foto N° 28: Fluidez del mortero experimental con 10% de adición de mucílago de nopal



Foto N° 29: Fluidez del mortero experimental con 20% de adición de mucílago de nopal



Foto N° 30: Alistamos el molde, encintándolo y armándolo, quedando listo de esta manera para el vaciado de la mezcla.



Foto N° 31: Hacemos el mezclado por cuarteo previo de la arena y el cemento.



Foto N° 32: Se puso en la mezcladora durante 2 minutos; posteriormente se echó el agua para que mezcle por 2 minutos más.



Foto N° 33: Se procedió a vaciar la mezcla de mortero en el molde, y con el apisonador de madera se compactó 32 veces que se hizo en 4 partes cada una con 8 lados en sentido horizontal y vertical



Foto N° 34: El mismo procedimiento para los demás cubos, vaciado y compactado.



Foto N° 35: Terminado el anterior proceso, se procedió a enrasar, quedando de esta manera listo para el fraguado, de un tiempo de 24 horas.



Foto N° 36: Después de 24 horas de fraguado, se desencofran los especímenes.



Foto N° 37: Curado de especímenes de mortero.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE MUESTRA EXPERIMENTAL DE MORTERO



Foto N° 38: Se pesa el mucílago de nopal.



Foto N° 39: Se pesa el agua en un vaso volumétrico.



Foto N° 40: Se mezcla el agua con el mucílago de nopal, manera adecuada para utilizar como aditivo para el mortero experimental.



Foto N° 41: Mezcla de agua y mucílago de nopal lista para verter en la mezcladora.



Foto N° 42: Materia prima vertida en la mezcladora.



Foto N° 43: Mezcla experimental lista para vaciar en el molde.



Foto N° 44: Mezcla experimental lista para enrasar y fraguar.



Foto N° 45: Prensa donde se realizará la rotura de los especímenes de mortero.
(LABORATORIO N°1 DE ENSAYO DE MATERIALES- UNI)



Foto N° 46: Laboratorio Colecbi, donde se realizó el ensayo de pH.



Foto N° 47: Laboratorio N°1 de Ensayo de Materiales-UNI