

Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“USO DEL EXTRACTO DEL MUCILAGO DEL CACTUS COMO
ADITIVO Y SU INFLUENCIA EN LA CONSISTENCIA Y EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
DOCTOR EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTOR:

M.Sc. MAX ANDERSON HUERTA MAZA

ASESOR:

DR. GUEVARA BENDEZÚ, JOSÉ CLAUDIO

JURADO:

DRA. TAFUR ANZUALDO, VICENTA IRENE

DR. VALENCIA POMAREDA, JORGE GUILLERMO FRANCISCO

DR. ZUÑIGA POLO, LEONIDAS HERIBERTO

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

Para: Rocio Geobana, Max Anderson, Albert Max,
Sadie Mirella, Cecy Karol, Susan Karol

AGRADECIMIENTOS

Al Señor de Mayo por su bendición y guía en este trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	xiv
1.1. Planteamiento del Problema	16
1.2. Descripción del Problema	16
1.3. Formulación del Problema.....	18
1.4. Antecedentes.....	19
1.5. Justificación de la Investigación	30
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	33
1.7. Objetivos.....	34
- Objetivo General.....	34
- Objetivos Específicos.	34
1.8. Hipótesis	34
II. MARCO TEÓRICO	35
2.1. MARCO CONCEPTUAL	35
III. MÉTODO.....	62
3.1. Tipo de Investigación	62
3.2. Población y Muestra	63
3.3. Operacionalización de Variables	66
3.4. Instrumentos	67
3.5. Procedimientos	68
3.6. Análisis de datos.....	72
IV. RESULTADOS	76
4.1. Resultados de la consistencia del concreto sin aditivo (patrón) y con aditivo de extracto del mucílago de cactus.....	76
4.2. Contrastación de hipótesis de la relación de la consistencia del concreto sin aditivo (patrón) y con aditivo de extracto del mucílago de cactus.....	82

4.3	Resultados de la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo (patrón) y con aditivo de extracto del mucílago de cactus.....	86
4.4	Contrastación de hipótesis de la relación de la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo (patrón) y con aditivo de extracto del mucílago de cactus.	90
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	96
VI.	CONCLUSIONES.....	101
VII.	RECOMENDACIONES.....	103
VIII.	REFERENCIAS.....	104
IX.	ANEXOS.....	116
	Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	116
	Media poblacional.....	117
	Análisis de datos.....	117
	Anexo 2. Definición de términos.....	118
	Anexo 3. Ficha Técnica - Validación de Instrumento.....	122
	Anexo 4. Confiabilidad de Instrumento.....	127
	Anexo 5. Ensayo de Resistencia a la Compresión de Briquetas de Concreto (ASTM C39/C39-M); NTP 339.034-2013.....	128
	Anexo 6. Correlación de Pearson.....	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición típica del Cemento Portland tipo I	38
Tabla 2. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.	39
Tabla 3. Composición química proximal de cladodios de nopal amarillo. Expresado en base húmeda	49
Tabla 4. Clasificación de las clases de asentamiento	53
Tabla 5. Por lo expuesto tiene la siguiente tabla muestra (3 repeticiones)	64
Tabla 6. Promedios semanales de la consistencia (cm) de la muestra patrón y con 0,25% de aditivo	76
Tabla 7. Promedios semanales de la consistencia (cm) de la muestra patrón y con 0,50% de aditivo	77
Tabla 8. Promedios semanales de la consistencia (cm) de las muestras patrón y la muestras con 0,75% de aditivo	78
Tabla 9. Promedios semanales de la Consistencia (cm) de la nuestra patrón y con 1,00% de aditivo	79
Tabla 10. Prueba de supuesto de Normalidad	82
Tabla 11. Estadísticos de la consistencia de muestras relacionadas de pruebas patrón y con aditivos	83
Tabla 12. Prueba “t” de student de la consistencia para muestras relacionadas de las pruebas patrón y con aditivos.	84
Tabla 13. Correlación de muestras relacionadas de concreto patrón y con aditivos de 0,25%; 0,50%; 0,75% y 1,0% (muestras de investigación).	85

Tabla 14. Promedios semanales de la resistencia a la compresión f'_c de la prueba patrón y la prueba con 0,25% de aditivo	86
Tabla 18. Prueba de supuesto de Normalidad	91
Tabla 19. Estadísticos de la resistencia de muestras relacionadas de pruebas patrón y con aditivos	92
Tabla 21. Correlación de muestras relacionadas a la resistencia de concreto patrón y con aditivos de 0,25%; 0,50%; 0,75% y 1,0% (muestras de investigación)	93

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Promedios semanales de la consistencia (cm) de la muestra patrón y con 0,25% de aditivo</i>	76
<i>Figura 2. Promedios semanales de la consistencia (cm) de la muestra patrón y con 0,50% de aditivo</i>	77
<i>Figura 3. Promedios semanales de la consistencia de la muestra patrón y con 0,75% de aditivo</i>	78
<i>Figura 4. Promedios semanales de la Consistencia (cm) de la muestra patrón y con 1,00% de aditivo</i>	79
<i>Figura 5. Pirámide consistencia de concreto patrón</i>	80
<i>Figura 6. Pirámide consistencia de concreto con aditivo 0,25%.</i>	80
<i>Figura 7. Pirámide consistencia de concreto patrón</i>	80
<i>Figura 8. Pirámide consistencia de concreto con aditivo 0,50%.</i>	80
<i>Figura 9. Pirámide consistencia de concreto patrón</i>	81
<i>Figura 10. Pirámide consistencia de concreto con aditivo 0,75%.</i>	81
<i>Figura 11. Pirámide consistencia de concreto patrón</i>	81
<i>Figura 12. Pirámide consistencia de concreto con aditivo 1,0%.</i>	81
<i>Figura 13. Gráfica de esparcimiento de la consistencia (cm) de las probetas patrón y las probetas con aditivo</i>	86
<i>Figura 18. Gráfico de la dispersión de valores de resistencia a la compresión ($f'c$) de las probetas patrón y las probetas con aditivo (0,25, 0,50; 0,75 y 1,0%)</i>	95

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Plantaciones del cactus en perspectiva con el investigador, en el sector de Rinconada del distrito de Caraz de la provincia de Huaylas.....	51
Fotografía 2. Plantaciones del cactus en la zona de la Rinconada del distrito de Caraz de la provincia de Huaylas del departamento de Ancash.	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	116
Anexo 2. Definición de términos.....	118
Anexo 3. Ficha Técnica - Validación de Instrumento	122
Anexo 4. Confiabilidad de Instrumento.....	127
Anexo 5. Ensayo de Resistencia a la Compresión de Briquetas de Concreto (ASTM C39/C39-M); NTP 339.034-2013	128
Anexo 6. Correlación de Pearson	144

RESUMEN

El concreto es una mezcla de materiales heterogéneos, donde intervienen el cemento, el agua, agregados (finos y gruesos) y los aditivos que se usan para mejorar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, normalmente estos aditivos químicos son importados y encarecen el concreto hidráulico (concreto). Ante la necesidad de sustituir el uso de los aditivos químicos por aditivos naturales propios de la zona, se realizó la investigación, uso del extracto del mucílago del cactus como aditivo y su influencia en la consistencia y en la resistencia a la compresión del concreto, en la ciudad de Caraz, de la provincia de Huaylas del departamento de Ancash. **Objetivo.** Determinar la influencia del uso como aditivo del extracto del mucílago del cactus en la consistencia y la resistencia a la compresión del concreto. **Método.** La metodología de la investigación empleada es experimental, aplicada – correlacional, con un enfoque cuantitativo, en el presente trabajo de investigación la muestra estuvo constituido por 96 probetas o cilindros a ensayarse, procediéndose para la consistencia de acuerdo a las normas técnicas peruanas 339.035-2009 y para la resistencia a la compresión según las Normas Técnicas Peruanas 339.034-2013. **Resultados.** En las pruebas experimentales con diferentes concentraciones de aditivos (mucílago de cactus) (0,25%, 0,50%; 0,75% y 1,0%) se observó que mejoraron su consistencia (cm) (fluidez), siendo menor en todos los casos que las pruebas patrones. Así mismo la Prueba T de student para muestras relacionadas lo demuestra, además infiere que las dosificaciones de 0,75% y 1,0% del aditivo mejora con mayor significancia la consistencia. Las muestras experimentales con aditivo de mucílago del cactus tuvieron mayor resistencia a la compresión del concreto que sus similares (muestras patrones) durante el tiempo que duro el experimento (28 días), la Prueba T de student evidencia una relación directamente proporcional entre resistencia y el incremento del aditivo del extracto del mucílago del cactus. **Conclusión.** El uso del extracto del mucílago del cactus como aditivo influye en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto.

Palabras clave: aditivo, mucílago, cactus, patrón, consistencia, compresión, influye.

ABSTRACT

Concrete is a mixture of heterogeneous materials, where cement, water, aggregates (fine and coarse) and the additives that are used to improve the properties of concrete in the fresh and hardened state are involved, normally these chemical additives are imported and make the price more expensive hydraulic concrete (concrete). Given the need to replace the use of chemical additives with natural additives typical of the area, the investigation was carried out, using the extract of the cactus mucilage as an additive and its influence on the consistency and compressive strength of concrete, in the city of Caraz, of the province of Huaylas of the department of Ancash. **Objective.** Determine the influence of the use as an additive of the cactus mucilage extract on the consistency and compressive strength of concrete. **Method.** The research methodology used is experimental, applied - correlational, with a quantitative approach, in this research work the sample consisted of 96 specimens or cylinders to be tested, proceeding for consistency according to Peruvian technical standards 339.035-2009 and for compressive strength according to Peruvian Technical Standards 339.034-2013. **Results.** In experimental tests with different concentrations of additives (cactus mucilage) (0.25%, 0.50%; 0.75% and 1.0%) it was observed that they improved their consistency (cm) (fluidity), being lower in all the cases that the benchmarks. Likewise, the Student's T-Test for related samples demonstrates it, and also infers that the dosages of 0.75% and 1.0% of the additive improve consistency with greater significance. Experimental samples with cactus mucilage additive had greater compressive strength of concrete than their similar (standard samples) during the time the experiment lasted (28 days), the Student's T-Test shows a directly proportional relationship between resistance and increase in the extract of the cactus mucilage extract. **Conclusion.** The use of cactus mucilage extract as an additive influences the consistency and compressive strength of concrete.

Keywords: additive, mucilage, cactus, pattern, consistency, compression, influences.

RESUMO

O concreto é uma mistura de materiais heterogêneos, onde cimento, água, agregados (finos e grossos) e os aditivos usados para melhorar as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido estão envolvidos, normalmente esses aditivos químicos são importados e tornam o preço mais caro concreto hidráulico (concreto). Dada a necessidade de substituir o uso de aditivos químicos por aditivos naturais típicos da região, foi realizada a investigação, utilizando o extrato da mucilagem do cacto como aditivo e sua influência na consistência e resistência à compressão do concreto, em a cidade de Caraz, na província de Huaylas, no departamento de Ancash. **Objetivo.** Determinar a influência do uso como aditivo do extrato de mucilagem de cacto na consistência e resistência à compressão do concreto. **Método.** A metodologia de pesquisa utilizada é experimental, aplicada - correlacional, com abordagem quantitativa. Neste trabalho de pesquisa a amostra foi composta por 96 espécimes ou cilindros a serem testados, procedendo à consistência de acordo com as normas técnicas peruanas 339.035-2009 e para resistência à compressão, de acordo com os resultados das normas técnicas peruanas 339.034-2013. **Resultados.** Em testes experimentais com diferentes concentrações de aditivos (mucilagem de cacto) (0,25%, 0,50%; 0,75% e 1,0%), observou-se que eles melhoraram sua consistência (cm) (fluidez), sendo menor em todos os casos que os benchmarks. Da mesma forma, o Teste T de Student para amostras relacionadas o demonstra e também infere que as dosagens de 0,75% e 1,0% do aditivo melhoram a consistência com maior significado. Amostras experimentais com aditivo para mucilagem de cacto apresentaram maior resistência à compressão do concreto do que suas similares (amostras padrão) durante o período em que o experimento durou (28 dias), o Teste T de Student mostra uma relação diretamente proporcional entre resistência e aumento no extrato do extrato de mucilagem de cacto. **Conclusão.** O uso do extrato de mucilagem de cacto como aditivo influencia a consistência e a resistência à compressão do concreto.

Palavras-chave: aditivo, mucilagem, cacto, padrão, consistência, compressão, influências.

I. INTRODUCCIÓN

El concreto es un producto cuyo uso se ha generalizado en el sector de la construcción y obras civiles por sus propiedades de la resistencia a la compresión y a la durabilidad, sin embargo, partiendo de la premisa que ninguno de estos productos conocidos como el “concreto” son perfectos, en la actualidad se ha extendido el uso de aditivos químicos para mejorar la consistencia y la resistencia del concreto y otras propiedades, incrementando el costo de producción.

Como profesional de Ingeniería Civil, se plantea el reemplazo del aditivo químico, por aditivos de origen natural como es el caso el extracto del mucilago del cactus, para mejorar las propiedades funcionales la consistencia y la resistencia del concreto en sus estados fresco y endurecido. En ese sentido, en el sector de La Rinconada del distrito de Caraz de la provincia de Huaylas del departamento de Ancash, hay plantas de cactus cuyo extracto mucilaginoso procesado pueden servir como aditivos naturales con igual o mejores resultados que los aditivos químicos convencionales, como se reveló en una investigación realizada en el Centro de Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR)- Oaxaca- México, sobre el uso del mucílago de nopal en la construcción: “Los resultados demostraron un comportamiento fluido del concreto en estado fresco y, a la vez, una mezcla que produce una respuesta más eficiente desde el punto de vista de durabilidad en la etapa de estado endurecido del material” (Hernández F. , 2018, pág. 1)

La finalidad de este estudio es buscar alternativas de sustitución de aditivos químicos por mucílagos o gomas vegetales provenientes de recursos vegetales autóctonas como por ejemplo el extracto de mucilago del cactus que tiene propiedades funcionales afines a los

aditivos químicos, orientados a optimizar la consistencia, la dureza, impermeabilidad y resistencia a la compresión del concreto.

Al comprobarse los objetivos y las hipótesis se aportarán nuevos conocimientos a nivel científico, académico, incluyendo a la industria en lo referente en la construcción, usando materiales innovadores que no causen impacto ambiental al ecosistema, cuyos beneficios redundaran en la calidad de vida de los pobladores que viven en la jurisdicción donde existen plantaciones de cactus.

Para cumplir con el objetivo de la investigación, esta Tesis se ha estructurado en base a la estructura de Informe de Tesis de la EUPG de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

1.1. Planteamiento del Problema

En la ciudad de Caraz, provincia de Huaylas, departamento de Ancash, se tiene la influencia de las pequeñas y grandes minerías de empresas mineras tales como Antamina, Barrick Misquichilca entre otras, que contribuyen con el aporte del canon minero, y de esta forma la economía ha sido reactivada; dicha tendencia de crecimiento también ha impactado en la industria de la construcción permitiendo la generalización del uso de concretos hidráulicos, que tienen las propiedades adecuadas de estabilizarla forma de los elementos estructurales de los encofrados; y contribuir a mejorar parte de estas propiedades se agregan aditivos de origen químico al concreto, teniendo en cuenta el peso del cemento. En otro aspecto, existen aditivos de origen natural llamados también orgánicos, que lastimosamente tiene poco o nulo uso porque no son productos conocidos ni ofertados, esto debido a que la industria de la construcción no se ha tomado el tiempo de investigar sobre la materia prima, en este caso el extracto del mucilago del cactus, que es usado en otros países, con resultados positivos.

Los aditivos se usan para optimizar la reología del concreto, en su estado fresco e incrementar la resistencia del concreto en estado endurecido, como la consistencia que se mide con el cono de Abrams y la resistencia se mide en base a la compresión en la máquina de rotura de probetas o especímenes. Entonces se puede afirmar que existen antecedentes históricos del uso positivo de aditivos naturales en estudios de investigación realizados en países del exterior y en nuestro país existen escasos trabajos de investigación.

1.2. Descripción del Problema

Con el impuesto del canon minero, en la segunda ciudad más importante del Callejón de Huaylas que es la ciudad de Caraz, se están realizando obras de

infraestructura de concreto, con el uso de aditivos químicos, que finalmente encarecen las obras. A parte de no contribuir en la calidad de vida de la población vecina y su impacto en el medio ambiente.

En el sector de la Rinconada del distrito de Caraz, entre otros, tenemos plantaciones del cactus, que solo sirve como alimento su fruto denominado la tuna y escasamente como como planta medicinal.

El concreto es una mezcla de materiales heterogéneos, donde intervienen el cemento, el agua, agregados (finos y gruesos) y los aditivos que se usan para mejorar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, estos aditivos son importados y que encarecen el producto del concreto hidráulico. A partir de ahora al concreto hidráulico se le denominará concreto.

El concreto, tiene dos estados, el estado fresco y el estado endurecido, de las características de estas dependerá su durabilidad. En la fase concreto en estado fresco, tenemos varias propiedades y una de ellas, la más importante, es la consistencia; que se mide con el cono de Abrams, esta prueba también nos permite medir en forma indirecta la trabajabilidad. En la fase del concreto en estado endurecido, la propiedad más importante es la resistencia a la compresión o la prueba a la compresión axial, la que se determina con prensas para romper probetas o testigos de concreto.

Son el uso casi masificado los aditivos químicos, por parte de los que elaboran el concreto en obra o las plantas de concreto pre mezclado, los que son estudiados con sus impactos ya descritos.

Ante esta realidad, hay que buscar nuevas alternativas, reemplazando por otros productos de la zona que cumplan funciones similares; esto es el uso del extracto del mucilago del cactus como aditivo en el concreto, ya que en la zona existen plantaciones extensas del cactus.

En la investigación se pretendió ver la influencia del extracto del mucilago del cactus, en la consistencia del concreto en estado fresco y la resistencia a la compresión en el concreto endurecido.

Estos beneficios redundarán en el mundo académico, la industria de la construcción y en la mejora socio-económico y ambiental de la zona.

1.3. Formulación del Problema

- Problema General.

¿De qué manera el uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus, influye en la consistencia y en la resistencia a la compresión del concreto?

- Problemas Específicos.

a. ¿De qué manera el uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus, influye en la consistencia del concreto en estado fresco?

b. ¿De qué manera el uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus influye en la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido?

1.4. Antecedentes

- Internacionales

(Hernández & Serrano, 2003), citado por (De León, 2012) en su estudio “Uso del Nopal en la Industria de la Construcción” presentado en el IX Congreso Internacional y VIII Congreso Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del Nopal, reportan que “la adición de 0,5 g. de mucílago liofilizado de nopal mejoró las características mecánicas de la mezcla, con una mejor resistencia a la compresión que los respectivos controles sin mucílago de nopal. Una mezcla de yeso, arena de sílice, y mucílago de nopal liofilizado tuvo una resistencia a la compresión de 151.8 kg/cm² a los 28 días, mientras que el control fue de 125.6 kg/cm²”. (págs. 40-50)

(Torres, Martínez, & Celis, 2004), en su estudio titulado Cement based mortar, improvement from nopal and aloe vera additions, realizado en la Universidad de Monterrey – México señalan que prepararon 84 cubos de mortero con sustituciones de 1%, 2% y 4% de nopal y sábila deshidratadas en peso de cemento Portland ordinario (CPO), y asimismo, realizaron pruebas experimentales sobre el contenido total de vacíos; resistencia a la compresión; velocidad de pulso ultrasónico; y resistividad eléctrica húmeda, dentro de un período de 3 meses aproximadamente. Los resultados mostraron una mejor durabilidad, siendo una opción para mejorar las propiedades físicas del concreto.

(Hernández, Rodríguez, Espín, & Narbaiza, 2007) México, comprobaron que la adición de aditivos naturales a probetas de mortero fabricadas con

cemento portland utilizado para construcciones modernas y que fueron modificados por agregar chicle liophilized - extraído de un indígena Cactus México, mostraron un aumento en la resistencia a la compresión, 65% más alta que los morteros estándar sin aditivos.

Por su parte, (Abraján, 2008) cita a (Hammouch, Bennaghmouch, Srhiri, & Hajjaji, 2004) en estudios introductorios, hallaron que la adición de mucílago de cladodios al hormigón impedía el deterioro de barras de acero incluidas en el. (Torres, Martínez, & Celis, 2004), en estudios introductorios, encontraron que la adición de mucílago de cladodios al hormigón evitaba la corrosión de barras de acero inmersas en el mismo. (Torres, Martínez, & Celis, 2004), investigó, a su vez, la adición de mezclas de nopal y Aloe-vera en el hormigón, con el propósito de amplificar las propiedades anticorrosivas una vez se mezcle con el acero. (págs. 30-31).

(Torres, Celis, Martinez, & Lomeli, 2010) “Mejora en la Durabilidad de Materiales Base Cemento, Utilizado Adiciones Deshidratadas de Dos Cactáceas” Universidad Maristas de Queretaro-México estudiaron:

La caracterización de cubos de mortero fabricados con adiciones botánicas (verdes) deshidratadas de nopal y sábila (aloe vera) con adiciones (1%, 2%, y 4%) en peso del cemento portland, realizando pruebas experimentales hasta por un periodo de 900 días aproximadamente. Los morteros sin estas adiciones botánicas sirvieron como mezclas patrón, las mezclas con adición de nopal incrementaron el comportamiento físico de los morteros en el

tiempo, observándose pocas mejoras en el caso de las mezclas con reemplazo de sábila concluyendo que la adición de cantidades pequeñas de nopal, como reemplazo de cemento, puede ser una opción para mejorar las propiedades físicas de los materiales base cemento que, a su vez mejora su durabilidad. (pág. V)

(Torres, Celis, Martínez, & Lomeli, 2010), realizaron investigación titulada: “Adiciones en Base a Cactus como Inhibidor de Corrosión para Acero de Refuerzo en Concreto”, Universidad Maristas de Querétaro – México “. Con el objetivo de evaluar la adición del cactus deshidratado mezclada en diferentes concentraciones en relación con el peso del cemento: 0,10%, 0,25%, 0,5%, y 1,0% (...). Los resultados demostraron que el nopal deshidratado presenta un buen efecto inhibidor de la corrosión en el acero de refuerzo, porque la adición del cactus permite la formación evidente de una capa superficial más densa y llena de hidróxido de oxígeno en la superficie de acero la cual disminuya la actividad de la corrosión”. (pág. V)

(Ramírez, Cano, Julián, & Gómez, 2012) en el estudio Propiedades de durabilidad en hormigón y análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucílago de nopal como aditivo natural. Evaluaron la influencia del mucílago del nopal en la microestructura de pastas de cemento, así como la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad en cilindros de concreto a diferentes edades. Los materiales utilizados fueron cemento portland blanco y mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*). Las especies de pastas con relación agua/cemento (a/c) y mucílago /cemento(m/c) de 0,30;

0,45 y 0,60 se elaboraron de acuerdo a la norma ASTM C 305-99. (...), concluyeron que el mucilago de nopal como aditivo natural influyó en la micro estructura de pastas de cemento, resistencia a la compresión y elasticidad en cilindros de concreto a diferentes edades.(pág. 327)

(De León, 2012) su tesis titulada “Evaluación del Mucilago de Nopal como Reductor de Retracción en Concreto - Auto Consolidable”, Universidad Autónoma de Nuevo León - México, señala:

Investigó, una solución acuosa de mucilago de nopal como aditivo para mejorar el curado interno en concretos, auto - consolidables de peso normal y ligeros. Se estudiaron dos modos de dosificación; como solución para el curado interno y como aditivo dosificado directamente en la mezcla. (...). Los resultados obtenidos demuestran que en los concretos auto-consolidables estudiados la incorporación de la solución acuosa con mucilago de nopal, introducida al concreto como solución para el curado interno o como aditivo en la mezcla, no demerita las propiedades mecánicas e induce beneficios en la estabilidad volumétrica y en la impermeabilidad del concreto al reducir la retracción autógena.(pág. xviii)

(García, A., Córdoba, A., Sánchez, J., Guerra, J., Carpio, F., & Contreras, R., 2012) en su publicación “Modificación en la Consistencia, fraguado y resistencia del cemento con Nopal Deshidratado”, XXXIII Encuentro Nacional II Congreso Internacional AMIDIQ - MEXICO, refieren: que al adicionarse el nopal deshidratado, se modifican las características físicas y

mecánicas del cemento para ello utilizaron una concentración del 0,2% de Nopal en relación al peso del cemento.

(Durán, De León, Juaréz, & Valdez, 2012) en su estudio “Mucilago de Nopal como Reductor de Retracción en Concreto Auto-Consolidable” I Simposio Latino Americano sobre concreto Autoadensable - México, señalan: que el mucilago de nopal tiene como características ser un material que absorbe considerablemente el agua, reduciendo a su vez la tensión superficial en sus soluciones acuosas en este estudio de investigación, tomaron la decisión de incorporar en el concreto como aditivo el extracto de mucilago del cactus en polvo con las dosificaciones: 0.00, 0.25, 0.50, 0.75 y 1.0 relacionado al peso del cemento. Llegando a la conclusión que el mucilago de nopal actúa como reductor de retracción en concreto auto consolidable.

(Martínez, 2018), en la tesis “Adiciones Verdes a Materiales Base Cemento Portland, para Aumentar a Durabilidad en Obras Civiles”, Tesis realizado en la Universidad Autónoma de Queretaro- México señala: que para aumentar la durabilidad de materiales de construcción y disminuir la corrosión, añadieron los biopolímeros como son los mucílagos del nopal y del cactus de la tuna (OFI), en una mezcla con cemento portland (CP), y almidón de maíz *Zea mays*(MZ). Los ensayos de laboratorio a especies de mortero y concreto conteniendo la mezcla OFI, cemento base CP y a diferentes edades, comparado con morteros sin adición de estos aditivos vegetales, demostraron que modificaron los tiempos de fraguado.

Investigaciones afines, también demostraron que las características físicas de las pastas de cemento y morteros por efecto del mucílago de nopal, permitió reducir la permeabilidad y aumento de la resistencia a la compresión (Chandra, S., Eklund, L., & Villarreal, R., 1998). De manera paralela, (Torres & Cano, 2007) investigaron sobre la utilización del mucilago de nopal en pastas de cemento, mortero y concreto, comprobando que en soluciones al 1% se redujeron la permeabilidad, no se encontró diferencia significativa en la resistencia a compresión. (pág. 50)

También según reportes, otros aditivos obtenidos del cactus aumentan la plasticidad del mortero, en forma particular la resistencia a la absorción de agua y al efecto de las sales descongelantes (Jaramillo, 2009), asimismo, el agregado de mucílago del nopal no afecta las propiedades mecánicas, por el contrario provee grandes beneficios a la estabilidad volumétrica, específicamente a edades temprana del concreto. (Durán, De León, Juárez, & Valdez, 2012, pág. 1).

También (Durán, De León, Juárez, & Valdez, 2012) en su estudio “Mucilago de Nopal como Reductor de Retracción en Concreto Auto-Consolidable” I Simposio Latino Americano sobre concreto Autoadensable - México , indican que el mucílago de nopal tiene como característica ser un material que absorbe considerablemente el agua, reduciendo a su vez la tensión superficial en soluciones acuosas” , dando buenos resultados en el concreto, tanto en su estado fresco y en sus dos estados, y asimismo, utilizar el extracto del mucílago del cactus como material de construcción le da un valor

agregado que propiciará su sembrío a nivel nacional. Las dosificaciones de mucílago de cactus en polvo usadas fueron: 0,025; 0,050; 0,075 y 0,10, en relación al peso del cemento, como aditivo orgánico en el concreto, cuyos resultados permitirán plantear opciones de su industrialización para reducir los costos y protección del medio ambiente, mejorando la calidad de vida de los pobladores de la región, como se comprueba en otros países.

Por otro lado, el uso del mucilago de nopal puede tener gran impacto social en los materiales que contienen cemento, a fin de mejorar la rentabilidad (Coordinación General de comunicación social y divulgación, 2006). Se pueden utilizar para aplicaciones industriales aquellas que no sean aprovechadas para consumo humano o animal. (Ramírez, Cano, Julián, & Gómez, 2012, pág. 329).

(Ramírez, Cano, Julián, & Gómez, 2012). citado por (De León, 2012, pág. 36) refiere que es factible a nivel económico y ambiental el uso del extracto mucilaginoso de cactus como aditivo orgánico para el concreto, mientras que la materia prima residual puede ser utilizado en la industria. (Herrera A. , 2015, pág. 3)

- **Nacionales**

(Goldstein & Nobel, 1991), citó en (Abraján, 2008, pág. 7): refiere que las plantas del género opuntia se encuentran en zonas alto andinas del Perú y México, a temperatura sobre los 5 °C, inclusive en zonas muy frías como Canadá donde la temperatura invernal llega a -40 °C.

(Ramsey, 1999), en su investigación “valoración del comportamiento del adobe estabilizado con cal y goma de tuna”, evaluó el comportamiento físico – mecánico del adobe estabilizado con Cal o con Goma de Tuna, mediante ensayos de resistencia a la compresión, humedad y acción de desgaste producido por el agua. Concluyó que el porcentaje adecuado de mucílago de tuna fue del 10 %.

(Primo, 2014), en la investigación” Efecto de Adición de Extracto de Paleta de Tuna (*Opuntia ficus indica*) en la Resistencia a la Compresión de concreto” realizada en la Universidad Nacional de Cajamarca – Perú, trabajando en 27 probetas elaboradas con la adición de 1%, 3% y 5% de extractos de paleta de tuna por peso de cemento y 9 probetas como patrón, de 28 días, sometidas a pruebas de compresión, encontró que la adición de 1% de extracto en peso de cemento incrementaron la consistencia del concreto a la rigidez en el 21 %, en cambio, se observó una pérdida en la rigidez de las probetas fabricadas con adición de 3% y 5% de extracto con cemento, en un 10% y 38 %, respectivamente.(pág. 10)

(Ojeda & Huamán, 2016), realizaron la “Valoración de la consistencia a compresión del Concreto $f'c= 2010 \text{ kg/cm}^2$ adicionado con fibra de *Opuntia ficus indica* (tuna)” en la Universidad Andina del Cuzco– Perú, en muestras de probetas de concreto con adición de 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 7% y 10%. La adición de 3% de fibra de opuntia ficus indica (tuna) en peso de cemento, mejoró la resistencia de concreto, pero no de manera tan significativa, por

otro lado, el revestimiento no mostró cambios significativos conforme a las normas técnicas peruanas.

(Risco, 2017), realizó la investigación titulada “Comportamiento de trabajabilidad y consistencia a la fabricación del concreto adicionado con extracto de sábila”. Universidad Nacional de Ancash “Santiago Antúnez de Mayolo” Huaraz – Perú, en 48 briquetas de concreto con adición de: 0,25%, 0,75% y 1,0% de extracto de sábila deshidratado en peso de cemento y sin adición del extracto (muestra patrón). Las pruebas de resistencia en concretos de 3,7,14 y 28 días, mostraron que la adición de 0,25% en peso de cemento disminuyó la consistencia a la compresión, en concretos de 28 días, en comparación a las de 0,75% y 1,0%.

(Quintana & Vera, 2017) realizaron la tesis : “Evaluación de la Erosión y la Resistencia a la Compresión de Adobes con Sustitución Parcial y Total de Agua en Peso por Mucilago de Tuna en Porcentajes de 0% , 25% , 50% , 75% y 100%” Universidad Andina del Cuzco – Perú con el objetivo de evaluar la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua por mucilago de tuna en porcentajes de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% en los ensayos de resistencia a la compresión se obtuvo mejores resultados en los adobes con 100% de sustitución (mucilago de tuna).

(Bulnes, 2018), en su tesis “Resistencia a la compresión de un mortero cemento – arena con adición de 10% y 20 % de mucilago de nopal”. Universidad San Pedro Chimbote – Perú, en 09 probetas de mortero de

cemento con adición de 10%, 09 probetas de mortero con adición de 20% de mucílago de nopal, comparadas con 09 muestras patrón sin mucílago de nopal, se determinó que en ambos casos la resistencia a la compresión de morteros de cemento de 28 días fueron menores que en el mortero patrón.

(Huerto, 2018), realizó una investigación en la Universidad San Pedro Huaraz – Perú, para comparar la resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$ fabricado con aditivo de 4% y 6% de mucilago de tuna y superplastificante SikaN290 al cemento” a edades de 7; 14 y 28 días de curado. Los resultados demostraron que la adición de Sika en un 4% y 6% mejoró la resistencia a la compresión en los 0,7; 14 y 28 días en relación al concreto patrón y al concreto con 4% y 6% con aditivo de mucilago de la tuna.

(Vera, 2018), realizó en la Universidad San Pedro Cajamarca – Perú, la investigación “Resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución de cemento en 15% por ceniza de tuna o nopal”, usando agregados de la cantera de “Rubén” con la sustitución de cemento en 15% por ceniza de tuna o nopal. Los productos obtenidos tuvieron menores resistencia a la compresión en 17%, 14%, 26,07% y 32,49% que las muestras patrón de 7, 14 y 28 días de curado, concluyendo que las probetas de concreto con aditivos de tuna son de menor resistencia a las de concreto convencional.

(Oloya & Ponce, 2019), en la investigación “Influencia del uso del mucilago de cactus *Echinopsis Pachanoi* como aditivo natural para evaluar la resistencia a

compresión, consistencia y permeabilidad del concreto, realizada en la Universidad Privada Antenor Orrego .Trujillo – Perú, en 4 diseños de mezclas, considerando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, siguiendo el método ACI 211.1; encontraron que el concreto fabricado con adición de 1,5% de mucilago de cactus de *Echinopsis pachanoi* fue más resistente en todas las edades del ensayo, siendo estos valores de 259 kg/cm^2 a los 3 días, 318 kg/cm^2 a los 7 días y 384 kg/cm^2 a los 28 días.

(Quiñones & Villacorta, 2019), en la investigación “Impermeabilización de la cubierta de las casas de adobe en la ciudad de Otuzco caracterizando un mortero a base de baba de nopal en el año 2018, en la Universidad Privada Antenor Orrego – UPAO, Trujillo – Perú, hicieron dos ensayos: Ensayo A (Mezcla de arcilla + baba de nopal) y el ensayo B (mezcla de arena + arcilla + baba de nopal). (...). En el ensayo A se tuvo 30.74 % de impermeabilidad respecto a los promedios de cada muestra normal analizada en un mismo tiempo. En el ensayo B se tuvo 23.48 % de impermeabilidad respecto a los promedios de cada muestra normal analizada en un mismo tiempo. La prueba del ensayo B es la mejor opción por su menor porcentaje de humedad (p. 70, 71).

Las investigaciones realizadas sobre el mucílago del cactus, muestran una ventaja importante de la goma de cactus, en el comportamiento de las características reológicas del mortero de cemento preparado.(Hernández, Rodríguez, Espín, & Narbaiza, 2007, pág. 230).

(Hernández & Serrano, 2003) citado por (De León, 2012, págs. 49-50)en un estudio realizado a la adición de mucilago de nopal liofilizado a morteros de

construcción, comprobaron que la adición de 0.5 g de mucilago liofilizado de nopal optimizaba las características mecánicas de la mezcla, dándole una mayor resistencia a la compresión respecto aquellos mucílagos que no habían sido adicionados con nopal liofilizado.

1.5. Justificación de la Investigación

- **Justificación.**

Los aditivos químicos o inorgánicos, sirven para mejorar las propiedades del concreto, como tales son importados y caros, y como consecuencia se incrementa el costo de producción del concreto. Este tipo de aditivos pueden ser reemplazados por aditivos naturales, ya sea vegetales u orgánicos, entre los cuales se puede mencionar el extracto del mucílago del cactus, que tiene las mismas funciones en el concreto que los aditivos químicos, demostrado internacionalmente.

La planta del cactus crece en varias zonas del Callejón de Huaylas, entre ellas: Huaraz, Carhuaz, Yungay y Huaylas, para el trabajo de investigación se eligió las plantaciones de cactus del sector de La Rinconada distrito de Caraz, Provincia de Huaylas.

El presente trabajo de investigación es importante, porque con ello veremos cómo influye en la consistencia y la resistencia del concreto, el uso del extracto del mucilago del cactus como aditivo.

De acuerdo a lo establecido por las Normas Técnicas Peruanas, para la validación como aditivo del extracto del mucílago, se puede recurrir a pruebas de consistencia y resistencia a la compresión del concreto.

La elaboración de esta tesis permite brindar aportes importantes a la ciencia, así como a la industria de la construcción a través del uso de aditivos naturales en el concreto.

La resultante de la efectividad del extracto del mucílago demostrará que esta investigación es viable de acuerdo a los objetivos.

- **Teórica.**

En estado fresco la consistencia es una de las propiedades del concreto que permite su ponderación, controlando la humedad con el cono de Abrams; por su parte la resistencia a la compresión del concreto en su estado endurecido se mide en probetas, prensas o máquinas para ensayos a la compresión.

Generalmente, para optimizar la consistencia y resistencia del concreto se utilizan costosos aditivos químicos importados, lo cual trae como consecuencia el encarecimiento de la obra de construcción.

A nivel académico, se pretende demostrar que el extracto del mucilago del cactus es un aditivo natural para el concreto que cumple las mismas funciones que los aditivos químicos importados, por tanto, es un material de construcción recomendable.

Por ello, en la industria de la construcción es un material que revolucionará el mercado, pues este aditivo de origen natural desplazará en forma paulatina los aditivos de origen químico.

- **Práctica.**

Al confirmar que el uso del mucilago del cactus como aditivo y su incidencia en la consistencia y la resistencia a la compresión del concreto, se tendrá beneficios prácticos como el uso masificado y de industrialización de las plantaciones del cactus en la zona y con ello se bajarían los costos de los aditivos y consecuentemente bajarían los costos de la producción por la efectividad del extracto del mucilago del cactus como aditivo natural trayendo beneficios prácticos, ocasionando a su vez el uso masivo de dicho material, su industrialización y consecuentemente, se decrementa el costo de la producción del concreto.

- **Metodológica.**

La implicancia metodológica de este trabajo fue cuantitativo, correlacional y aplicativo, de nivel explicativo y diseño experimental.

El extracto del mucílago del cactus es el procesamiento del material oriundo de la zona, a nivel regional y nacional será utilizado como aditivo en el concreto, lo cual determinará la exclusividad de fabricación de este producto.

La dosis se determina de acuerdo al peso del cemento, procediendo a cotejarse con el concreto patrón, en ella la consistencia y la resistencia a la compresión del concreto se mide según lo especificado en las normas establecidas para tal fin.

- **Social.**

El uso del extracto del mucilago del cactus como aditivo en el concreto y sus correspondientes propiedades de consistencia y resistencia a la compresión del concreto, tendrá el siguiente impacto social:

- Reducción del costo del concreto
- Con los valores agregados y la industrialización del cactus, se mejorará la calidad de vida de la población del Callejón de Huaylas, reduciendo a la vez los problemas ambientales.

En el aspecto socioeconómico, se intensificará el sembrío del cactus, la cual redundará en el mejoramiento de la calidad de vida de la población, principalmente aquellos que viven a los alrededores como los distritos de Pueblo Libre, Caraz, etc., provincia de Huaylas, departamento de Ancash.

1.6. Limitaciones de la Investigación

- **Alcances**

Como alcance local será el distrito de Caraz, provincia de Huaylas, y consecuentemente a la eficacia del extracto del mucilago del cactus como aditivo en el concreto, su industrialización se extenderá a toda la Región Ancash y posteriormente a nivel nacional, ello será un aporte a la ciencia y a la industria de la construcción, favoreciendo a su vez en el aspecto socioeconómico y ambiental.

- **Limitaciones de la Investigación**

En el Perú, investigaciones similares sobre el extracto del mucílago del cactus no existen al respecto, sólo hay investigaciones referentes al uso de

la goma del mucilago del cactus como aditivo en el concreto; sin embargo, en otros países sí existen investigaciones sobre dicho aditivo natural.

1.7. Objetivos

- **Objetivo General.**

Determinar la influencia del uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus, en la consistencia y la resistencia a la compresión del concreto.

- **Objetivos Específicos.**

- a. Establecer la influencia del uso como aditivo, del extracto del mucilago del cactus en la mejora de la consistencia del concreto.
- b. Establecer la influencia del uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus en la mejora en la resistencia a la compresión del concreto.

1.8. Hipótesis

- **Hipótesis General**

El uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus, influye directamente en la consistencia del concreto en estado fresco y en la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido.

- **Hipótesis Específicas**

- a. El uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus, influye directamente en la consistencia del concreto.
- b. El uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus, influye directamente en la resistencia a la compresión del concreto.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Concreto.

El concreto es una piedra que se obtiene a través de la mezcla de varios compuestos, que le otorgan propiedad de endurecimiento, en sus fases continua, discontinua y teórica, reaccionando similarmente cuando entran en acción. Por ello, el autor (Rivva, 2008) indica “El concreto es un producto artificial compuesto por una pasta que se encuentra unido a otras partículas conformando así el agregado” (pág. 8).

Existen diversos aditivos para lograr la optimización de la reología, la resistencia y durabilidad. El concreto es una mezcla formada por cemento, arena gruesa, fina, piedra, agua y otros insumos que son añadidos en cantidades iguales para lograr una buena mezcla del concreto. El concreto también recibe el nombre de hormigón de acuerdo a lo establecido por las Normas del Comité Panamericano de Normas Técnicas (COPANT), y la Norma E.060. (Primo, 2014, pág. 20)

2.1.2. Componentes del concreto.

El concreto es una mezcla de cemento, agua, arena gruesa, fina, aditivos intrínsecos y extrínsecos; entre los intrínsecos tenemos el aire contenido, y extrínsecos, los agregados que son añadidos. (Pasquel, 1993) Señala que “La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro

componentes: cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo” (pág.13).

2.1.3. Cemento Portland.

Dentro del término de los materiales de construcción, se encuentra un material desintegrado el cual cuando se le agrega agua se convierte en un material plasto elástico que adquiere durabilidad en función al tiempo. Sobre el particular(Rivva, 2008)define:

El cemento portland es un material resultante de la acción de pulverizar Clinker Portland al cual se le añade también un poco de sulfato de calcio. La adición de otros aditivos no debe exceder el peso determinado, y deben ser aptos conforme lo determine la Norma respectiva, se acepta complementariamente otros productos que no excedan el 1% en peso del total de acuerdo a lo que determina la Norma y que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Los productos complementarios deben pulverizarse con el Clinker. (pág. 31).

Este tema se encuentra regido por las(Normas Técnicas Peruanas 334.001, 2011)y la (Normas Técnicas Peruanas 334.009, 2013).

Durante la fabricación para obtener un determinado tipo de cemento, se realizan adecuadas mediciones, de acuerdo a los procedimientos establecidos, que según Kosmatka, citado por (Ramírez S. , 2008)señala que:

En la fabricación del cemento intervienen diversas acciones, entre ellas el molido fino de la materia prima, mezclando proporcionalmente y

llevándola a un horno rotatorio a una temperatura aproximada de 1450 °C, allí el material se simplifica y se funde en forma parcial, formando esferas conocidas como Clinker, la cual se enfría y se tritura hasta obtener un polvo fino, adicionándole a su vez yeso en su forma normal y otros materiales que no excedan del 1% del peso total, y que no perjudiquen la posterior función del cemento. El clinker, son silicatos de calcio, aluminatos de calcio, aluminoferrito de calcio y sulfato de calcio (yeso), que se adicionan durante la molienda. Los principales óxidos presentes en la materia prima son: óxido de calcio (CaO), sílice (SiO₂), alúmina (Al₂O₃) y óxido de hierro (Fe₂O₃). (pág. 10)

2.1.4. Tipos de cemento.

Existen diferentes tipos de cemento portland: tipo I, tipo II, tipo III, tipo IV y tipo V, las cuales cumplen con lo determinado por la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés). La norma ASTM C150 contiene los tipos de cemento Portland y sus correspondientes usos:

- Tipo I: Este cemento se usa en obras de concreto normal, en la cual no intervienen los otros cuatro tipos de cemento.
- Tipo II: Es un cemento usado en obras de concreto normal y obras donde intervienen una acción ponderada de sulfatos o un moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Es un cemento usado en obras de concreto utilizando inicialmente una alta resistencia. Este tipo de concreto desarrolla

una resistencia en tres días similar al concreto que se desarrolla en 28 días como el cemento tipo I o tipo II.

- Tipo IV: Este cemento se utiliza en obras que necesitan bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Este cemento se utiliza en obras que necesitan alta resistencia a la acción de los sulfatos.

2.1.5. Composición típica del cemento Portland I.

Conforme lo indicado por Anderson, citado por (Ramírez S. , 2008), se tiene la tabla siguiente:

Tabla 1. Composición típica del Cemento Portland tipo I

Constituyentes	Símbolo	%en peso
Silicatodivaleante(2CaO.SiO ₂)	C ₂ S	28
Silicatotrialeante(3CaO.SiO ₃)	C ₃ S	46
Aluminatotrialeante(3Ca.Al ₂ O ₃)	C ₃ A	11
Aluminatoferritotetraaleante(4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃)	C ₄ AF	8
Yeso(CaSO ₄)	-----	3
Óxido de magnesio	M	3
Óxido de calcio	C	0.5
Óxido de sodio	N	0.5
Óxido de potasio	K	-----

Fuente: (Ramírez S. , 2008, pág. 10).

Este tipo de cemento será abordado en esta investigación, por ello su composición es de vital importancia.

2.1.6. Agua en el concreto.

El agua es un elemento determinante en la mezcla con el cemento; de ella resulta una reacción físico-química conocida como la hidratación; el agua es vital para el curado del concreto, importancia que se manifiesta en la relación agua/cemento, en las propiedades del concreto, ya sea en su estado fresco o endurecido; las recomendaciones en torno al agua que se utiliza en el concreto está indicado en el Instituto de Gerencia y Construcción (ICG), como lo cito (Primo, 2014):

El ICG (2013) nos menciona que el agua utilizada en la mezcla del concreto cumple las siguientes funciones:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse. (pág. 23)

Tabla 2. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.

Descripción	Límites Permisibles		
Sólidos en suspensión	5000	ppm	Máximo
Materia orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaCHCO ₃)	1000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1000	ppm	Máximo
Ph	5 a 8	ppm	Máximo

Fuente (Primo, 2014, pág. 24).

“El agua que se utiliza para elaborar el concreto y mortero debe ser adecuada como para el consumo humano, no debe contener aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas” (Primo, 2014, pág. 24). Si en la dosificación del concreto, se utiliza agua no potable, se deben preparar con este tipo de agua cubos de mortero, que a los 7 y 28 días logre alcanzar un 90% de la resistencia respecto a los morteros que se preparen con agua potable. (Primo, 2014, pág. 24)

El ICG (2013) menciona algunas sustancias que se encuentran con regularidad en las aguas y que influyen en la calidad del concreto, tales como:

- Las aguas con menos de 2000 p.p.m. de sólidos disueltos son adecuadas para la elaboración de concretos; si tienen más de esta cantidad deben ser ensayados para determinar sus efectos sobre la resistencia del concreto.
- Si se comprueba la existencia de carbonatos y bicarbonatos de sodio o de potasio en el agua de la mezcla, producen un rápido fraguado en el cemento; contrariamente en altas concentraciones disminuyen la resistencia del concreto.
- La elevada presencia de cloruros en el agua de mezclado puede corroer el acero de refuerzo o los cables de tensionamiento de un concreto pre esforzado.
- Cuando el agua contiene aceite mineral (petróleo) en concentraciones superiores a 2%, pueden reducir la resistencia del concreto en un 20%.

- Si en el caso que la salinidad del agua del mar es menor del 3.5%, se puede utilizar en concretos no reforzados y la resistencia del mismo disminuye en un 12%, pero si la salinidad aumenta al 5% la reducción de la resistencia es del 30%.
- El agua del curado mantiene el concreto saturado para lograr una total hidratación del cemento, con lo cual se incrementa la resistencia (Primo, 2014, pág. 24).

El agua que se usó para elaborar el concreto, y que forma parte del estudio de esta investigación, fue el agua potable de la ciudad de Caraz, que cumple lo indicado por las (Normas Técnicas Peruanas 339.088, 2006), El agua de la mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland cumple los requisitos

2.1.7. Agregados para el concreto.

Definición. - Los agregados son materiales que provienen de piedras rocosas, losetas o fragmentos de origen natural o artificial, que también son utilizadas en el concreto hidráulico, estos materiales deben cumplir con los requerimientos establecidos en las (Normas Técnicas Peruanas 400.010, 2001) al (Normas Técnicas Peruanas 400.022, 2013) y (Normas Técnicas Peruanas 339.185, 2013).

“Los agregados son componentes vitales para el concreto, ya que integran entre el 65% y 80% del volumen de la unidad en metro cubico del concreto” (Muñoz, 2017).

2.1.7.1. Clasificación.

Según las dimensiones del concreto hidráulico, según(Rivva, 2008)tienen la siguiente clasificación:

- a. El agregado utilizado en el concreto se clasifica en agregado fino, agregado grueso y hormigón, este último se conoce como agregado integral.
- b. El agregado fino proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan el tamiz de 3/8" y son retenidos en el tamiz N° 200.
- c. El agregado grueso es aquel que pasa por el Tamiz N° 4, resulta de la desintegración natural o artificial de las rocas, a su vez se clasifica en grava y piedra triturada o chancada. La grava resulta de la desintegración y de la fricción natural de los materiales pedregosos por eso es un agregado grueso, se genera en las canteras y depósitos de ríos. La piedra chancada o piedra triturada, resulta de la trituración artificial de rocas y gravas, la que también es un agregado grueso.
- d. El hormigón es un material que se obtiene de la mezcla de grava y arena, también toma el nombre de material integral, se obtiene de forma natural de la corteza terrestre y se utiliza tal cual se extrae de la cantera. (pág. 31)

Las NTP (Normas Técnicas Peruanas), ASTM (American Society for Testing and Materials) y el ACI (American Concrete Institute), determinan la clasificación de los agregados conforme a sus propiedades, características y requisitos que se requieren para su uso en el concreto.

2.1.7.2. Funciones del agregado en el concreto.

Cumplen una múltiple función: rellenar, darle forma y brindar contracciones volumétricas al concreto; todas estas condiciones aunado a sus características petrográficas físicas y químicas, determinan las propiedades del concreto en su estado fresco, estado endurecido, y consecuentemente su durabilidad.

2.1.7.3. Propiedades físicas del agregado.

En el presente trabajo de investigación las propiedades físicas del agregado se analizaron conforme las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y su equivalencia en la American Society of Testing, teniendo en cuenta las pruebas de los agregados:

- Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, con las NTP 400.012(2013) y el ASTM C136 (2001).
- Peso unitario de los agregados, tales como: Suelto (PUS) y el Peso Unitario Compactado (PUC), por medio de las NTP 400.017 (2011) y el ASTM C29 (1997).
- Método de ensayo normalizado para la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino, a través de las NTP 400.022 (2013) y el ASTM C40-04 (2004).
- Método de ensayo normalizado para evaluar la humedad total evaporable de agregados por secado, a través de las NTP 339.185 (2013) y ASTM C 566(2004).

Los agregados naturales por su origen se clasifican en: fluvial, eólicos, conos de deyección, lechos de mar y glaciares; en la ciudad de Caraz se usan mayormente los de origen fluvial, para el presente estudio es del sector de

Mitapampa del distrito de Mancos de la provincia de Yungay, del cual abastece en Caraz.

2.1.8. Aditivos para el concreto.

El aditivo es netamente un material inorgánico u orgánico que se añade junto con otros elementos naturales como el cemento, agua y otros agregados para formar el concreto ya sea en el mezclado o en la pasta (cemento y agua), optimizando sus propiedades en estado fresco, endurecido, con el fin de adquirir la propiedad de durabilidad.

Estos aditivos deben contar con la conformidad de las (Normas Técnicas Peruanas 339.088, 2006), teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas.

2.1.8.1. Clasificación de los aditivos.

Los aditivos químicos son los que más se usan en el mercado local y nacional. Esto de acuerdo a las clasificaciones que rige la norma técnica (American Society of Testing Materials C494/C494M, 2004) y el Comité 212 del ACI. Según las fuentes bibliográficas, la más cercana a su clasificación es la indicada por Kosmatka citado en (Ramírez S. , 2008), quien nos señala que:

Los aditivos se pueden clasificar, según sus funciones:

- Aditivos incorporadores de aire (inclusores de aire).
- Aditivos reductores de agua.
- Plastificantes (fluidificantes).
- Aditivos aceleradores (acelerantes).
- Aditivos retardadores (retardantes).
- Aditivos de control de hidratación.

- Inhibidores de corrosión.
- Reductores de retracción.
- Inhibidores de reacción álcali-agregado.
- Aditivos colorantes.
- Aditivos diversos, dentro de los cuales se encuentran los aditivos para mejorar la trabajabilidad o manejabilidad, para mejorar la adherencia, a prueba de humedad, impermeabilizantes, para lechadas, formadores de gas, anti-deslave, espumante y auxiliares de bombeo.

Las cualidades del concreto deben ser manejable, acabado fuerte, durable y resistente al desgaste que se obtendrá seleccionando los materiales adecuados.

También menciona que las razones principales para el uso de aditivos son:

- Permite el bajo costo de las construcciones de concreto.
- Algunas propiedades del concreto adquieren más efectividad que otras.
- La calidad del concreto es supervisado en sus etapas de mezclado, transporte, colado y curado en condiciones adversas.
- Consideración de riesgos durante las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado.

A pesar de estas consideraciones, se debe observar que ningún aditivo de cualquier tipo o en cualquier cantidad, se le puede considerar como un sustituto de las buenas prácticas de construcción. (Ramírez S. , 2008, págs. 24-25)

La presente investigación tiene como tema principal el mucilago del cactus, al clasificarse en los aditivos orgánicos, se podrá determinar sus características y propiedades, al respecto (Carino & Clifton, 1991) citado por (Ramírez S. , 2008) en relación a las nuevas opciones de investigación, indica que: “A través de los nuevos materiales suplementarios, ya sean naturales o industriales, se han logrado tipos de concreto manejables, con mejoradas propiedades mecánicas y más durables, tomando el nombre de concretos de alto comportamiento (HPC). Entre las cuales comprende la optimización de la trabajabilidad y compactación que evita la segregación que contribuye a mejorar las propiedades mecánicas, alta resistencia a edad temprana, estabilidad de volumen y vida útil de servicio incluso en situaciones ambientales de riesgo”. (págs. 1,2)

2.1.9. Mucílago de Cactus (*Opuntia ficus-indica*).

El cactus se origina en América conforme lo señala, (Ostaloza, 2011) citado por el (Ministerio del Ambiente, 2013) que hace referencia al estudio del cactus: “La Familia Cactaceae, es un grupo de plantas ornamentales de origen americano con distribución al norte en Canadá, en los estados de Británica y Alberta; al sur está en la Patagonia Argentina, al oeste, por las islas Galápagos, Ecuador y al este el límite lo da una pequeña isla llamada Fernando de Noronha”. (pág. 2)

(Hunt, Taylor, & Charles, 2006) citado por el (Ministerio del Ambiente, 2013) en relación a los géneros del cactus: “La mayor abundancia en géneros y especies se encuentra en México, mientras que el segundo centro de

diversificación es el Perú, que cuenta con aproximadamente 39 géneros y más de 255 especies”. (pág. 2)

Asimismo,(Calderón, Ceroni, & Ostolaza, 2004)citado por el (Ministerio del Ambiente, 2013)en relación a la ubicación geográfica de las plantaciones del cactus indica que: “El cactus se encuentra ubicada en la mayoría de los ecosistemas, desde los desiertos costeros, vertiente occidental, puna, valles interandinos y llegando exitosamente al bosque tropical amazónico”. (pág. 2)

Respecto a los usos del cactus: (Piacenza & Ostolaza, 2002), citado por el (Ministerio del Ambiente, 2013), señala “En el Perú, los cactus han sido utilizados desde la antigüedad hasta nuestros días. Los antiguos peruanos los han usado en la elaboración de una serie de utensilios como agujas, prendedores, anzuelos y peines”. (pág. 2)

(Álvarez, 2003)(Ministerio del Ambiente, 2013)refiere que el cactus es apto para la construcción, sobre todo en la preparación de argamasa.(pág. 2)

2.1.9.1. Nopal, clasificaciones.

Los nopales vienen a ser arbustos rastreros o erectos, llegando a medir entre 3 a 5 m de altura. Su sistema de ramas es muy extenso, tiene raíces finas absorbentes y superficiales en zonas áridas de escasa pluviometría (...) Su tronco es leñoso y mide entre 20 y 50 cm de diámetro. Sus ramas contienen cladodios de 30 a 60 cm de largo x 20 a 40 cm de ancho y de 2 a 3 cm de espesor. El cladodio fresco recibe el nombre de nopalito y el adulto de penca. (Abraján, 2008, pág. 3)

(Nobel, P., Cavelier, J., & Andrade, J., 1992)según (Abraján, 2008, pág. 3)dice que: “El rol de los mucílagos (hidrocoloides presentes en este tejido) es importante debido a su capacidad de retención de agua.”

La clasificación taxonómica del cactus o nopal según (Abraján, 2008, pág. 4) es la siguiente:

Reino	Vegetal
Subreino	Embryophita
División	Angiospermae
Clase	Dicotyledonea
Subclase	Dialipetalas
Orden	Opuntiales
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae
Tribu	Opuntiae
Genero	Opuntia
	Nopalea
Subgéneros de O.	5
Series	17
Especies	300
Especies de N.	10

Fuente: (Abraján, 2008, pág. 5).

2.1.9.2. Estudio químico de la tuna.

El autor (Guzmán & Chávez, 2007)citado por(Bolaños, 2016)indica que “en los laboratorios de la Escuela de Química de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, se tuvo como objetivo demostrar que el cladodio de nopal (*Opuntia ficus-indica*) puede ser apto para el consumo del hombre” (pág. 44).

Tabla 3. Composición química proximal de cladodios de nopal amarillo.**Expresado en base húmeda**

Componente	Cladodio De 1 mes de edad (aprox.)	Cladodio De 1 año de edad (aprox.)
Humedad %	92.57	94.33
Proteína (x 6,25) %	0.94	0.48
Grasa %	0.17	0.1
Fibra %	0.3	1.06
Cenizas %	0.08	1.6
Carbohidratos %	5.96	2.43
Vitamina C (mg/100g*)	37.27	23.11
Ca %	0.042	0.339
Na %	0.0018	0.0183
K %	0.00098	0.145
Fe %	0.0792	0.322

Fuente. (Guzmán & Chávez, 2007)(Bolaños, 2016, pág. 44).

2.1.9.3. Usos generales.

Antiguamente el hidrocoloide de cladodio de *Opuntia* era reconocido por sus usos domésticos y en el ámbito de la salud, destacando:

1) Auxiliar en los problemas digestivos, 2) alivio de quemaduras, 3) regulación de temperatura corporal, 4) humectación de la piel, 5) analgésico, 6) prevención de la prostatitis, 7) prevención y tratamiento de la diabetes, obesidad y colesterolemia, muchos de estos usos sin fundamentos científicos. En tanto las aplicaciones documentadas comprenden 1) beneficios a la salud y cosmética(Alarcon, y otros, 2003; Felker & Inglese, 2003; Sáenz, Sepúlveda, & Matsuhira, *Opuntia* spp. mucilage's: a functional

component with industrial perspectives, 2004), 2) aditivos de bebidas y alimentos (Felker & Inglese, 2003), 3) área de construcción(Cárdenas A., 1998a), 4) recientes formulaciones de biopelículas comestibles(Del Valle, y otros, 2015), y 5) remoción de metales pesados de aguas contaminadas(Felker & Inglese, 2003; Sáenz, Sepúlveda, & Matsuhira, 2004). (Vargas, 2012, pág. 22)

Fotografía 1. Plantaciones del cactus en perspectiva con el investigador, en el sector de Rinconada del distrito de Caraz de la provincia de Huaylas.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 2. Plantaciones del cactus en la zona de la Rinconada del distrito de Caraz de la provincia de Huaylas del departamento de Ancash.



Fuente: Elaboración propia.

2.1.10. Propiedades del Concreto.

2.1.10.1. Propiedades en estado fresco.

Trabajabilidad.

Es una propiedad del concreto en su estado fresco y también una de las complejas, porque según las normas ACI, ASTM y las inglesas, definiéndola como la habilidad de mezclar, transportar, vaciar, compactar y el acabado del concreto, su medición es inmensurable, pero en forma indirecta se mide con el cono de Abrams con el que se realiza la prueba de la consistencia. (Rivva, 2008)concluye:

A través de la trabajabilidad, se determina la manipulación, transporte, colocación y afirmado adecuado, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que se presente segregación. El concepto anterior comprende la capacidad de moldeo, cohesividad y capacidad de compactación, además la fluidez, en torno a la plasticidad y uniformidad, que influyen esencialmente en el comportamiento y resultado final de la estructura.

La trabajabilidad no es pasible de medición o valuación, se refiere a las características y perfil del encofrado; a la cantidad y distribución del acero de refuerzo y elementos empapados, y a su modo de empleo para compactar el concreto. (págs. 30-31)

Consistencia.

Es el grado de humedad de mezcla del concreto en estado fresco, por el cual (Rivva, 2008)señala:

La consistencia del concreto determina la humedad de la mezcla en función al grado de fluidez, es decir si la mezcla tiene mayor humedad, el concreto tendrá mayor opción de fluir en la fase de colocación. La consistencia se relaciona a la trabajabilidad pero no es similar. Así, por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimentos puede ser muy consistente, o una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica. (pág. 32)

- Clases de mezclas según su asentamiento:

El cono de Abrams determinar las siguientes clases de mezclas:

Tabla 4. Clasificación de las clases de asentamiento

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibrado Normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	> 5"	Muy Trabajable	Chuseado

Fuente: (Abanto, 2009, pág. 49).

- Limitaciones en la aplicación del cono de Abrams:

Se refiere a las ventajas y desventajas, tal como lo indica, (Abanto, 2009) cuando refiere que que:

El ensayo de Abrams es útil solo para los concretos plásticos con asentamiento normal, que integra mezclas adecuadas que tienen un correcto dosaje en agua. No tiene en cuenta las siguientes condiciones:

- En caso de concretos sin asentamiento, de muy alta resistencia.
- Cuando el contenido de agua es menor a 160 lts por m³ de concreto.

- Cuando existe un contenido apreciable del agregado grueso de tamaño máximo que sobrepase la 2.5". (pág. 49)

- Ensayo de asentamiento:

Este tipo de ensayo es determinado por las (Normas Técnicas Peruanas 339.035, 2009) a través de la Directiva "Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland".

Segregación.

Comprende la desintegración mecánica del concreto, conforme al detalle que brinda (Pasquel, 1993):

Debido a las diversas densidades que existe entre los componentes del concreto, las partículas más pesadas descienden, mayormente la densidad de la pasta con los agregados finos es solo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) la cual aunado a su propiedad viscosa resulta que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz. En el caso de la deficiente viscosidad del mortero, ésta es producida porque la mezcla no se ha unido convenientemente y la granulometría no se ha llevado a cabo de manera adecuada, trayendo como consecuencia que las partículas gruesas se separen del mortero, provocando la separación del concreto. En el caso de los concretos que tienen agregados de piedra mayores al 55% del peso total de otros aditivos, puede causar confusión, ya que se puede considerar la existencia de segregación con el aspecto regular del concreto; esta situación se puede demostrar al equiparar dos muestras de concreto fresco obtenidos de lugares distintos y comparar el contenido de agregados gruesos por lavado, cuya diferencia no debe pasar más del 6%. (págs. 137-139)

Exudación.

Durante la acción de afirmación del concreto y colocación, habitualmente el agua se separa del concreto, trasladándose a los laterales o superficie del concreto, que depende del volumen y velocidad de desplazamiento del agua. La exudación también es considerada como parte de la segregación. Al respecto, (Pasquel, 1993) lo conceptúa como:

Una propiedad en la cual el agua se aparta de la masa para subir a la superficie del concreto. Aquí se produce la sedimentación en la cual los sólidos logran asentarse en la masa plástica. Es un fenómeno regido por leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, previo al efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades. Está determinado por los agregados finos y la finura del cemento, entonces, cuanto más fina es la pulverización de estos agregados mayor es el porcentaje de material menor que la malla No 100, en este caso la exudación será menor ya que el agua de mezcla se retiene. La exudación es una propiedad que se adhiere a la estructura del concreto, de allí la necesidad de analizar constantemente sus efectos negativos. Sin embargo, la exudación no debe ser considerada como una condición inverosímil del concreto, durante la práctica del secado del concreto al añadir cemento en la superficie mientras aún hay exudación, puede originarse una capa superficial muy delgada de pasta con una interface de agua en la parte inferior que puede aislarla de la masa original. De esta manera cuando se produce la contracción por secado o cambios volumétricos por temperatura, esta capa delgada de pasta se rompe, causando la fisuración a modo de un panal de abeja, denominado "crazing". Pero si el cemento es espolvoreado al término de la exudación, se permitirá una integración total de la pasta con la mezcla original entonces se reduce la

relación agua/cemento en la superficie, trayendo resultados positivos en torno a la durabilidad del concreto evitando su desgaste temprano. (págs. 139-140)

Contracción.

Durante el proceso de hidratación se produce la reacción físico-química de la pasta del cemento, que provoca la evapotranspiración del agua y posteriormente la contracción en la pasta del concreto. En este caso (Pasquel, 1993) señala que:

La contracción cumple un papel muy importante en torno a la fisuración que se produce constantemente. Anteriormente, se ha indicado que la pasta de cemento se contrae por la reducción del volumen de agua, al aplicarse la combinación química, la misma que toma el nombre de contracción intrínseca, tornándose en un proceso inalterable. Sin embargo, la pasta de cemento también adquiere otra propiedad denominada contracción por secado, que ocasiona mayormente la fisuración, que se da en ambos estados, el plástico y el endurecido por la pérdida de agua en la mezcla. Este proceso puede cambiar si se restablece el agua deteriorada por el secado, con ello se puede recuperar la contracción ya obtenida con anterioridad. Es necesario tener presente que el concreto se contrae de todos modos y si no tomamos las medidas respectivas se provocará la fisura de manera inevitable, al respecto solo queda prevenir esta situación. (pág. 140)

2.1.10.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

El estado endurecido del concreto lo muestra como una piedra artificial, con resistencia a la compresión, consecuentemente en el estudio de la mecánica de los materiales se convierte en elasticidad y extensibilidad. A continuación se detallan ambas propiedades:

Elasticidad.

La elasticidad como propiedad natural del concreto. El autor (Pasquel, 1993) señala que:

Es la capacidad de deformación eventual del concreto bajo carga. No es un material plástico propiamente dicho, no va dirigido en forma lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, específicamente se le denomina "Módulo de elasticidad estático" del concreto que sigue una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante uniendo el inicio del diagrama con un punto determinado manifestado en un % de la tensión última (Ref.7.7). (...) en todo caso, las mejores mezclas presentan módulos de Elasticidad con mayor capacidad de deformación. La norma que establece el Módulo de elasticidad estático del concreto es la ASTM C-469 (Ref.7.7). (pág. 141)

Resistencia.

La resistencia como propiedad natural del concreto. (Pasquel, 1993) afirma:

Es una capacidad de soporte, cumpliendo una mejor función de compresión que la tracción, por sus propiedades adherentes a la pasta de cemento. Esta determinante se da por la concentración de la pasta de cemento, la cual se

relaciona al Agua/Cemento en peso. Influyen en este comportamiento los mismos factores que determinan la resistencia de la pasta, entre ellos la temperatura y el tiempo, que junto a otros elementos adicionales con características resistentes y la calidad de los agregados, complementan la estructura del concreto. El curado actúa indirectamente en la resistencia, es un complemento del proceso de hidratación y su ausencia no permite que las características resistentes del concreto se desarrollen normalmente. De manera usual los concretos logran una resistencia en cuanto a la compresión de 100 a 400 Kg/cm², incluso han logrado una mejora del diseño sin utilizar aditivos complementarios, logrando resistencias sobre los 700 kg/cm². Estas tecnologías utilizan polímeros, que contienen aglomerantes sintéticos que se añaden a la mezcla, la cual le da una resistencia en compresión de 1,500 kg/cm², se evidencia el uso de estas técnicas en un futuro, que permitirá alcanzar altos niveles de resistencia (págs. 141-142).

Extensibilidad.

La extensibilidad como propiedad natural del concreto. (Pasquel, 1993) afirma:

Es la propiedad de deformación del concreto sin que se llegue a agrietar. Esta deformación del concreto va relacionada en su nivel máximo en la cual no se dan las fisuraciones, como consecuencia de la elasticidad y del flujo plástico, que integra la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. El flujo plástico puede ser recuperado en forma parcial, ésta a su vez se relaciona con la contracción, a pesar de ser un fenómeno independiente. La micro fisuración aparece cuando se ha dado

el 60% del esfuerzo último, y a una deformación unitaria de 0.0012, y en condiciones normales la fisuración aparece para 0.003 de deformación unitaria. Por otro lado, esta investigación se concentra a la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido conforme lo determina la NTP 339.034 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas” la cual determina el procedimiento a seguir para evaluar la resistencia a compresión del concreto, en muestras cilíndricas. (pág. 142)

2.1.11. Diseño de mezclas de concretos.

2.1.11.1. Diseño de mezclas de concretos normales.

Estos procedimientos utilizan funciones algorítmicas a través del cual se obtiene un adecuado balance entre sus componentes y características, obteniendo la resistencia del concreto en su estado endurecido, de acuerdo a las especificaciones técnicas.

Concluyendo según lo manifestado por (Pasquel, 1993) quien indica:

Es preciso tener en cuenta que la etapa de diseño de mezclas de concreto indica solo el inicio de la búsqueda de la mezcla más adecuada en cualquiera de los casos, sin que esto signifique que los métodos utilizados resulten una prueba definitiva al momento de que los diseños sean aplicados en condiciones reales y su optimización en obra (pág.173).

Información requerida para el diseño de mezclas:

(Pasquel, 1993) nos indica el uso de los diversos métodos para el diseño de mezclas:

Datos de Laboratorio

- Análisis granulométrico de los agregados.
- Peso Unitario y específico de los agregados.
- Humedad de absorción y humedad actual de los agregados.

Información experimental (*)

- Correlación entre la resistencia y la relación: w/c.
- Comportamiento del concreto fresco según el dosaje de agua y tipo de agregado.

(*) puede ser reemplazada tentativamente por valores empíricos tabulados.

Especificaciones para el diseño

- Resistencia a la compresión ($f'c$).
- Expectativa que existan valores menores de $f'c$.
- Tamaño máximo del agregado.
- Asentamiento (“slump”).
- * Relación w/c máximo.
- * Contenido mínimo de cemento.
- * Contenido de aire.
- * No son indispensable.

Procedimiento para la dosificación

- Secuencia del diseño

- Elección del asentamiento.
- Elección del tamaño máximo del agregado.
- Estimado de agua de mezclado y el contenido de aire.
- Elección de la relación w/c.
- Cálculo del contenido de cemento.
- Estimado del contenido del agregado grueso.
- Estimado del contenido del agregado fino.
- Ajuste por el contenido de humedad del agregado
- Ajuste de prueba. (pág.45)

2.1.11.2. Diseño de mezclas por el método del ACI.

Es un método empleado en los concretos normales, al respecto(Pasquel, 1993)señala: “El Método original del ACI deviene del año 1944, durante todo este tiempo se han dado pocas variantes siendo la última versión la emitida por el Comité 212.1 el año 1991”. (pág.185)

En el presente trabajo de investigación se utilizó este método, para una resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en su relación agua/cemento de 0.50 y de mucílago de nopal las dosificaciones en peso del cemento fue de 0.0, 0.25, 0.50, 0.75 y 1.0 y los agregados de acuerdo a lo determinado por las normas ASTM C-33 (2016).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

La metodología de investigación empleada es cuantitativa-correlacional, debido a que se cuantificó los resultados obtenidos del laboratorio, haciendo uso de la estadística para luego analizar la correlación que existe, entre las variables independientes y dependientes, para la solución del problema a través de las hipótesis.

Es aplicada de acuerdo a lo planteado en el trabajo de la presente investigación porque se midió las consistencias y la resistencia del concreto en función al tiempo con las dosificaciones del extracto del mucilago del cactus.

- Nivel de Investigación

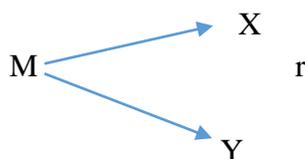
Es una investigación experimental, con un enfoque principalmente cuantitativo y de alcance correlacional, por lo siguiente:

- **Experimental:** se manipuló una variable independiente (adiciones del extracto del mucilago del cactus) y las variables dependientes: medición de la consistencia y la resistencia a la compresión del concreto para comparar con un diseño de grupo control (concreto convencional sin aditivo), y con el aditivo del extracto del mucilago del cactus, ejerciendo el máximo control.
- **Correlacional:** se analizó la correlación de la consistencia y resistencia a la compresión del concreto (variables dependientes), mediante la adición de extracto de cactus (nopal) en distintos porcentajes (variable independiente).

- Cuantitativo: se empleó métodos estadísticos para el procesamiento de los resultados obtenidos en el laboratorio, producto de la manipulación de las variables mencionadas.

- Diseño de Investigación

El diseño metodológico que se adopta es una investigación experimental correlacional, porque tuvo como objetivo manipular variables, medir y evaluar la correlación que existe entre las variables, prueba patrón (X) y prueba experimental con aditivo (Y), tomando como contexto la ciudad de Caraz de la provincia de Huaylas del departamento de Ancash.



Dónde:

M = Muestra

X = Variable relacional 1 (Prueba Patrón)

Y = Observación de la variable relacional 2 (Prueba experimental con aditivo)

r = Grado de relación entre la variable X y la variable Y

- Estrategia de Prueba de Hipótesis

La hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación fue demostrado mediante la estadística descriptiva y la prueba correlacional (Análisis inferencial).

3.2. Población y Muestra

De acuerdo a las normas ASTM y NTP 339.034, se ha considerado que la elección de la población y las muestras para los ensayos son iguales.

Para el revenimiento con el cono de Abrams:

- La población y muestra.
- Por lo expuesto se tendrá la siguiente:

Tabla 5. Por lo expuesto tiene la siguiente tabla muestra (3 repeticiones)

Cactus (%)	Nº Repeticiones	Nº día de Control	Total muestras
0.00	3	4	12
0.25	3	4	12
0.00	3	4	12
0.50	3	4	12
0.00	3	4	12
0.75	3	4	12
0.00	3	4	12
1.00	3	4	12
TOTAL			96

- Para la elaboración y el número de población y muestra para resistencia a la compresión.

Para la población y la muestra para una relación a/c = 0.50 se elaboró 96 probetas o cilindros considerando lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones, en la norma E.060: Para cada relación agua-material cementante o contenido de material cementante se confeccionó y se curó las tres probetas cilíndricas para cada edad de ensayo de acuerdo con —Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory (ASTM C 192M). Las probetas fueron ensayados a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para determinar f'_{cd} . (RNE. E.060, 2009, pag.42).

En el presente trabajo de investigación la población es infinita por tanto la muestra que se tomó en la fórmula de poblaciones es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

z = Nivel de confianza

s = Desviación Standart

e = Error

Para la explicación de la formula se tomó en cuenta un nivel de confianza del 95°, una desviación Standart de 10 y se espera un margen de error de 2. Por lo expuesto y aplicando la fórmula para poblaciones infinitos se tiene el siguiente tamaño de muestra.

$$n = \frac{(1.96)^2 (10)^2}{2^2}$$

$$n = \frac{3.84 \times 100}{4}$$

$$n = 96$$

Dicho muestra fue distribuido de acuerdo al número de tratamientos establecido por el investigador.

3.3. Operacionalización de Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Extracto del cactus como aditivo en el concreto	Es un producto natural orgánico que luego de unos procesamientos metodológicos se extrae el mucílago, que luego se convierte en polvo y esta se usa en proporciones en relación al peso del cemento.	De acuerdo al Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y el Centro de Investigación Regional del Norte-Centro Campo Experimental Zacatecas (2011) del boletín informativo núm. 21	Dosificaciones: 0,00; 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0	Peso (gr) en la balanza electrónica en relación al cemento.
<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Consistencia en el concreto fresco</p> <p>Resistencia a la comprensión en el concreto en estado endurecido.</p>	<p>Es una propiedad del concreto en estado fresco, la cual se mide el grado de humedad de la mezcla del hormigón (concreto) por el método del ensayo para la medición del asentamiento de concreto de cemento portland.</p> <p>Viene a ser la resistencia a la comprensión axial la misma que se determina, por el método para el ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la comprensión del concreto en muestras cilíndricas.</p>	<p>Procedimiento según las Normas Técnicas Peruanas (NTP) 339-035-2009 (2009)</p> <p>Procedimiento de acuerdo a la Norma NTP 339.034-2008 (2008) Validada por INDECOPI.</p>	<p>Dosificaciones: 0,00; 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0</p> <p>Días: 7; 14; 21 y 28</p>	<p>Método del cono de Abrams Slumn en cm.</p> <p>$f'c$ (Kg/cm²) resistencia a la comprensión del concreto se prueba en la máquina de rupturas de las probetas .</p>

3.4. Instrumentos

Se plantea usar los siguientes instrumentos para:

Consistencia del concreto:

- Moldes de fierro galvanizado en forma de tronco de cono de 0,30 m. de altura, y con bases paralelas con diámetros de 0,20 y 0,10 metros.
- Una chapa metálica lisa, y resistente de 0,30 x 0,30 metros como mínimo, pasa a ayudar la base mayor del tronco del cono.
- Una barra metálica de 5/8" (16 mm.) de diámetro y 60 cm. de largo terminada en punta redonda.
- Una pala pequeña para echar el concreto.
- Una cuchara de albañil.
- Una regla dividida en centímetros o pulgadas para medir el asentamiento de la mezcla.

Resistencia a la compresión del concreto

- Probetas cilíndricas para pruebas de aceptación.
- Recipiente no absorbente de capacidad > 28 l.
- Palas, cucharones.
- Tamices estándar.
- Probetas de resistencia.
- Moldes cilíndricos.
- Mazo de goma.
- Reglas para enrasar.
- Carretilla para muestreo y remezclado.

Granulometría de los agregados

- Balanza: Debe tener capacidad superior a la masa de muestra más el recipiente.
- Tamices de alambre, abertura cuadrada, tensados (Normas ASTM C 136-01, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Course Aggregates).

3.5. Procedimientos

El cemento a usar fue del tipo I que satisfaga las NTP 334.001 (2011) y la NTP 334.009 (2013) y la norma ASTM C-150 (2017) por lo que fue el cemento comercial que se usa mayormente en la zona.

El agua a que se usó fue el agua potable de la ciudad de Caraz.

Los agregados de origen natural y procedencia fluvial, esto es del río Santa del sector de Mitapampa del distrito de Mancos de la provincia de Yungay.

Se usó como aditivo natural el extracto del mucílago de cactus de la especie *Opuntia-Ficus Indica*, que se encuentra en el sector de la Rinconada del distrito de Caraz de la provincia de Huaylas.

Obtención y características de los agregados.

En los procedimientos para obtención de muestras de los agregados se realizaron de acuerdo a las normas ASTM D 75-97 (1997) Standard Practice for Sampling Aggregates.

Para determinar la granulometría de los agregados se realizó de acuerdo a las normas ASTM C136-01 (2001), Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, para determinar la masa volumétrica, densidad específica y absorción de los agregados ASTM C127-01 (2015) Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of

Coarse Aggregate y para las impurezas orgánicas del agregado fino se realizó de acuerdo a la norma ASTM C40-99, Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete.

Todas estas son equivalentes a las Normas Técnicas Peruanas y son:

Para determinar los pesos específicos y absorción las NTP400.021(2002) y NTP400.022(2013).

Para determinar Análisis granulométrico, NTP400.012(2013); Peso unitario. NTP400.017(2011) y para determinar el contenido de humedad NTP339.185(2013).

Extracción y purificación de mucílago de Cactus

Se ejecutó según los procedimientos establecidos por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y el Centro de Investigación Regional del Norte-Centro Campo Experimental Zacatecas (2011) del boletín informativo núm. 21:

1. Se pesó cada cladodio en fresco y se estimó el rendimiento seco del mucílago.
2. Los cladodios se lavaron y desinfectaron con una solución de agua potable, hidróxido cúprico y cloro (1:5:4 volumen/volumen/volumen) por dos minutos. Después, las pencas se cepillaron y las espinas se eliminaron.
3. Con un cuchillo casero se eliminó la cutícula y la epidermis, tratando de recuperar la mayor cantidad de clorénquima y parénquima, que es donde se encuentra la mayor cantidad de células que almacenan el mucílago.
4. En este paso, existen dos alternativas de extracción del mucílago. La primera consiste en que después del paso anterior, el tejido sea macerado,

o bien que el tejido sea escaldado y después continuar con el proceso de extracción.

5. El escaldado del cladodio (clorénquima + parénquima) se realizó a 80°C por 30 segundos.
6. Después el tejido se cortó en cubos de 1 cm³, aproximadamente.
7. Macerado. El tejido en trozos se embebió en agua purificada [1:7; tejido (peso): agua (volumen), respectivamente] por 24 horas a 16°C y se dejó en un refrigerador convencional. Este paso es importante para recuperar la mayor cantidad de mucílago en fase acuosa.
8. El sobrenadante se colocó en un vaso de precipitado (1 litro) y se sometió en baño María a 75°C por 24 horas.
9. El sobrenadante se enfrió a temperatura ambiente. Este paso es importante para evitar la evaporación del etanol.
10. La precipitación del mucílago (insolubilización de polímeros) de la fase acuosa se llevó a cabo agregando etanol en una relación 1:3 (solución acuosa: etanol).
11. El precipitado del mucílago se separó mediante una segunda filtración.
12. El resto del solvente se eliminó en una estufa por 18 horas a 70°C.
13. Los trozos de mucílago pasan por un proceso de molienda. El mucílago seco recuperado se colocó en un mortero de porcelana y se trituro hasta obtener un polvo blanquecino relativamente fino. (pág. 3-4).

Consistencia.

Este ensayo se procedió por el método del cono de Abrams en función a los procedimientos para obtención de muestras de los agregados se realizó de

acuerdo a las normas ASTM D 75-97 (1997) Standard Practice for Sampling Aggregates y la Norma Técnica Peruana NTP 339.035 (2009) “Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland”.

Teniendo como referencia que el $f'c$ es de 210 Kg/cm² (21 MPa), el revenimiento a considerar de 0”-3”.

Diseño de mezclas del concreto

Para las mezclas de concreto se realizaron en función al método de ACI 211 para las relaciones agua/cemento de 0.5 respectivamente este diseño de mezclas se elaboró para conocer las cantidades de los materiales intervinientes tanto en el concreto patrón y con la incorporación de mucilago.

Resistencia a la compresión axial.

Cuando cumplan la edad (7, 14, 21 y 28 días) las probetas o testigos de concreto con las dosificaciones de relación a/c = 0.50 y el aditivo del mucilago del cactus, se usó, con relación al peso del cemento de: 0.00; 0.25; 0.50, 0.75 y 1.0, las probetas se ensayaron de acuerdo a la norma ASTM C39/C39M-04a (2004).

Técnicas

Para llevar a cabo la investigación se utilizó las siguientes técnicas:

Cono de Abrams: es una técnica que se utilizó en el ensayo que se le realizó al concreto en su estado fresco para medir su consistencia (fluidez del concreto) tanto en el campo o en el laboratorio. (Normas Técnicas Peruanas 339.035, 2009)

Probetas cilíndricas de concreto: se utilizó para medir la resistencia a la compresión en una máquina de ensayos de compresión, calculándose a partir de

la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra – fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades (Normas Técnicas Peruanas 339.034, 2008)

Tamizado: esta técnica permitió determinar la distribución por tamaño de las partículas mayores que 0,08 mm, de una muestra de suelo (Normas Técnicas Peruanas 400.010, 2001).

Extracción del mucilago del cactus: Se utilizó las técnicas establecidas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y el Centro de Investigación Regional del Norte-Centro Campo Experimental Zacatecas (2011) para facilitar la extracción del mucilago hasta obtener un polvo blanquecino relativamente fino.

3.6. Análisis de datos

Los datos recopilados fueron procesados y tabulados en tablas y gráficos utilizando la estadística descriptiva para la demostración de la hipótesis se utilizó el programa SPSS versión 22.

Análisis estadístico

Prueba de hipótesis

Se realizó la evaluación del efecto de la adición de extracto de mucílago del cactus en concentraciones de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% en base al peso del cemento, sobre la consistencia y la resistencia a la compresión del concreto preparados con 05 tratamientos:

Patrón

T-1= Probeta de concreto sin aditivo: Patrón 1, Patrón 2, Patrón 3, Patrón 4.

Probeta de concreto con aditivo de extracto de mucílago de cactus.

T-2 =Aditivo-0,25%

T-3 =Aditivo-0,50%

T-4 =Aditivo-0,75%

T-5 =Aditivo-1,0%

Para llevar a cabo la evaluación, se realizaron mediciones cuantitativas de la consistencia (con el cono de Abrams) y la resistencia a la compresión del concreto de 7 días, 14 días, 21 días y 28 días de edad.

La medición de la consistencia se realizó en cm:

Consistencia:

- 1 = Seca 0 a menor de 7,62 cm .
- 2 = Plástica (7,62 a 10,16 cm).
- 3 = Fluida (> 12,7 cm).

Y la medición de la resistencia a la compresión se realizó con métodos cuantitativos (Kg/cm^2)

Pruebas de contrastación de hipótesis

Normalidad:

La normalidad del conjunto de datos obtenidos de la medición de los valores absolutos de la consistencia y la resistencia a la compresión del concreto de ensayo de 7 días, 14 días, 21 días y 28 días, fueron evaluados con el test de Shapiro- Wilks.

Contrastación de hipótesis de supuesto de Normalidad

Ho : La distribución de las mediciones de la consistencia y la resistencia a la compresión del concreto con aditivo de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago de cactus, y sin aditivo (patrón), se ajustan a la distribución normal.

Ha: La distribución de las mediciones de la consistencia y la resistencia a la compresión del concreto con aditivo de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago de cactus, y sin aditivo (patrón), no se ajustan a la distribución normal.

a) Contrastación de hipótesis para determinar la relación entre la consistencia del concreto con aditivo de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago del cactus y sin aditivo (patrón)

La consistencia, de las probetas de concreto sin aditivo (patrón) y concreto con aditivo de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago de cactus, se determinó haciendo uso del Cono de Abrams. Para contrastar la relación de la consistencia, se aplicó la prueba “t” de student de muestras pareadas (muestras relacionadas).

Contrastación de hipótesis

Ho : No existe relación significativa en la influencia de la consistencia del concreto con aditivo de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago del cactus y sin aditivo (patrón). No se encuentran relacionados.

Ha: Si existe relación significativa en la influencia de la consistencia del concreto con aditivo de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago del cactus y sin aditivo (patrón). Se encuentran significativamente relacionados.

b) Contrastación de hipótesis para determinar la relación entre la resistencia a la compresión del concreto con aditivo de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago del cactus, y sin aditivo (patrón).

Para contrastar la relación de la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo (patrón) y con aditivos de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílagos de cactus, se aplicó la prueba “t” de student de muestras pareadas (muestras relacionadas).

Contrastación de hipótesis

Ho : No existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto con aditivo de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto del mucílago de cactus, y sin aditivo (patrón).

Ha: Si existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto con aditivo de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto del mucílago de cactus, y sin aditivo (patrón).

Decisión Estadística:

Si $p\text{valor} > 0.05$. Se acepta la Ho

Si $p\text{valor} < 0.05$. Se rechaza la Ho y se acepta la Ha.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados de la consistencia del concreto sin aditivo (patrón) y con aditivo de extracto del mucílago de cactus.

Tabla 6. Promedios semanales de la consistencia (cm) de la muestra patrón y con 0,25% de aditivo

Prueba	Días			
	7	14	21	28
Patrón	4,43	4,26	3,93	3,53
Aditivo (0,25%)	3,43	3,2	2,96	2,66

Fuente: Elaboración Propia

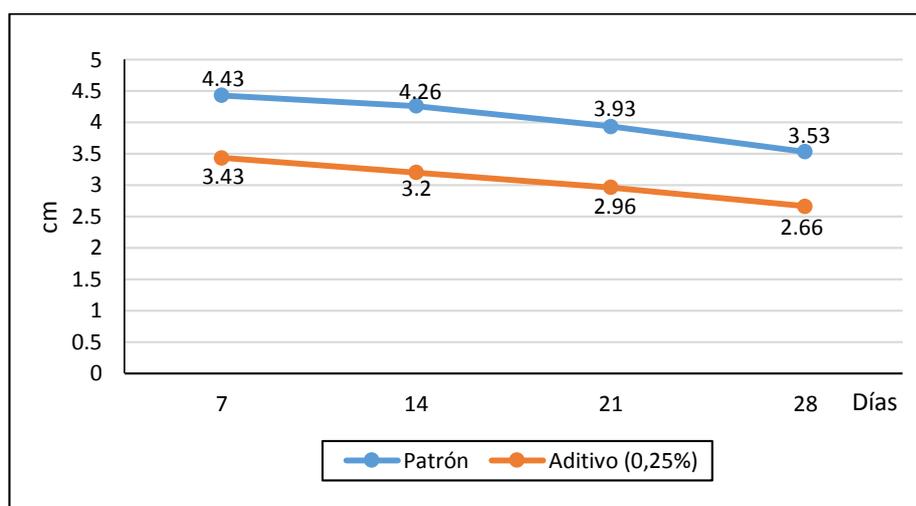


Figura 1. Promedios semanales de la consistencia (cm) de la muestra patrón y con 0,25% de aditivo

Se observa que en la prueba con 0,25% de aditivo la consistencia es menor en comparación con la prueba patrón (Tabla 6 y Figura 1). La reducción de la altura de revenimiento en el patrón es de 3,53 a 4,43 cm en comparación con los valores de 2,66 a 3,43 cm de las muestras de concreto con 0,25% de extracto de mucílago de cactus.

Tabla 7. Promedios semanales de la consistencia (cm) de la muestra patrón y con 0,50% de aditivo

Prueba	Días			
	7	14	21	28
Patrón	4,06	4,3	3,8	3,86
Aditivo (0,50%)	1,46	1,36	1,4	1,6

Fuente: Elaboración Propia

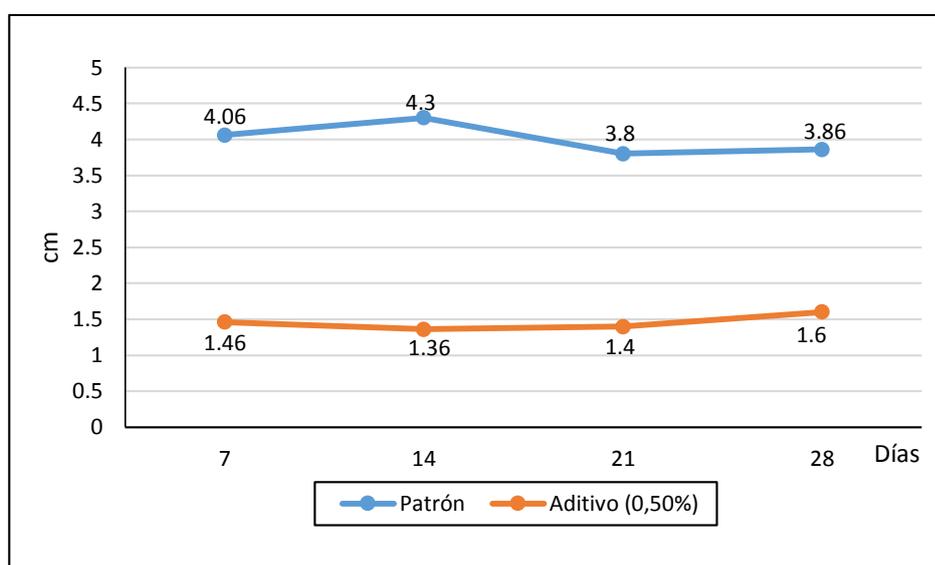


Figura 2. Promedios semanales de la consistencia (cm) de la muestra patrón y con 0,50% de aditivo

En la tabla 7 y figura 2, se observa que la consistencia (cm) de la prueba, con 0,50% de aditivo es menor en relación a la prueba patrón. La reducción de la altura de revenimiento en el patrón es de 3,8 a 4,06 cm en comparación con los valores de 1,36 a 1,46 cm de las muestras de concreto con 0,50% de extracto de mucílago de cactus.

Tabla 8. Promedios semanales de la consistencia (cm) de las muestraspatrón y la muestras con 0,75% de aditivo

Prueba	Días			
	7	14	21	28
Patrón	4,06	4,3	3,8	3,86
Aditivo (0,75%)	1,46	1,36	1,4	1,6

Fuente: Elaboración Propia

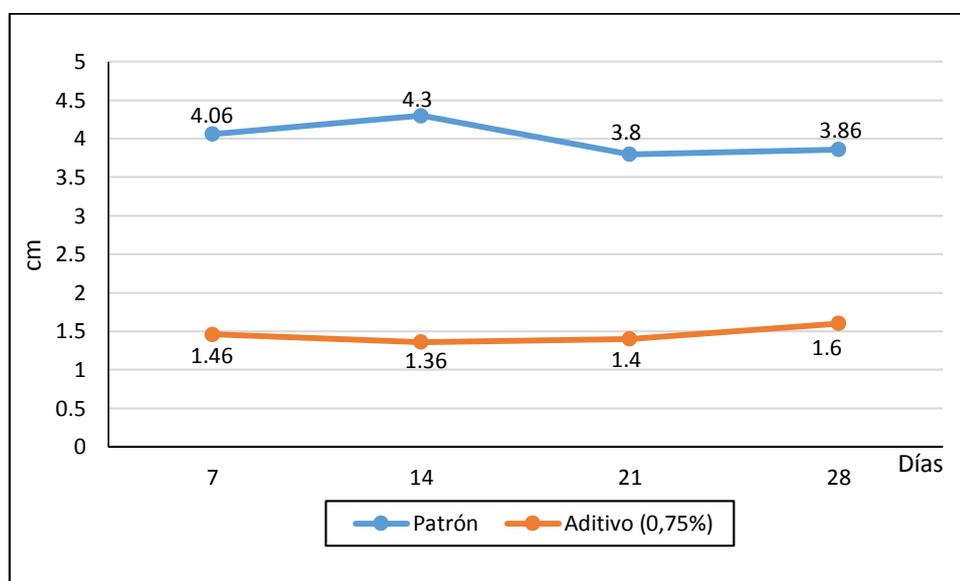


Figura 3. Promedios semanales de la consistencia de la muestra patrón y con 0,75% de aditivo

Se observa a medida que aumenta la concentración del aditivo los valores con el cono de Abrams son menores en comparación con el patrón. La reducción de la altura de revenimiento en el patrón es de 3,8 a 4,06 cm en comparación con los valores de 1,36 a 1,46 cm de las muestras de concreto con 0,75% de extracto de mucílago de cactus.

Tabla 9. Promedios semanales de la Consistencia (cm) de la nuestra patrón y con 1,00% de aditivo

Prueba	Días			
	7	14	21	28
Patrón	4,1	4,1	4,23	3,83
Aditivo (1,0%)	0,53	0,66	0,7	0,86

Fuente: Elaboración Propia

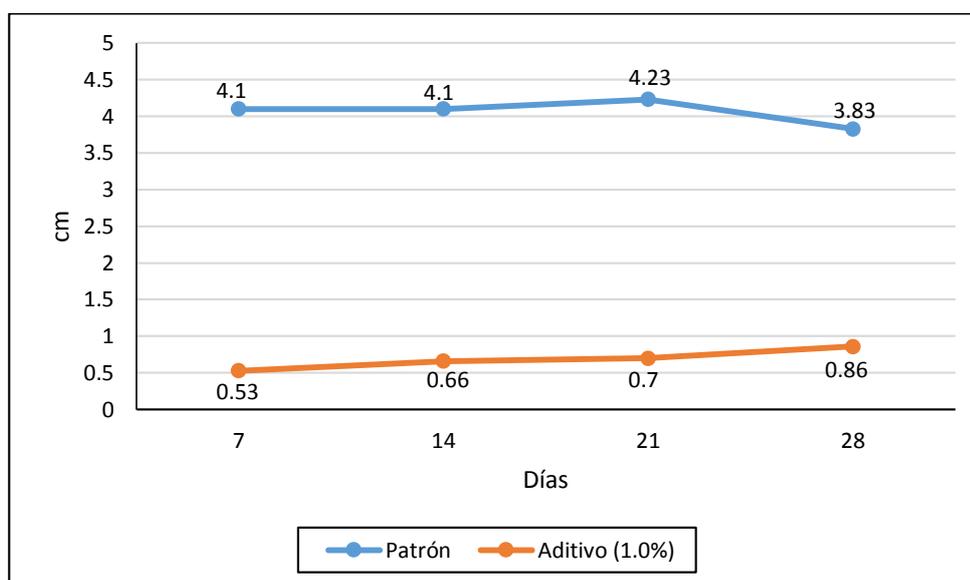


Figura 4. Promedios semanales de la Consistencia (cm) de la muestra patrón y con 1,00% de aditivo

Se nota que a medida que aumenta la concentración del aditivo los resultados con el cono de Abrams las diferencias del revenimiento entre las muestras patrón y con 1.0% de aditivo, son más grandes. La reducción de la altura de revenimiento en el patrón es de 3,83 a 4,23 cm en comparación con los valores de 0,53 a 0,86 cm de las muestras de concreto con 0,75% de extracto de mucílago de cactus.

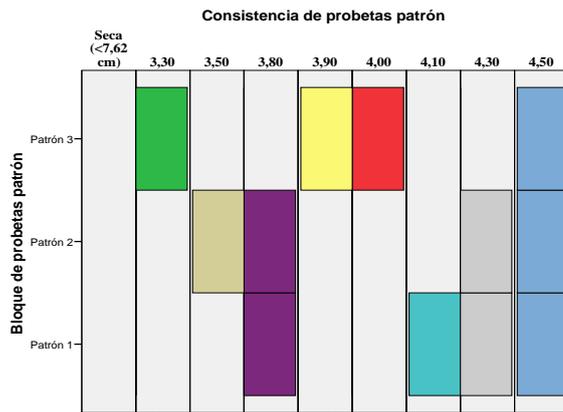


Figura 5. Pirámide consistencia de concreto patrón

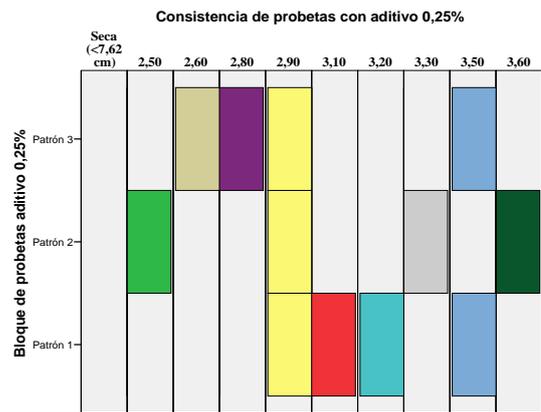


Figura 6. Pirámide consistencia de concreto con aditivo 0,25%.

Los valores de la consistencia determinados con el cono de Abrams, muestran que el 100% de muestras de concreto patrón, tuvieron una consistencia “seca”, con una reducción de la altura de 4,50 cm a 3,80 cm, de igual manera en las muestras de concreto con aditivo de 0,25% de mucílago de cactus, tuvieron una consistencia “seca”, sin embargo la reducción fue menor de 3,60 cm a 2,50 cm.

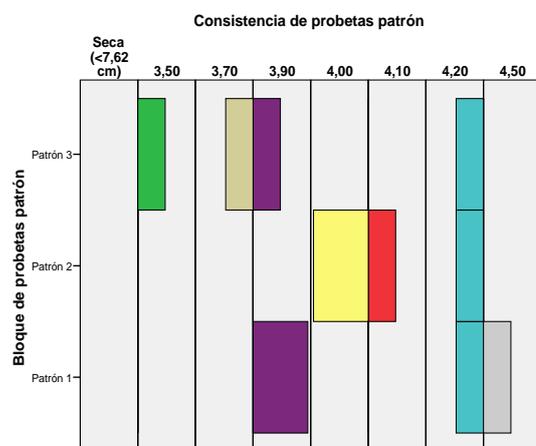


Figura 7. Pirámide consistencia de concreto patrón

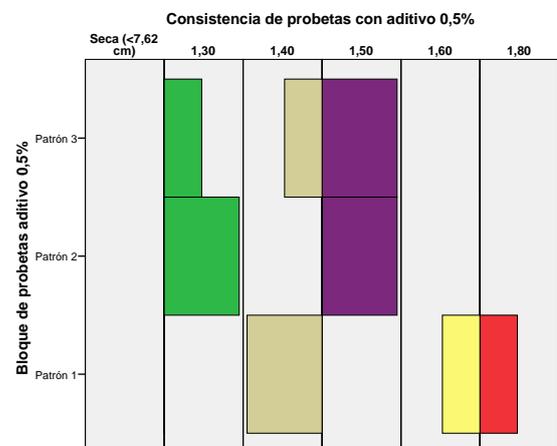


Figura 8. Pirámide consistencia de concreto con aditivo 0,50%.

Los valores de la consistencia evaluados con el cono de Abrams, en las muestras de concreto patrón y con 0,50% de extracto de mucílago de cactus también el 100% tuvieron una “consistencia seca”, con una reducción de la altura de 4,50 cm a 3,50 cm en el patrón mientras que en las muestras de concreto con aditivo de 0,50% de mucílago de cactus, la reducción fue menor de 1,80 cm a 1,30 cm.

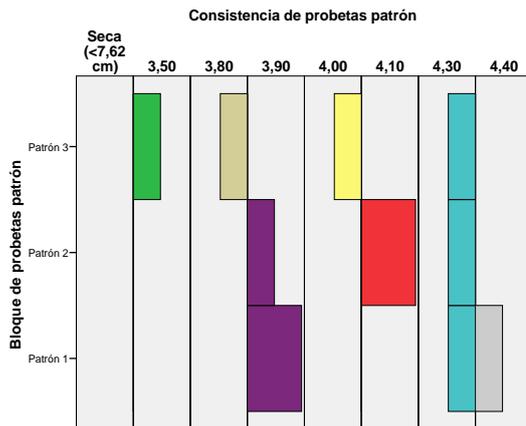


Figura 9. Pirámide consistencia de concreto patrón

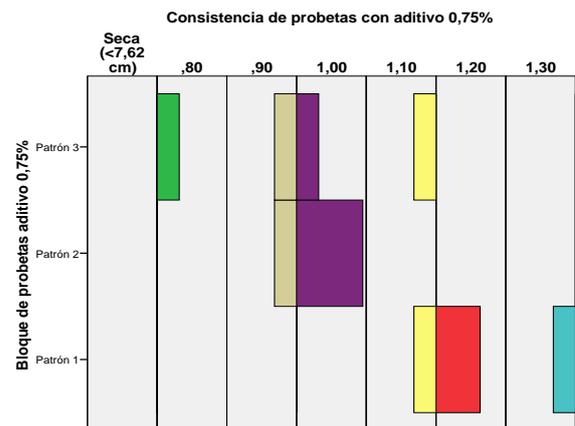


Figura 10. Pirámide consistencia de concreto con aditivo 0,75%.

Los valores de la consistencia determinados con el cono de Abrams, muestran que el 100% de muestras de concreto patrón, tuvieron una “consistencia seca”, con una reducción de la altura de 4,40 cm a 3,60 cm, de igual manera en las muestras de concreto con aditivo de 0,75% de mucílago de cactus, tuvieron una “consistencia seca”, sin embargo la reducción fue mucho menor con revenimiento de 1,30 cm a 0,80 cm.

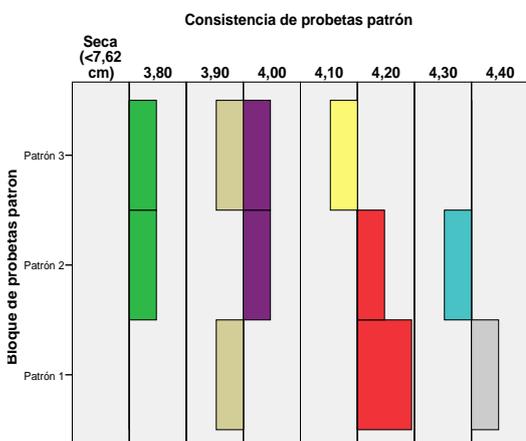


Figura 11. Pirámide consistencia de concreto patrón

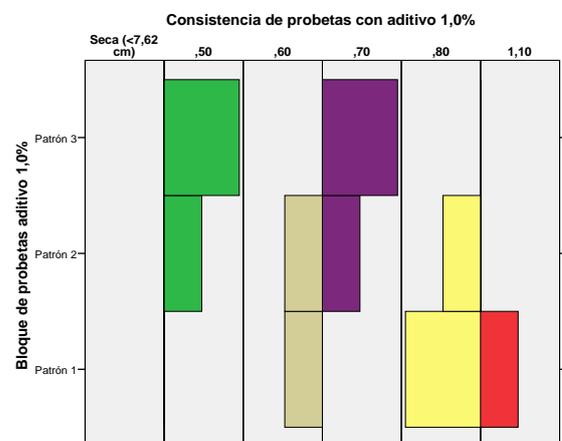


Figura 12. Pirámide consistencia de concreto con aditivo 1,0%.

La adición de 1,0% de extracto de mucílago de cactus al concreto redujo de manera muy significativa el revenimiento de 1,1 cm a 0,5 cm, mientras que en el patrón fue mayor (4,40 cm a 3,80 cm). Se puede inferir que la consistencia de las probetas de concreto son de consistencia más seca, cuando se utiliza el 1,0% de extracto de mucílago de cactus como aditivo al concreto fresco.

4.2 Contrastación de hipótesis de la relación de la consistencia del concreto sin aditivo (patrón) y con aditivo de extracto del mucílago de cactus.

Cumplimiento de supuesto de Normalidad: Test de Shapiro- Wilks

Ho : La distribución de las mediciones de la consistencia de las muestras de concreto con aditivo 0,25%, 0,50%, 0,75% y 1,0%, y sin aditivo, se ajustan a la distribución normal ($p>0,05$).

Ha: La distribución de las mediciones de la consistencia de las muestras de concreto con aditivo 0,25%, 0,50%, 0,75% y 1,0%, y sin aditivo, no se ajustan a la distribución normal ($p<0,05$).

Tabla 10. Prueba de supuesto de Normalidad

Consistencia (cm)		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	df	Sig.
Probetas patrón	Patrón 1	0,989	4	0,952
	Patrón 2	0,946	4	0,691
	Patrón 3	0,973	4	0,860
Probetas con aditivo 0,25%	Patrón 1	0,982	4	0,911
	Patrón 2	0,984	4	0,925
	Patrón 3	0,897	4	0,414
Probetas patrón	Patrón 1	0,863	4	0,272
	Patrón 2	0,863	4	0,272
	Patrón 3	0,989	4	0,952
Probetas con aditivo 0,5%	Patrón 1	0,863	4	0,272
	Patrón 2	0,729	4	0,024
	Patrón 3	0,863	4	0,272
Probetas patrón	Patrón 1	0,811	4	0,123
	Patrón 2	0,945	4	0,683
	Patrón 3	1,000	4	1,000
Probetas con aditivo 0,75%	Patrón 1	0,945	4	0,683
	Patrón 2	0,630	4	0,001
	Patrón 3	0,993	4	0,972
Probetas patrón	Patrón 1	0,926	4	0,572
	Patrón 2	0,963	4	0,798
	Patrón 3	0,993	4	0,972
Probetas con aditivo 1,0%	Patrón 1	0,926	4	0,572
	Patrón 2	0,993	4	0,972
	Patrón 3	0,729	4	0,024

(a) Corrección de significancia de Lilliefors

Los valores de la tabla 10, muestran que los datos cumplen con el supuesto de normalidad cuyos valores se ajustan a la distribución normal ($p\text{valor} > 0.05$). Se acepta la H_0

Tabla 11. Estadísticos de la consistencia de muestras relacionadas de pruebas patrón y con aditivos

Consistencia de probetas (cm)		Media	N°	D. estándar	Error estándar
Pair 1	Patrón	4,0417	12	0,39877	0,11511
	Con aditivo 0,25%	3,0667	12	0,36013	0,10396
Pair 2	Patrón	4,0083	12	0,26097	0,07534
	Con aditivo 0,5%	1,4583	12	0,14434	0,04167
Pair 3	Patrón	4,0417	12	0,26097	0,07534
	Con aditivo 0,75%	1,0417	12	0,14434	0,04167
Pair 4	Patrón	4,0667	12	0,19695	0,05685
	Con aditivo 1,0%	0,6917	12	0,17299	0,04994

Así mismo en la tabla 11, se nota que la consistencia en cm en todas las muestras son menores que el patrón, debido a las propiedades funcionales del mucílago del cactus tiene una acción directa sobre la fluidez del concreto al ligar el agua libre permitiendo una mejor uniformidad en la mezcla, evitando la formación de oquedades en los bloques de concreto debilitando su consistencia.

Contrastación de hipótesis de la relación entre las consistencias de las muestras de concreto patrón y con aditivo de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0%.

Ho : No existe relación significativa en la influencia de la consistencia del concreto con la adición de: 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago del cactus (muestras experimentales), y sin aditivos (muestras patrón) . No se encuentran relacionados.

Ha: Si existe relación significativa en la influencia de la consistencia del concreto con la adición de: 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago del cactus (muestras experimentales), y sin aditivos (muestras patrón). Se encuentran relacionados.

Tabla 12. Prueba “t” de student de la consistencia para muestras relacionadas de las pruebas patrón y con aditivos.

	Consistencia relacionadas	Media	D. estd	E. estd media	95% del IC de confianza de la diferencia		t	df	Sig (2-colas)
					Inferior	Superior			
Par 1	Patrón - Probetas con aditivo 0,25%	0,975	0,1288	0,0372	0,89316	1,05684	26,222	11	0,00
Par 2	Patrón - Probetas con aditivo 0,5%	2,550	0,3233	0,0933	2,34456	2,75544	27,320	11	0,000
Par 3	Patrón - Probetas con aditivo 0,75%	3,000	0,3015	0,0870	2,80843	3,19157	34,467	11	0,000
Par 4	Patrón - Probetas con aditivo 1,0%	3,375	0,2767	0,0799	3,19916	3,55084	42,245	11	0,000

Interpretación:

La consistencia de las muestras de concreto fresco se encuentran relacionadas con adición de: 0,25%; 0,50%; 0,75% y 1,0% de aditivo (pvalor=0,00). Se acepta la Ha.

Tabla 13. Correlación de muestras relacionadas de concreto patrón y con aditivos de 0,25%; 0,50%; 0,75% y 1,0% (muestras de investigación).

	Consistencia (cm)	N°	Correlación	Sig.
Pair 1	Probetas patrón & Probetas con aditivo 0,25%	12	0,947	0,000
Pair 2	Probetas patrón & Probetas con aditivo 0,5%	12	-0,207	0,518
Pair 3	Probetas patrón & Probetas con aditivo 0,75%	12	-0,260	0,936
Pair 4	Probetas patrón & Probetas con aditivo 1,0%	12	-0,116	0,720

Ho : La adición de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago de cactus , no influye en la consistencia del concreto fresco. La correlación es no significativa.

Ha: La adición de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago de cactus, si influye en la consistencia del concreto fresco. La correlación es significativa.

Interpretación:

La adición de 0,25% de extracto de mucílago de cactus, influye muy significativamente en la consistencia de las muestras de concreto fresco. La correlación es altamente significativa ($r=0,947$; $p\text{valor}=0,00$). Se acepta la Ha.

La adición de 0,50% ($r=-0,207$, $p\text{valor}=0,518$); 0,75% ($r=-0,260$; $p\text{valor}=0,936$) y 1,00% ($r=-0,116$; $p\text{valor}=0,518$) de extracto de mucílago de cactus, no influye significativamente en la consistencia de las muestras de concreto fresco. La correlación es poco significativa ($r<0,5$). Se acepta la Ho.

x = (cm) patrón

y = (cm) aditivo

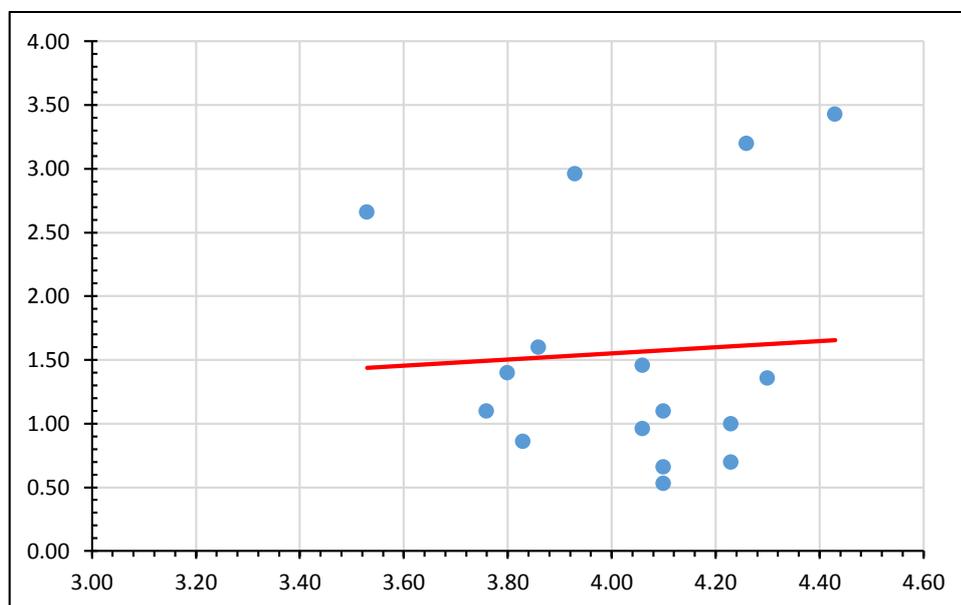


Figura 13. Gráfica de esparcimiento de la consistencia (cm) de las probetas patrón y las probetas con aditivo

La figura13, muestra una correlación lineal baja en la prueba de consistencia, debido a que el mucílago de cactus liga el agua libre sin embargo es una ventaja para que el concreto tenga mejor estabilidad y fortaleza .

4.3 Resultados de la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo (patrón) y con aditivo de extracto del mucílago de cactus.

Tabla 14. Promedios semanales de la resistencia a la compresión $f'c$ de la prueba patrón y la prueba con 0,25% de aditivo

Prueba	Días			
	7	14	21	28
Patrón	138,87	144,54	156,73	212,63
Desv. estándar	20,77	19,67	9,75	5,95
Aditivo (0,25%)	173,43	176,87	182,57	239,63
Desv. estándar	10,85	13,51	16,60	15,29

Fuente: Elaboración Propia

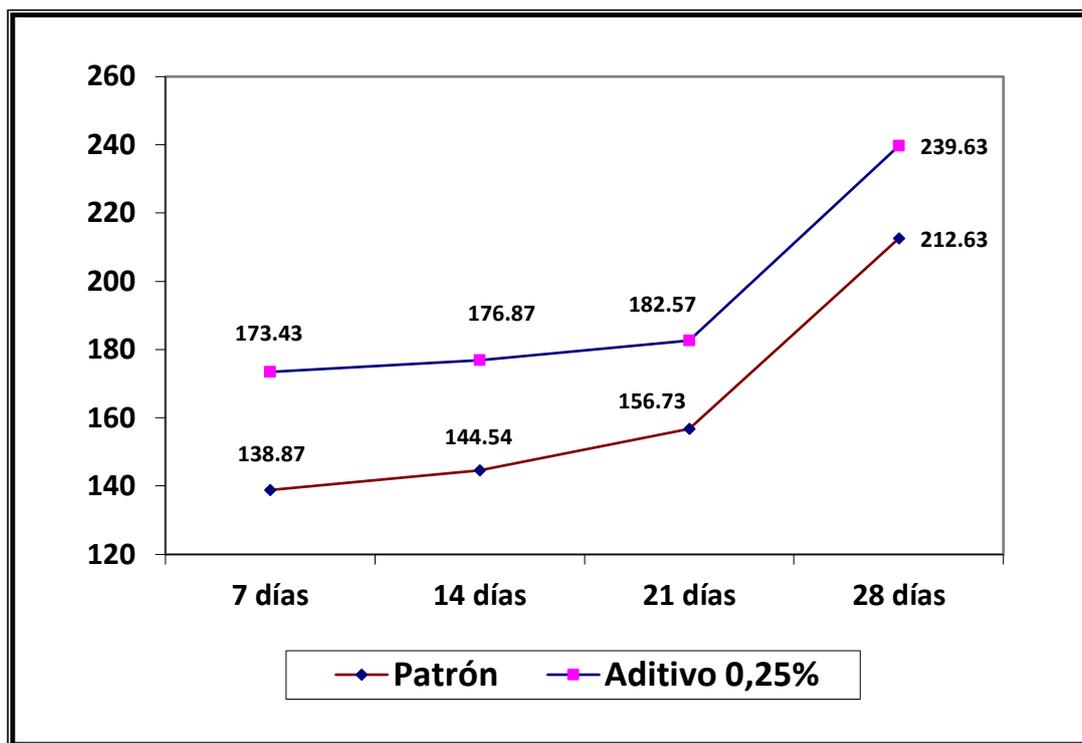


Figura 14. Promedios semanales de la resistencia a la compresión ($f'c$) de la muestra patrón y con 0,25% de aditivo

La Tabla 14 y la Figura 14, muestran los resultados de la resistencia a la compresión tanto de prueba patrón así como de la prueba experimental con 0,25% de aditivo, el cual tuvo mayor resistencia $f'c$ que su similar patrón.

Tabla 15. Promedios semanales de la Resistencia a la compresión ($f'c$) de la Prueba Patrón y la Prueba con 0,50% de aditivo

Prueba	Días			
	7	14	21	28
Patrón	146,77	153,17	161,87	217,77
Desv. estándar	16,32	6,98	8,69	11,95
Aditivo (0,50%)	163,5	170,43	179,93	222,57
Desv. estándar	16,01	27,32	16,36	24,66

Fuente: Elaboración Propia

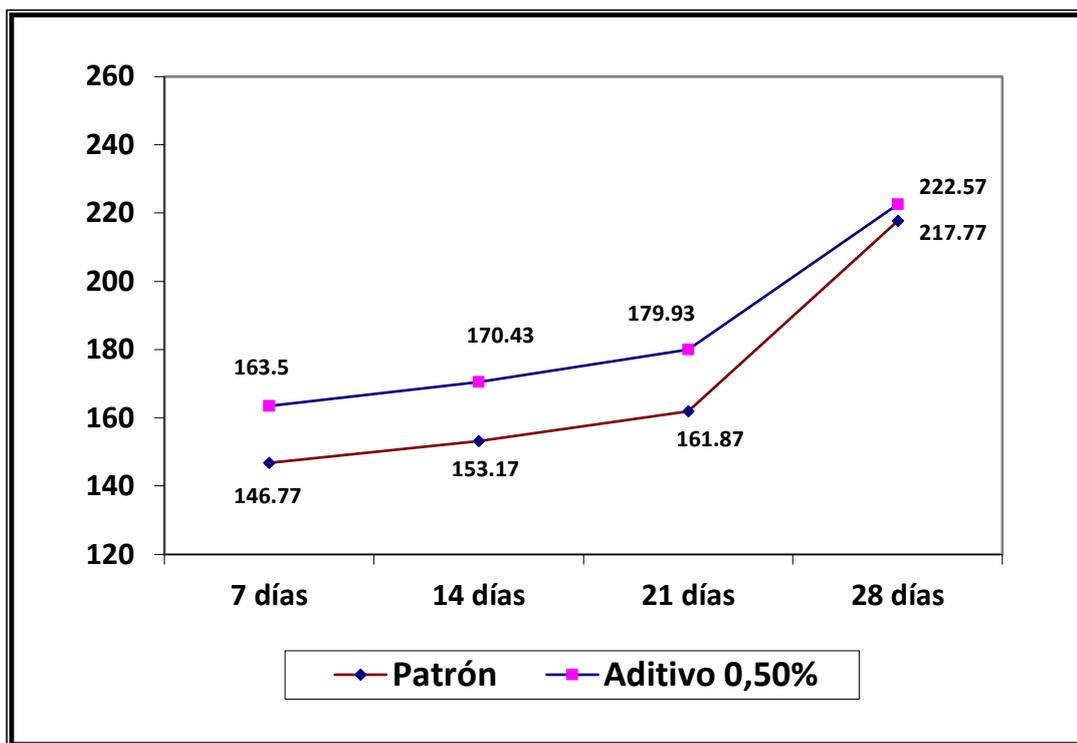


Figura 15. Promedios semanales de la resistencia a la compresión ($f'c$) de la muestra patrón y con 0,50% de aditivo

Se observa que el comportamiento de la prueba patrón así como la prueba con aditivo con 0,50% son similares a la Prueba con 0,25 % de aditivo.

Tabla 16. Promedios semanales de la resistencia a la compresión ($f'c$) de la Prueba Patrón y la Prueba con 0,75% de aditivo

Prueba	Días			
	7	14	21	28
Patrón	139,73	153,87	169,47	209,40
Desv. estándar	13,49	10,30	7,64	12,80
Aditivo (0,75%)	156,23	167,63	177,03	218,63
Desv. estándar	29,10	18,71	13,23	10,42

Fuente: Elaboración Propia.

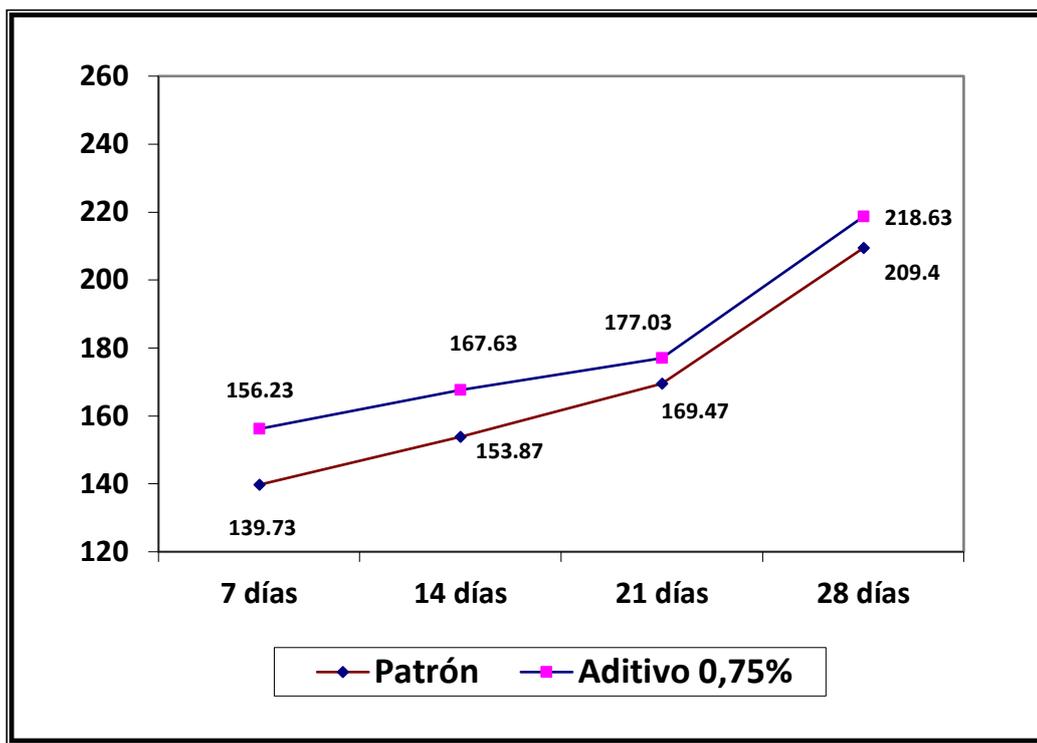


Figura 16. Promedios semanales de la resistencia a la compresión ($f'c$) de la muestra patrón y con 0,75% de aditivo.

Se observa que la tendencia fue ascendente, mayor en el caso de la muestra con aditivo 0,75%.

Tabla 17. Promedios Semanales de la Resistencia a la Compresión de la Prueba Patrón y la prueba con 1,00% de aditivo

Prueba	Días			
	7	14	21	28
Patrón	145,87	166,23	182,10	213,13
Desv. estándar	14,26	18,94	6,50	7,63
Aditivo (1,0%)	157,67	168,33	179,33	228,43
Desv. estándar	16,01	8,18	15,02	12,64

Fuente: Elaboración Propia

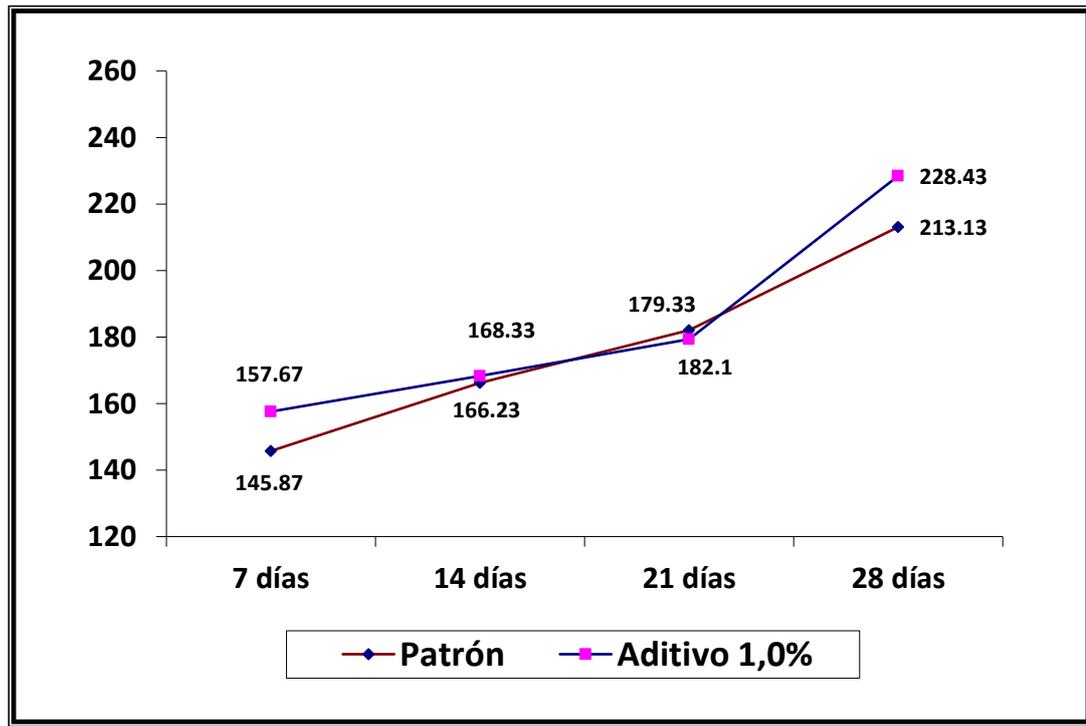


Figura 17. Promedios semanales de la resistencia a la compresión de la muestra patrón y con 1,0% de aditivo

En la Tabla 17 y la Figura 17, se observa que a partir del 14vo día baja la resistencia a la compresión de la muestra con aditivo hasta los 21 días, mientras a los 28 días la muestra con aditivo es mayor que el patrón.

4.4 Contrastación de hipótesis de la relación de la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo (patrón) y con aditivo de extracto del mucílago de cactus.

Contrastación de hipótesis de Normalidad: Test de Shapiro- Wilks

H_0 : La distribución de los valores de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con aditivo 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0%, de extracto de mucílago del cactus, y sin aditivo, se ajustan a la distribución normal ($p > 0,05$).

H_a : La distribución de las mediciones de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con aditivo 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0%, de extracto de

mucílago del cactus, y sin aditivo, se ajustan a la distribución normal ($p < 0,05$).

Tabla 15. Prueba de supuesto de Normalidad

Tabla 18. Prueba de supuesto de Normalidad

Resistencia (Kg/cm ²)		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	df	Sig.
Probetas patrón	Patrón 1	0,989	4	0,952
	Patrón 2	0,946	4	0,691
	Patrón 3	0,973	4	0,860
Probetas con aditivo 0,25%	Patrón 1	0,982	4	0,911
	Patrón 2	0,984	4	0,925
	Patrón 3	0,897	4	0,414
Probetas patrón	Patrón 1	0,863	4	0,272
	Patrón 2	0,863	4	0,272
	Patrón 3	0,989	4	0,952
Probetas con aditivo 0,5%	Patrón 1	0,863	4	0,272
	Patrón 2	0,729	4	0,024
	Patrón 3	0,863	4	0,272
Probetas patrón	Patrón 1	0,811	4	0,123
	Patrón 2	0,945	4	0,683
	Patrón 3	1,000	4	1,000
Probetas con aditivo 0,75%	Patrón 1	0,945	4	0,683
	Patrón 2	0,630	4	0,001
	Patrón 3	0,993	4	0,972
Probetas patrón	Patrón 1	0,926	4	0,572
	Patrón 2	0,963	4	0,798
	Patrón 3	0,993	4	0,972
Probetas con aditivo 1,0%	Patrón 1	0,926	4	0,572
	Patrón 2	0,993	4	0,972
	Patrón 3	0,729	4	0,024

(a) Corrección de significancia de Lilliefors

Se cumple con el supuesto de normalidad cuyos valores se ajustan a la distribución normal ($p\text{valor} > 0.05$). Se acepta la H_0

Tabla 16. Estadísticos de la resistencia de muestras relacionadas de pruebas patrón y con aditivos

Resistencias de probetas (Kg/cm ²)		Media	Nº	D. estándar	Error estándar
Pair 1	Patrón	166,9033	12	33,27369	9,60529
	Con aditivo 0,25%	196,3475	12	29,04623	8,38492
Pair 2	Patrón	173,2417	12	31,62435	9,12916
	Con aditivo 0,5%	189,1842	12	33,53998	9,68216
Pair 3	Patrón	171,5167	12	29,43513	8,49719
	Con aditivo 0,75%	183,4317	12	30,15275	8,70435
Pair 4	Patrón	180,1233	12	28,77206	8,30578
	Con aditivo 1,0%	187,0592	12	31,07833	8,97154

En la tabla 19, se nota que el promedio de los valores de la resistencia a la compresión en Kg/cm² en todas las muestras evaluadas con 4 diferentes concentraciones de aditivo (0,25; 0,5; 0,75 y 1,0 de extracto de mucílago de cactus) son mayores que las probetas patrón (sin aditivo). El mucilago de cactus tiene un buen desempeño reduciendo el agua libre previniendo el agrietamiento en el concreto endurecido, es decir que actúa como agente modificador de la viscosidad, mayor resistencia a la segregación de la mezcla, lo que repercute en la mayor resistencia a la compresión mecánica del concreto.

Contrastación de hipótesis de la relación entre las fuerzas de resistencia a la compresión de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,25, 0,50; 0,75 y 1,0%

Ho : No existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto con el aditivo de: 0,25, 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago de cactus (muestras experimentales), y sin aditivo (muestras patrón).

Ha: Si existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto con el aditivo de: 0,25, 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago de cactus (muestras experimentales), y sin aditivo (muestras patrón).

Tabla 20. Prueba “t” de student para muestras relacionadas del patrón y con aditivos.

	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Media	D. estd	E. estd media	95% del IC de confianza de la diferencia		t	df	Sig (2-colas)
					Inferior	Superior			
Par 1	Patrón - Probetas con aditivo 0,25%	-28,86667	16,89305	4,87660	-39,60000	-18,13333	-5,919	11	0,000
Par 2	Patrón - Probetas con aditivo 0,5%	-13,01667	13,05365	3,76827	-21,31056	-4,72277	-3,454	11	0,005
Par 3	Patrón - Probetas con aditivo 0,75%	-11,76667	20,43942	5,90035	-24,75325	1,21992	-2,994	11	0,042
Par 4	Patrón - Probetas con aditivo 1,0%	-6,60833	16,21825	4,68181	-16,91292	3,69625	-1,411	11	0,186

Interpretación:

La resistencia a la compresión mecánica de las probetas se encuentran relacionadas con concentración de aditivo (0,25%; 0,50%; 0,75% y 1,0%). Existe relación significativa en los tratamientos de las probetas con 0,25% (pvalor = 0,000) y 0,50% (pvalor = 0,008). Se acepta Ha, mientras que en los tratamientos con 0,75% (pvalor = 0,073) y 1,0% (pvalor = 0,174), las diferencias son no significativas. Se acepta la Ho.

Tabla 17. Correlación de muestras relacionadas a la resistencia de concreto patrón y con aditivos de 0,25%; 0,50%; 0,75% y 1,0% (muestras de investigación).

	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Nº	Correlación	Sig.
Pair 1	Probetas patrón y probetas con aditivo 0,25%	12	0,856	0,000

Pair 2	Probetas patrón y probetas con aditivo 0,5%	12	0,862	0,000
Pair 3	Probetas patrón y probetas con aditivo 0,75%	12	0,756	0,004
Pair 4	Probetas patrón y probetas con aditivo 1,0%	12	0,850	0,000

Ho : La adición de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago de cactus , no influye en la resistencia a la compresión del concreto endurecido. La correlación no es significativa.

Ha: La adición de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago de cactus, si influye en la resistencia del concreto endurecido. La correlación es significativa.

Interpretación:

La adición de 0,25% ($r=0,856$; $pvalor=0,000$); 0,50% ($r=0,862$; $pvalor=0,000$); 0,75% ($r= 0,756$; $pvalor=0,004$) y 1,00% ($r=0,850$; $pvalor=0,000$) de extracto de mucílago de cactus, influye significativamente en la resistencia a la compresión de las muestras de concreto fresco. La correlación es altamente significativa. Se acepta la Ho.

$x = f'c$ patrón

$y = f'c$ 0,5% aditivo

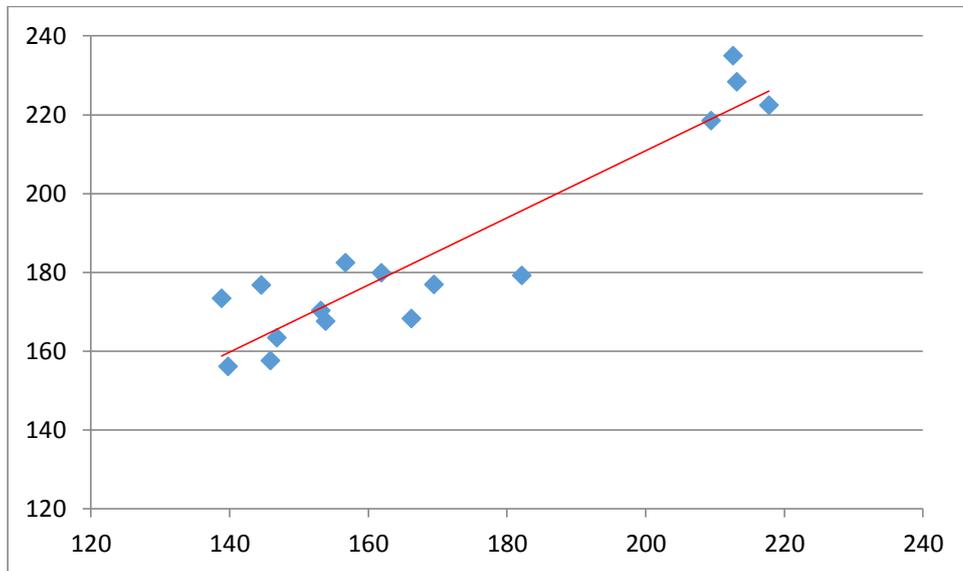


Figura 14. Gráfico de la dispersión de valores de resistencia a la compresión ($f'c$) de las probetas patrón y las probetas con aditivo (0,25, 0,50; 0,75 y 1,0%)

La Figura 18, muestra una a correlación lineal alta en las resistencias de las muestras patrón y el uso de aditivos de 0,25%, 0,5%, 0,75% y 1,0%, de extracto de mucílago de cactus (muestras experimentales).

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo los resultados obtenidos en la presente investigación experimental, para los concretos con el uso de aditivos del extracto del mucílago del cactus y las pruebas patrón nos permite llegar a las discusiones siguientes:

1. Con respecto a la consistencia se observa en todos los casos, tanto en las pruebas patrón como en las pruebas experimentales con aditivo (0,25%, 0,50%, 0,75% y 1,00%) que es muy baja lo que indica que los valores del revenimiento tuvieron una menor dispersión y por tanto mayor homogeneidad en los resultados de las pruebas. Así mismo en las pruebas experimentales realizadas con aditivos se observó que la consistencia (cm) (fluidez) en todos los casos es menor que las pruebas patrones y que a medida que se va agregando más aditivo los resultados de las pruebas experimentales cada vez son más bajos haciendo que la mezcla sea menos fluida (consistencia seca).
2. En todas las pruebas, las tendencias de la consistencia (cm) de las muestras experimentales con aditivo son menores a las muestras patrones, (cm). La curva de dispersión por la adición del 0,25% muestra homogeneidad al igual que en la prueba patrón, durante las 04 semanas que duró la experiencia (Tabla 6 y figura 1), sin embargo cuando el porcentaje de aditivo es del 0,5%, y 0,75% se observa diferencias cuando se compara con la curva de dispersión de las muestras patrones, que aumenta en las primeras 2 semanas y luego disminuye en las otras 2 semanas (Tablas 7, 8 y figuras 2, 3). En cambio, cuando el aditivo es del 1,0%, las diferencias son no significativas dentro de las 3 semanas, disminuyendo significativamente durante la 4ta semana (Tabla 9 y figura 4). Esto debido a que

la desviación estándar fue similar tanto en las muestras patrón y con 0,25% de aditivo, y mucho mayores cuando los patrones se compararon con las muestras con 0,50%; 0,75% y 1,0% de aditivo (Tabla 11).

3. Analizando los resultados, se determinó que el mucílago utilizado como aditivo (0,25%, 0,50%, 0,75% y 1,00%) ha demostrado influye en la consistencia (cm) y la resistencia a la compresión del concreto en las pruebas experimentales realizadas, posiblemente esto conlleve a su aplicación en la construcción tal como lo refiere(Álvarez, 2003), citado por el (Ministerio del Ambiente, 2013).
4. La adición del extracto de mucílago de cactus influye significativamente la consistencia de las muestras de concreto. La prueba t de student para muestras relacionadas, evidencia que existen diferencias significativas en la consistencia de las muestras, observándose una relación inversamente proporcional entre el revenimiento de la mezcla de concreto fresco y el uso de porcentajes de extracto de mucílago de cactus. A mayor proporción de aditivo menor es el revenimiento o menor capacidad de flujo de la mezcla siendo de consistencia “seca”. El pvalor de la prueba t de student para muestras relacionadas demuestra que las dosificaciones de 0,25, 0,50, 0,75 y 1,0% en todas las muestras es $p < 0,05\%$ ($pvalor = 0,00$), por lo que se infiere que la dosificación de 0,75 y 1,0% del aditivo influye con mayor significancia la consistencia y la uniformidad de la mezcla de concreto (Tabla 12).
5. El uso del extracto de mucílago de cactus a dosificación de 0,25%, influyen significativamente en la consistencia de las muestras de concreto, cuyo índice de correlación es altamente significativa ($r=0,947$; $pvalor=0,00$). Las evidencias

estadísticas en la contrastación de hipótesis demuestran que los porcentajes de adición del extracto de mucílago de cactus produce influencias altamente significativas, en la uniformidad de la mezcla, mejor asentamiento y menor riesgo de derrumbamiento o desprendimiento de la mezcla, sin embargo, debido a la homogeneidad de la mezcla en la consistencia en el cono de Abrams y la mínima reducción en el revenimiento de la mezcla con aditivo, por tanto, la correlación de la consistencia con la adición de 0,50; 0,75 y 1,0% (Tabla 13), de extracto de mucílago de cactus es poco significativa ($r < 0,5$), mientras que a porcentajes de 0,25% de aditivo, se puede observar que la correlación es altamente significativa ($r = 0,947$ $p > 0,05$). Esto debido a que el revenimiento de las muestras experimentales fueron muy bajas y con una desviación mucho menor que lo observado al revenimiento de las muestras patrones. Los resultados de las pruebas experimentales tienden a ser más bajas, cuánto más aditivo se agregue a la mezcla con respecto a la prueba patrón.

6. Estos resultados se corroboran con lo reportado por (Ramírez, Cano, Julián, & Gómez, 2012) quién demostró que el mucílago de nopal incrementa la viscosidad del concreto y (Ramírez S. , 2008) que concluyó que el mucílago de nopal como aditivo natural incrementa la viscosidad y disminuye la extensibilidad de las pastas de cemento.
7. Respecto a la resistencia a la compresión comparando las pruebas experimentales con diferentes concentraciones de aditivo (0,25%, 0,50%, 0,75% y 1,00% con sus respectivas pruebas patrones se llegó a determinar que las muestras con aditivo (extracto de mucílago de cactus) tuvieron un mejor desempeño y/o mayor

resistencia a la compresión que sus similares a las muestras patrones durante el tiempo que duro el experimento (28 días).

8. En las cuatro pruebas realizadas se determinó que la resistencia a la compresión aumenta a medida que transcurre el tiempo de la prueba al igual que sus similares patrones que también tuvieron el mismo comportamiento (Tablas 14; 15; 16; 17 y figuras 14; 15; 16; 17). Al respecto (Hernández & Serrano, 2003), citadopor(De León, 2012, págs. 49-50)en un estudio Uso del Nopal en la industria de la construcción observaron que la adición de 0,5 g, de mucílago liofilizado de nopal mejoraba las características mecánicas de la mezcla, con una mejor resistencia a la compresión. Primo (2014) determinó el efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus indica*) en la resistencia a compresión del concreto demostrando que las probetas con adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus indica*) al 1,00 % en peso de cemento, incrementaron la resistencia de la compresión o del concreto en un 21%.

9. La adición del extracto de mucílago de cactus influye significativamente la resistencia a la compresión de las muestras de concreto. La prueba t de student para muestras relacionadas, evidencia que existen diferencias significativas en la resistencia a la compresión de las muestras, observándose una relación directamente proporcional entre la resistencia y el incremento del aditivo de extracto de mucílago. A mayor proporción de aditivo, mayor es la resistencia a la compresión. La prueba t de student demuestra que existe relación significativa cuando la dosificación del aditivo es 0,25% y 0,50% (pvalor <0,05), mientras que a dosificaciones de 0,75% y 1,0%, las diferencias son no significativas, sin

embargo, se puede inferir que la dosificación de 0,25; 0,50; 0,75; y 1,0% del aditivo, le dan al concreto endurecido mayor fortaleza y resistencia a la compresión mecánica que las muestras patrón.

10. El uso del extracto de mucílago de cactus a dosificaciones de 0,25%, 0,50%, 0,75% y 1,0%, influyen significativamente en la resistencia a la compresión ($f'c$) cuyo índice de correlación es altamente significativa. Las evidencias estadísticas en la contrastación de hipótesis demuestran que a porcentajes de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% el extracto de mucilago de cactus produce mejoras altamente significativas, en la fortaleza y menor riesgo de roturas. La correlación es muy fuerte, directa y altamente significativa por la adición del aditivo a 0,25% ($r = 0,856$), 0,50% ($0,862$), 0,75 ($0,756$) y 1,0% ($0,850$),

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a las Hipótesis de la presente investigación experimental, los resultados hallados para los concretos con el uso de aditivos del extracto del mucílago del cactus y el concreto patrón nos permitió llegar a las conclusiones siguientes:

1. El uso del extracto del mucílago del cactus como aditivo influye directamente en la consistencia (cm) del concreto en estado fresco y en la resistencia a la compresión ($f'c$) en estado endurecido, comparadas con probetas patrón sin aditivos. La prueba T de student para muestra relacionadas, evidencia que existen diferencias significativas en la consistencia de las muestras observándose una relación inversamente proporcional entre la mezcla del concreto fresco y el uso de porcentaje del extracto del mucílago del cactus; asimismo la dosificaciones del mucílago del cactus 0,25%, 0,50%, 0,75% y 1.0% influye significativamente en la resistencia a la compresión (kg/cm^2) cuyo índice de correlación es altamente significativa a,0,25% ($r = 0,856$), 0.50% ($r=0,862$), 0,75% ($r=0,756\%$) y 1.0% ($r=0,850\%$)
2. El uso como aditivo del extracto de mucílago de cactus influye directamente en la consistencia del concreto comparado con las probetas patrón sin aditivos ya que el pvalor de la prueba T de student demuestra influencia significativa en la consistencia de las probetas experimentales con aditivos de 0,25, 0,50, 0,75 y 1,0% ($p = 0.00$). Son de consistencia seca con valores pequeños de revenimiento de la mezcla (máximo, 1,80 cm; mínimo, 0,5 cm), por lo que a dosificaciones de 0,50; 0,75 y 1,0%, la correlación es poco significativa

mientras que la correlación es altamente significativa con dosificación del 0,25% ($r= 0,947$); con valores mayores de revenimiento de la mezcla (máximo, 3,60 cm y mínimo, 2,50 cm).

3. El uso como aditivo del extracto del mucílago del cactus influye directamente en la resistencia a la compresión (kg/cm^2), del concreto ya que el pvalor de la prueba T de student para muestras relacionadas demuestra que existe relación significativa cuando a la pasta de cemento se le adicionó 0,25 y 0,50% de aditivo (pvalor $<0,05$), y relación no significativa cuando la proporción de aditivo es 0,75% y 1,0% (pvalor $>0,05$), sin embargo, todas las muestras experimentales presentaron mayor fortaleza y resistencia a la compresión mecánica que las muestras patrón.

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se arriban de las observaciones efectuadas durante la investigación experimental son las siguientes:

1. El uso del extracto del mucilago del cactus, para ver su influencia en el concreto tanto en estado fresco y endurecido dentro de estas la consistencia y la resistencia a la compresión, debe de evaluarse con otras dosificaciones y en función a mayores tiempos. En otras localidades del departamento de Ancash y del Perú.
2. El uso del aditivo del extracto del mucilago del cactus, así como se ha determinado la influencia en la consistencia en el concreto fresco, debe de evaluarse con otras dosificaciones y compararlas con el concreto patrón.
3. El uso del aditivo del extracto del mucilago del cactus, así como se ha determinado la influencia en la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido, debe de evaluarse con otras dosificaciones y compararlas con el concreto patrón a mayores tiempos de los 28 días.
4. Continuar con el análisis del uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus, para ver las influencias en las demás propiedades del concreto en estado fresco y endurecido del concreto.
5. Finalmente se recomienda analizar las propiedades físicas y químicas del cactus, en las provincias del departamento de Ancash, para determinar de qué manera influye en el concreto en sus estados.

VIII. REFERENCIAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos.
- Abraján, M. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del Nopal (Opuntia ficus-indica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Alarcon, F., Valdez, A., Santiago, T., Jimenez, M., Hern, E., & Roman, R. (2003). Hypoglycemic activity of two polysaccharides isolated from *Opuntia ficus-indica* and *O. streptacantha*. *Proceedings of the Western Pharmacology Society*, 46(139).
- Álvarez, P. &. (2003). Uso e importancia de las cactáceas en la Cultura Churajón (Dpto. de Arequipa). *Quepo*, 17, 20-26.
- American Society of Testing Materials C 136. (1993). *Método de Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos*. Pensilvania, Estados Unidos: ASTM.
- American Society of Testing Materials C 29. (1997). *Método de ensayo estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de huecos en los agregados*. Pensilvania, Estados Unidos: ASTM.
- American Society of Testing Materials C 566. (2004). *Método de Ensayo Normalizado para Medir el Contenido Total de Humedad Evaporable en Agregados Mediante Secado*. ASTM.
- American Society of Testing Materials C 566. (2004). *Método de Ensayo Normalizado para Medir el Contenido Total de Humedad Evaporable en Agregados Mediante Secado*. Pensilvania, Estados Unidos: ASTM.

American Society of Testing Materials C127. (2015). Método de prueba para la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso. *ASTM*.

American Society of Testing Materials C143. (2008). *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. American Society for Testing and Materials.

American Society of Testing Materials C150/C150M. (2017). Especificación estándar para cemento Portland. *ASTM*.

American Society of Testing Materials C33/C33M. (2016). Especificación Normalizada para Agregados para Concreto. *ASTM*.

American Society of Testing Materials C39. (2014). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. American Society for Testing and Materials.

American Society of Testing Materials C39/C 39 M – 04a. American Society of Testing Materials C39. (2014). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. American Society for Testing and Materials.

American Society of Testing Materials C39/C39-04a. (2004). Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto. *ASTM*.

American Society of Testing Materials C40-04. (2004). *Método de Ensayo Normalizado para la Detección de Impurezas Orgánicas en Agregados Finos para Concreto*. Pensilvania, Estados Unidos: *ASTM*.

American Society of Testing Materials C469-02. (2002). Método de prueba para el módulo estático de elasticidad y la relación de Poisson del hormigón en la compresión. *ASTM*.

- American Society of Testing Materials C494/C494M. (2004). Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto. *ASTM*.
- American Society of Testing Materials D75-97. (1997). Práctica para el muestreo de agregados. *ASTM*.
- Barzola, C. (2015). *Fabricación y control de calidad del concreto* . Obtenido de Asociación de Productores del Cemento (ASOCEM): http://www.cip-trujillo.org/img_eventos/pdf/ASOCEM%20-%20CIVILES/CONFERENCIA%20de%20asosem%202015.pdf.
- Bolaños, J. (2016). *Resistencia a compresión, reflexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Bulnes, C. (2018). *Resistencia a la compresión de un mortero cemento-arena*. Tesis de Grado, Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Calderón, N., Ceroni, A., & Ostaloza, C. (2004). Distribución y estado de conservación del género *Haageocereus* (Familia Cactaceae) en el departamento de Lima. *Ecología Aplicada*, 3(1-2), 17-22.
- Campos, R. (2009). *Agregados*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados2.shtml>
- Cárdenas A., A. W. (1998a). On the posible role of the *Opuntia ficus indica* mucilage in the lime mortar performance in the protection of historical buildings. *Journal of the professional Association for Cactus Development*, 3, 64-71.
- Carino, N., & Clifton, J. (1991). High-Performance Concrete--Research Needs to Enhance its Use. *Concrete International*, 13(9), 70-76.
- Castro, J. y Vera, M. (2017). *Normas Técnicas Peruanas 400.021 - 400.022, 400.012, 400.017 y 339.185*. Trujillo – Perú: Universidad Privada del Norte.

- Castro, J., Paredes, C., & Muñoz, D. (2009). *Cultivo de Tuna*. La Libertad: Gerencia Regional Agraria La Libertad.
- Chandra, S., Eklund, L., & Villarreal, R. (1998). Use of cactus in mortars and concrete. *Cement and concrete research*, 28(1), 41-51.
- Coordinación General de comunicación social y divulgación. (2006). *Comunicado de Prensa*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- De La Cruz, J., Bautista, E., Sauñe, M., & Vilca, R. (2014). *Asentamiento del concreto (Slump)*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/250401918/Prueba-Slump>
- De León, R. (2012). *Evaluación del mucílago de nopal como reductor de retracción en concreto auto-consolidable*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León.
- De León, R. (2012). *Evaluación del mucílago de nopal como reductor de retracción en concreto auto-consolidable*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León. Obtenido de eprints.uanl.mx/3007/1/1080224613.pdf
- Del Valle, A., Guzmán, J., Alonso, E., Martínez, W., Torres, A., Terán, H., . . . Martínez, M. (2015). *Solicitaciones mecánicas y estáticas a concreto hidráulico simple elaborado con agregados pétreos redondeados y adicionados con fibras deshidratadas de cactus opuntia*. Jalisco: Instituto Mexicano del Transporte.
- Durán, A., De León, R., Juárez, C., & Valdez, P. (2012). Mucilago de nopal como reductor de retracción en concreto auto-consolidable. *I Simposio Latinoamericano sobre Concreto Autoadensavel* (págs. 1-18). Alagoas: IBRACON.

- Echavarría, F., Serna, A., Flores, M., Medina G., Gutiérrez, R., Salinas H. López, J. (2014). *Sistema de producción de forrajes de temporal una opción para la reconversión productiva*. Zacatecas, México: Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas Y Pecuarias.
- Felker, P., & Inglese, P. (2003). Short-term and long-term research needs for *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Utilization in arid areas. *J. PACD*, 131-140.
- García, A., Córdoba, A., Sánchez, J., Guerra, J., Carpio, F., & Contreras, R. (2012). Modificación en la consistencia, fraguado y resistencia del cemento con nopal deshidratado. *XXXIII Encuentro Nacional & II Congreso Internacional AMIDIQ* (pág. 4110). Ciudad de México: Academia Mexicana de Investigación & Docencia en Ingeniería AMIDIQ.
- Goldstein, G., & Nobel, P. (1991). Changes in osmotic pressure and mucilage during low-temperature acclimation of *Opuntia ficus-indica*. *Plant physiology*, 97(3), 954-961.
- Guzmán, D., & Chávez, J. (2007). Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 73(1), 41-45.
- Hammouch, H., Bennaghmouch, L., Srhiri, A., & Hajjaji, N. (2004). Inhibition of iron corrosion using *Opuntia* extract. *3er Congreso Nacional de la Tuna*.
- Hernández, J., & Serrano, G. (2003). Uso del nopal en la industria de la construcción. *IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*, (págs. 286-289). Zacatecas.
- Hernández, O., Rodríguez, A., Espín, R., & Narbaiza, T. (2007). Evaluación de la depredación de nidos de *Podocnemis expansa* y *Podocnemis unifilis* en la

Reserva de Biosfera Alto Orinoco-Casiquiare (RBAOC). *Simposio Biología y Conservación de Tortugas Continentales de Venezuela*. Puerto Ordaz.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta Edición ed.). México: Mc Graw Hill.

Herrera, A. (2015). *Estado del arte del uso de aditivos orgánicos en el concreto de alto desempeño*. Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

Huerto, W. (2018). *comparación de la resistencia a compresión de un concreto $f'c=450$ kg/cm² adicionando el 4 y 6 % de mucilago de tuna y supe plastificante sikan 290 al cemento*. Tesis de Pregrado, Universidad San Pedro, Huaraz, Perú.

Hunt, D., Taylor, N., & Charles, G. (2006). *The New Cactus Lexicon*. DH England.

Imcyc. (2010). *El concreto en la obra problemas, causas y soluciones*. México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias . (2011). *Extracción y purificación de mucílago de NOPAL*. Zacatecas: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Jaramillo, L. (2009). *Evaluación del jugo de fique como aditivo oclisor de aire y su influencia en la durabilidad y resistencia del concreto*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Laura, S. (2006). *Diseño de mezclas de concreto*. Universidad Nacional del Altiplano.

Martínez, W. (2018). *Adiciones verdes a materiales base cemento Portland, para aumentar la durabilidad en*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Santiago de Querétaro, México.

Medina, L., Brito, E., Torrestiana, B., & Katthain, R. (2000). Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus indica*). *Food hydrocolloids*, 14(5), 417-424.

- Mejía, J. (2017). *Tecnología de los materiales*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/360493977/113952973-Consistencia-Del-Concreto-Ensayo-pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Manual del cactus. Identificación y origen*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Muñoz, R. (2017). *Estudio comparativo de concreto elaborado con puzolana natural y concreto con cementos puzolánicos atlas en la ciudad de Huancayo*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- National Ready Mixed Concrete Association. (s.f.). *El concreto en la práctica. ¿Qué, Por qué y cómo?* Obtenido de <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP30es.pdf>
- Nobel, P., Cavelier, J., & Andrade, J. (1992). Mucilage in cacti: its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue 5. *Journal of Experimental Botany*, 43(5), 641-648.
- Normas Técnicas Peruanas 334.001. (2011). CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura. *INDECOPI*.
- Normas Técnicas Peruanas 334.009. (2013). Cementos Portland. Requisitos. *INDECOPI*.
- Normas Técnicas Peruanas 339.009. (2013). CEMENTOS. Cementos Portland. *Requisitos*. Lima, Perú: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas 339.034. (2008). *HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas*. Lima, Perú: INDECOPI.

- Normas Técnicas Peruanas 339.035. (2009). *HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para la medición de asentamiento del concreto de cemento portland.* Lima, Perú: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas 339.047. (2006). *HORMIGON (CONCRETO) Definiciones y Terminología relativas al hormigón y agregados.* Lima, Perú: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas 339.088. (2006). *HORMIGON (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland. Requisitos.* Lima, Perú: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas 339.185. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado por contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.* Lima, Perú: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas 339.232. (2010). *HORMIGON. Método normalizado para medir la absorción del agua en el concreto.* Lima, Perú: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas 400.010. (2001). *Extracción y preparación de las muestras.* Lima, Perú: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas 400.012. (2001). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.* Lima, Perú: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas 400.017. (2011). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.* Lima, Perú: INDECOPI.
- Normas Técnicas Peruanas 400.021. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado grueso.* Lima, Perú: INDECOPI.

- Normas Técnicas Peruanas 400.022. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*. Lima, Perú: INDECOPI.
- Ojeda, W., & Huamán, M. (2016). *Análisis de la resistencia a compresión del concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionado con fibra de opuntia ficus indica (tuna) en la ciudad del Cuzco*. Tesis de Pregrado, Universidad Andina del Cuzco, Cuzco.
- Oloya, R., & Ponce, G. (2019). *Influencia del uso del mucilago de CACTUS ECHINOPSIS PACHANOI como aditivo natural para evaluar la resistencia a compresión, consistencia y permeabilidad del concreto en la ciudad de trujillo*. Tesis de Pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego.
- Ostaloza, C. (2011). *101 Cactus del Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Parra, M., & Solís, H. (2012). *Tecnología del concreto*. México: Universidad Mexiquense del Bicentenario.
- Pasquel, E. (1993). *Tópicos de Tecnología del Contenido en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Piacenza, L., & Ostolaza, C. (2002). Cahuachi y la Cultura Nazca. *Quepo*, 16, 22-27.
- Polanco, A. (2012). *Manual de práctica de laboratorio de concreto*. México: Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Primo, C. (2014). *Efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (Opuntia Ficus-Indica) en la resistencia a compresión del congreso*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Primo, C. (2014). *Efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (Opuntia Ficus-Indica) en la resistencia a compresión del congreso. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil*. Universidad Nacional de Cajamarca. Tesis de

Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/471>

Quintana, D., & Vera, M. (2017). *Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total del agua en peso por Mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%*. Tesis de Pregrado, Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Cusco, Perú.

Quiñones, O., & Villacorta, C. (2019). *Impermeabilización de la cubierta de las casas de adobe en la ciudad de otuzco caracterizando un mortero a base de baba de nopal en el año 2018*. Tesis de Grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

Quiñones, O., & Villacorta, C. (2019). *Impermeabilización de la cubierta de las casas de adobe en la ciudad de otuzco caracterizando un mortero a base de baba de nopal en el año 2018*. Tesis de Grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Obtenido de http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/4644/1/RE_ING.CIVIL_OMAR.QUI%C3%91ONES_CRISTIAN.VILLACORTA_IMPERMEABILIZACION_DATOS.PDF

Ramírez, S. (2008). *Propiedades mecánicas y microestructurales de concreto contenido mucílago de nopal como aditivo natural*. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca.

Ramírez, S. (2008). *Propiedades mecánicas y microestructurales de concreto contenido mucílago de nopal como aditivo natural*. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca.

- Ramírez, S., Cano, P., Julián, F., & Gómez, C. (2012). Propiedades de durabilidad en hormigón y análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucílago de nopal como aditivo natural. *Materiales de Construcción*, 62, 327-341.
- Ramírez, S., Cano, P., Julián, F., & Gómez, C. (2012). Propiedades de durabilidad en hormigón y análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucílago de nopal como aditivo natural. *Materiales de Construcción*, 62, 327-341. doi:10.3989/mc.2012.00211
- Ramsey, J. (1999). *Evaluación del comportamiento del adobe estabilizado con cal y goma de tuna*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional Agraria, Lima.
- Risco, E. (2017). *Comportamiento de la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto adicionando con extracto de sabila, ciudad de Barranca*. Facultad de Ingeniería Civil. Barranca, Lima, Perú: Universidad Nacional de Ancash Santiago Antunez de Mayolo .
- Rivera, G. (s.f.). Aditivos para mortero y concreto. *Concreto simple*.
- Rivva, E. (2008). *Materiales del Concreto*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rodríguez, P. (2010). *Estudio del concreto con aditivo reductor de contracción, utilizando cemento Portland Tipo I*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., & Matsuhiro, B. (2004). Opuntia spp. mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *J of Arid Environments*, 57, 275-290.
- Torres, A., & Cano, P. (2007). Las bondades del nopal. *Construcción y Tecnología*, 233, 44-49.

- Torres, A., Celis, C., Martínez, W., & Lomeli, M. (2010). Adiciones en base a cactus como inhibidor de corrosión para acero de refuerzo en concreto. *Publicación Técnica*(328). Obtenido de <https://trid.trb.org/view/1099016>
- Torres, A., Celis, C., Martinez, W., & Lomeli, M. (2010). Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizado adiciones deshidratadas de dos cactaceas. *Publicación Técnica*(326).
- Torres, A., Celis, C., Martinez, W., & Lomeli, M. (2010). Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizado adiciones deshidratadas de dos cactaceas. *Publicación Técnica*(326). Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt326.pdf>
- Torres, A., Martínez, M., & Celis, C. (2004). Cement based mortar improvement fromn nopal and Aloe vera additions. *4º Foro de Investigación UDEM*. Monterrey, Nuevo León: Universidad de Monterrey.
- Vargas, L. (2012). *Extracción y caracterización química y reológica de hidrocoloide de Opuntia Spinulifera con perspectivas de aditivo en la industria de alimentos*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Vera, T. (2018). *Resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución de cemento en 15% por ceniza de tuna o nopal*. Tesis de Grado, Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería, Cajamarca, Perú.
- Vidaud, E., & Vidaud, I. (2015). *La Vibración*. Obtenido de https://hctarelo.weebly.com/uploads/4/6/9/7/46979447/la_vibraci%C3%B3n,_metodo_mecanico.pdf

IX. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

“USO DEL EXTRACTO DEL MUCILAGO DEL CACTUS COMO ADITIVO Y SU INFLUENCIA EN LA CONSISTENCIA Y EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO”

Problema	Objetivos	Hipótesis y variables	Operacionalización de las variables								
<p><u>Problema General</u></p> <p>¿De qué manera el uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus, influye en la consistencia y en la resistencia a la compresión del concreto?</p>	<p><u>Objetivo general</u></p> <p>Determinar la influencia del uso, como aditivo del extracto del mucilago del cactus en la consistencia y la resistencia a la compresión del concreto.</p>	<p><u>Hipótesis General</u></p> <p>El uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus, influye directamente en la consistencia del concreto en estado fresco y en la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido.</p>	<p>Variables:</p> <p>X: Independiente Mucilago del cactus</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dosificaciones: 0.25%; 0.50%; 0.75% y 1.0%</td> <td>Peso (gr.) en la balanza en relación al cemento</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	Dosificaciones: 0.25%; 0.50%; 0.75% y 1.0%	Peso (gr.) en la balanza en relación al cemento				
Dimensiones	Indicadores										
Dosificaciones: 0.25%; 0.50%; 0.75% y 1.0%	Peso (gr.) en la balanza en relación al cemento										
<p><u>Problemas Específicos</u></p> <p>¿De qué manera el uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus, influye en la consistencia del concreto en estado fresco?</p> <p>¿De qué manera el uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus influye en la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido?</p>	<p><u>Objetivos Específicos</u></p> <p>Establecer la influencia del uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus en la mejora de la consistencia del concreto.</p> <p>Establecer la influencia del uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus en la mejora en la resistencia a la compresión del concreto.</p>	<p><u>Hipótesis Específicas</u></p> <p>El uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus, influye directamente en la consistencia del concreto.</p> <p>El uso como aditivo del extracto del mucilago del cactus, influye directamente en la resistencia a la compresión del concreto.</p>	<p>Y: Dependiente estado del concreto</p> <p>Y1: Consistencia del concreto en estado fresco</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.25%; 0.50%; 0.75% y 1.0%</td> <td>(Fluidez en cm.)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Y2: Resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones (días)</th> <th>Indicadores (kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7, 14, 21 y 28</td> <td>f'c (kg/cm²), es la resistencia del concreto que determina en la máquina para la ruptura de las probetas con aditivo y sin aditivo</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	0.25%; 0.50%; 0.75% y 1.0%	(Fluidez en cm.)	Dimensiones (días)	Indicadores (kg/cm ²)	7, 14, 21 y 28	f'c (kg/cm ²), es la resistencia del concreto que determina en la máquina para la ruptura de las probetas con aditivo y sin aditivo
Dimensiones	Indicadores										
0.25%; 0.50%; 0.75% y 1.0%	(Fluidez en cm.)										
Dimensiones (días)	Indicadores (kg/cm ²)										
7, 14, 21 y 28	f'c (kg/cm ²), es la resistencia del concreto que determina en la máquina para la ruptura de las probetas con aditivo y sin aditivo										

POBLACIÓN Y MUESTRA	MÉTODO Y DISEÑO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO
<p>Población y muestra</p> <p>Media poblacional</p> $n = \frac{z^2 S^2}{E^2}$ <p>Z= 1,96 S= Desviación estándar (10) E = Error máximo tolerable (2)</p> <p>Mediciones cuantitativas de la consistencia (con el cono de Abrams) y la resistencia a la compresión del concreto de 7 días, 14 días, 21 días y 28 días de edad.</p> <p><u>Patrón</u> T-1= Probeta de concreto sin aditivo: Patrón 1, Patrón 2, Patrón 3, Patrón 4. (48 probetas)</p> <p><u>Probeta de concreto con aditivo de extracto de mucílago de cactus.</u> T-2 =Aditivo-0.25% (12 p) T-3 =Aditivo-0.5% (12 p) T-4 =Aditivo-0.75% (12 p) T-5 =Aditivo-1,0% (12 p) 48 probetas</p> <p>n= 96 probetas</p>	<p>Tipo: aplicada</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Método: Cuantitativo y contratación de hipótesis para determinar la influencia del uso, como aditivo del extracto del mucílago del cactus en la consistencia y la resistencia a la compresión del concreto.</p> <p>Diseño: Correlacional</p> $O1 \xrightarrow{M} O2$ <p>Donde: M = Constituye la Muestra Ox = Resultado observaciones variable X Oy = Resultado observaciones variable Y R = Niveles de relación entre X – Y</p>	<p>Técnicas:</p> <p>Consistencia. Método del cono de Abrams de acuerdo a las normas ASTM D 75-97 (1997) Standard Practice for Sampling Aggregates y la Norma Técnica Peruana NTP 339.035 (2009) “Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland”.</p> <p>Resistencia a la compresión axial. Probetas de 7, 14, 21 y 28 días con aditivo del mucílago del cactus, 0.00 (testigo); 0.25; 0.50, 0.75 y 1.0 en relación al peso del cemento de;, de acuerdo a la norma ASTM C39/C39M-04a (2004)</p> <p>Análisis de datos Los datos recopilados fueron procesados y tabulados en tablas y gráficos utilizando la estadística descriptiva para la demostración de la hipótesis se utilizó el programa SPSS versión 22.</p> <p>Instrumentos: -Cono de Abrams (Consistencia). - Máquina de ensayo de compresión mecánica</p>	<p>Contrastación de hipótesis Ho : No existe influencia significativa en la consistencia del concreto con aditivo de 0.25; 0,50; 0,75 y 1,0%de extracto de mucílago del cactus y sin aditivo (patrón). No se encuentran relacionados. Ha: Si existe influencia significativa en la consistencia del concreto con aditivo de 0.25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto de mucílago del cactus y sin aditivo (patrón). Se encuentran significativamente relacionados.</p> <p>Contrastación de hipótesis Ho : No existe influencia significativa en las medidas de las fuerzas (en Kg/cm²) de la resistencia a la compresión del concreto por el uso de aditivo de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto del mucílago de cactus, y sin aditivo (patrón). Ha: Si existe una influencia significativa en las medidas de las fuerzas (en Kg/cm²) de la resistencia a la compresión del concreto por el uso de aditivo de 0,25; 0,50; 0,75 y 1,0% de extracto del mucílago de cactus, y sin aditivo (patrón).</p> <p>Decisión Estadística: Si pvalor > 0.05. Se acepta la Ho Si pvalor < 0.05. Se rechaza la Ho y se acepta la Ha..</p>

Anexo 2. Definición de términos

Aditivos:

Aditivo es una sustancia química, generalmente dosificada por debajo del 5% de la masa del cemento, (...) que se emplea como ingrediente de la pasta, del mortero o del concreto, y se agrega al conjunto antes o durante el proceso de mezclado (...) (Rivera, pág. 231).

Adición (adiciónate)

Las adiciones para concreto (hormigón) son materiales de naturaleza inorgánica que destacan por sus características puzolánicas o hidráulicas; finamente molidos, pueden ser añadidos al hormigón a fin de mejorar sus propiedades o dotarlo de especiales características (National Ready Mixed Concrete Association, pág. 1)

Agregado:

Es el material mineral granular, tal como la arena natural, la arena manufacturada, la grava, la piedra triturada, la escoria granulada de alto horno enfriada al aire, la vermiculita y la perlita (Rivera, pág. 41)

Agregado fino

Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas (Campos, 2009, pág. 20)

Agregado grueso

Es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava (Campos, 2009, pág. 21)

Asentamiento:

Medida de la consistencia de una mezcla de concreto después de desmoldarla del cono de Abrams. Descenso que experimenta un edificio o estructura a medida que se consolida el terreno situado bajo el mismo; también llamado asentamiento (Ojeda & Huamán, 2016, pág. 188)

Cemento:

Material de construcción compuesto de una sustancia en polvo que, mezclada con agua u otra sustancia, forma una pasta blanda que se endurece en contacto con el agua o el aire (Ojeda & Huamán, 2016, pág. 188).

Cemento portland:

Es el producto de la mezcla del Clinker y el yeso natural, que luego es molida y distribuida al mercado en granel o embolsado.

Consistencia:

La consistencia es la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse y consiguientemente para ocupar todos los huecos del molde o encofrado (Mejía, 2017, pág. 2)

Concreto:

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta (Polanco, 2012, pág. 1). La pasta, compuesto de cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada), para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

Concreto fresco:

Es un concreto que permite su manipulación y colocación porque está recién hecho (Barzola, 2015)

Concreto endurecido:

Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y endurece, tornándose en un concreto endurecido, cuyas propiedades son: resistencia y durabilidad. (Parra & Solís, 2012)

Concreto patrón:

Concreto que se tomará de referencia o base para estudios de comparación de otros concretos alterados en su elaboración, estructura, composición, etc. (Ojeda & Huamán, 2016, pág. 189)

Diseño de mezclas

Es la combinación práctica de agregados disponibles, cemento, agua y aditivos, produciendo una mezcla manejable, adquiriendo las características de resistencia y durabilidad necesarias para un tipo de construcción determinado (Rivera, pág. 169).

Mezcla:

Es la combinación de tres elementos: cemento, arena y grava o gravilla en determinadas proporciones hasta obtener una consistencia deseada (Laura, 2006, pág. 2)

Material cementante:

Es todo material pulverulento que al mezclarlas con el agua nos da un material plástico elástico y está en función al tiempo se endurece.

Opuntia ficus-indica:

Es una planta de gran importancia en los sistemas agropastoriles de los andes peruanos. Esta cactácea se encuentra ampliamente distribuida en el país, especialmente en los valles interandinos donde ha encontrado condiciones adecuadas para su establecimiento (Castro, Paredes, & Muñoz, 2009, pág. 5)

Resistencia a la compresión

Es comúnmente considerada como la característica más valiosa del concreto, aunque en muchos casos son otras; sin embargo, la resistencia suele dar un panorama general de la calidad del concreto, por estar directamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento (Rodríguez, 2010, pág. 75).

Slump:

El ensayo de asentamiento del concreto (Slump) es un método de control de calidad cuyo objetivo principal es medir la consistencia del concreto. Es el ensayo que se realiza al hormigón en su estado fresco, para medir su consistencia (fluidez del hormigón) (De La Cruz, Bautista, Sauñe, & Vilca, 2014, pág. 2).

Trabajabilidad:

Es la propiedad de colocar, compactar y dar un acabado a una mezcla de concreto (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 12)

Vibración:

Es un método mecánico para la compactación del concreto (Vidaud & Vidaud, 2015, pág. 1)

Anexo 3. Ficha Técnica - Validación de Instrumento

Validación 1

Aditivo Mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump	Tiempo (días)	Número de probetas	Número de ensayos	Resistencia compresión (f'c en Kg/cm ²)
				1	210
0	0 - 3"	7	3	1	210
				1	210

Aditivo Mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump	Tiempo (días)	Número de probetas	Número de ensayos	Resistencia compresión (fc en Kg/cm ²)
				1	210
0.25	0 - 3"	7	3	1	210
				1	210

Aditivo Mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump	Tiempo (días)	Número de probetas	Número de ensayos	Resistencia compresión (fc en Kg/cm ²)
				1	210
0.50	0 - 3"	7	3	1	210
				1	210

Aditivo Mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump	Tiempo (días)	Número de probetas	Número de ensayos	Resistencia compresión (fc en Kg/cm ²)
				1	210
0.75	0 - 3"	7	3	1	210
				1	210

Aditivo Mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump	Tiempo (días)	Número de probetas	Número de ensayos	Resistencia compresión (fc en Kg/cm ²)
				1	210
1.00	0 - 3"	7	3	1	210
				1	210

Validación de instrumento patron con 0% de aditivo					
Aditivo mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump (")	Tiempo (días)	Número de Probetas	Número de ensayos	Resistencia a la compresión (f'c en kg/cm2)
0	0-3	7	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0	0-3	14	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0	0-3	21	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0	0-3	28	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210

Validación de instrumento patron Aditivo = 0.25%(*)					
Aditivo mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump (")	Tiempo (días)	Número de Probetas	Número de ensayos	Resistencia a la compresión (f'c en kg/cm2)
0.25	0-3	7	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0.25	0-3	14	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0.25	0-3	21	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0.25	0-3	28	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210

Validación de instrumento patron con 0% de aditivo					
Aditivo mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump (")	Tiempo (días)	Número de Probetas	Número de ensayos	Resistencia a la compresión (f'c en kg/cm2)
0	0-3	7	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0	0-3	14	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0	0-3	21	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0	0-3	28	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210

Validación de instrumento patron Aditivo = 0.50%(*)					
Aditivo mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump (")	Tiempo (días)	Número de Probetas	Número de ensayos	Resistencia a la compresión (f'c en kg/cm2)
0.5	0-3	7	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0.5	0-3	14	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0.5	0-3	21	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0.5	0-3	28	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210

Validación de instrumento patron con 0% de aditivo					
Aditivo mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump (")	Tiempo (días)	Número de Probetas	Número de ensayos	Resistencia a la compresión (f'c en kg/cm2)
0	0-3	7	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0	0-3	14	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0	0-3	21	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0	0-3	28	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210

Validación de instrumento patron Aditivo = 0.75%(*)					
Aditivo mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump (")	Tiempo (días)	Número de Probetas	Número de ensayos	Resistencia a la compresión (f'c en kg/cm2)
0.75	0-3	7	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0.75	0-3	14	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0.75	0-3	21	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
75	0-3	28	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210

Validación de instrumento patron con 0% de aditivo					
Aditivo mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump (")	Tiempo (días)	Número de Probetas	Número de ensayos	Resistencia a la compresión (f'c en kg/cm2)
0	0-3	7	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0	0-3	14	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0	0-3	21	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
0	0-3	28	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210

Validación de instrumento patron Aditivo = 1.0%(*)					
Aditivo mucilago de cactus (%)	Consistencia Slump (")	Tiempo (días)	Número de Probetas	Número de ensayos	Resistencia a la compresión (f'c en kg/cm2)
1.00	0-3	7	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
1.00	0-3	14	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
1.00	0-3	21	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210
1.00	0-3	28	1	1	210
			1	1	210
			1	1	210

Anexo 4. Confiabilidad de Instrumento

Los resultados que se obtendrán en el presente trabajo de investigación son válidos y confiables por las siguientes razones:

Para los ensayos de los agregados se usaran las Normas Técnicas Peruanas NPT400.021, NPT400.022, NPT400.012, NPT400.017, 339.185; validadas y certificadas por la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales de INDECOPI.

En el diseño de mezcla se usara el método American Concrete Institute ACI-211, usados a nivel mundial.

Para la determinación de las probetas a ensayarse hace en función a la Norma E-060 y NTP 339.114.

Para realizar la elaboración y curado de las probetas cilíndricas se efectuará de acuerdo a la NTP 339.033.

Para obtener el extracto del mucilago del cactus (*Opuntia ficus-indica*) se hará de acuerdo a lo experimentado en México, al igual que las dosificaciones del extracto del mucilago del cactus efectuada en investigaciones y antecedentes.

Para medir la consistencia del concreto se realizará con las NTP 339.035 (2009) y finalmente en los ensayos de la resistencia a la compresión se basará en la NTP 339.034.

En consecuencia, no se requiere formato de validación ya que para obtener la validación se basa en las normas que rigen a nivel nacional y esta validada, no requiriendo la opinión de expertos.

Anexo 5. Ensayo de Resistencia a la Compresión de Briquetas de Concreto (ASTM C39/C39-M); NTP 339.034-2013

Ensayo para determinar la Consistencia (fluidez) del Concreto (ASTM C141); NTP 339.035-2009

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	26/02/2019	04/03/2019	7	150,00	17671,46	22970,0	130,0	4,50
2	Probeta Patron (PN2)	210	26/02/2019	04/03/2019	7	150,00	17671,46	28730,0	162,6	4,30
3	Probeta Patron (PN3)	210	26/02/2019	04/03/2019	7	150,00	17671,46	21910,0	124,0	4,50

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 0.25% (PA1)	210	26/02/2019	04/03/2019	7	150,00	17671,46	28730,0	162,6	3,50
2	Probeta con aditivo 0.25% (PA2)	210	26/02/2019	04/03/2019	7	150,00	17671,46	32560,0	184,3	3,30
3	Probeta con aditivo 0.25% (PA3)	210	26/02/2019	04/03/2019	7	150,00	17671,46	30650,0	173,4	3,50

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	26/02/2019	11/02/2019	14	150,00	17671,46	28730.0	162,6	4,30
2	Probeta Patron (PN2)	210	26/02/2019	11/02/2019	14	150,00	17671,46	22900.0	129,6	4,50
3	Probeta Patron (PN3)	210	26/02/2019	11/02/2019	14	150,00	17671,46	26050.0	147,4	4,00

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 0.25% (PA1)	210	26/02/2019	11/02/2019	14	150,00	17671,46	29880,0	169,1	3,10
2	Probeta con aditivo 0.25% (PA2)	210	26/02/2019	11/02/2019	14	150,00	17671,46	33330,0	188,6	3,60
3	Probeta con aditivo 0.25% (PA3)	210	26/02/2019	11/02/2019	14	150,00	17671,46	31790,0	179,9	2,90

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	26/02/2019	18/03/2019	21	150,00	17671,46	27500,0	155,6	4,10
2	Probeta Patron (PN2)	210	26/02/2019	18/03/2019	21	150,00	17671,46	26080,0	147,6	3,80
3	Probeta Patron (PN3)	210	26/02/2019	18/03/2019	21	150,00	17671,46	29520,0	167,0	3,90

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c d (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 0.25% (PA1)	210	26/02/2019	18/03/2019	21	150,00	17671,46	32820,0	185,7	3,20
2	Probeta con aditivo 0.25% (PA2)	210	26/02/2019	18/03/2019	21	150,00	17671,46	28730,0	162,6	2,90
3	Probeta con aditivo 0.25% (PA3)	210	26/02/2019	18/03/2019	21	150,00	17671,46	35240,0	199,4	2,80

N°	Descripción	f'c (kg/cm2)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c d (kg/cm2)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	26/02/2019	25/03/2019	28	150,00	17671,46	36510,0	206,6	3,80
2	Probeta Patron (PN2)	210	26/02/2019	25/03/2019	28	150,00	17671,46	38610,0	218,5	3,50
3	Probeta Patron (PN3)	210	26/02/2019	25/03/2019	28	150,00	17671,46	37600,0	212,8	3,30

N°	Descripción	f'c (kg/cm2)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c d (kg/cm2)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 0.25% (PA1)	210	26/02/2019	25/03/2019	28	150,00	17671,46	44050,0	249,3	2,90
2	Probeta con aditivo 0.25% (PA2)	210	26/06/2019	25/03/2019	28	150,00	17671,46	38690,0	218,9	2,50
3	Probeta con aditivo 0.25% (PA3)	210	26/06/2019	25/03/2019	28	150,00	17671,46	41870,0	236,9	2,60

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	27/02/2019	05/03/2019	7	150,00	17671,46	26100,0	147,7	4,20
2	Probeta Patron (PN2)	210	27/02/2019	05/03/2019	7	150,00	17671,46	22980,0	130,0	4,10
3	Probeta Patron (PN3)	210	27/02/2019	05/03/2019	7	150,00	17671,46	28730,0	162,6	3,90

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c d (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 0.5% (PA1)	210	27/02/2019	05/03/2019	7	150,00	17671,46	31000,0	175,4	1,60
2	Probeta con aditivo 0.5% (PA2)	210	27/02/2019	05/03/2019	7	150,00	17671,46	25670,0	145,3	1,50
3	Probeta con aditivo 0.5% (PA3)	210	27/02/2019	05/03/2019	7	150,00	17671,46	30000,0	169,8	1,30

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	27/02/2019	12/03/2019	14	150,00	17671,46	27580,0	156,1	4,50
2	Probeta Patron (PN2)	210	27/02/2019	12/03/2019	14	150,00	17671,46	25660,0	145,2	4,20
3	Probeta Patron (PN3)	210	27/02/2019	12/03/2019	14	150,00	17671,46	27960,0	158,2	4,20

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 0.5% (PA1)	210	27/02/2019	12/03/2019	14	150,00	17671,46	31030,0	175,6	1,40
2	Probeta con aditivo 0.5% (PA2)	210	27/02/2019	12/03/2019	14	150,00	17671,46	24900,0	140,9	1,30
3	Probeta con aditivo 0.5% (PA3)	210	27/02/2019	12/03/2019	14	150,00	17671,46	34430,0	194,8	1,40

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	27/02/2019	19/03/2019	21	150,00	17671,46	27210,0	154,0	3,90
2	Probeta Patron (PN2)	210	27/02/2019	19/03/2019	21	150,00	17671,46	30260,0	171,2	4,00
3	Probeta Patron (PN3)	210	27/02/2019	19/03/2019	21	150,00	17671,46	28350,0	160,4	3,50

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 0.5% (PA1)	210	27/02/2019	19/03/2019	21	150,00	17671,46	28730,0	162,6	1,40
2	Probeta con aditivo 0.5% (PA2)	210	27/02/2019	19/03/2019	21	150,00	17671,46	34480,0	195,1	1,30
3	Probeta con aditivo 0.5% (PA3)	210	27/02/2019	19/03/2019	21	150,00	17671,46	32180,0	182,1	1,50

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	27/02/2019	26/03/2019	28	150,00	17671,46	38460,0	217,6	3,90
2	Probeta Patron (PN2)	210	27/02/2019	26/03/2019	28	150,00	17671,46	36390,0	205,9	4,00
3	Probeta Patron (PN3)	210	27/02/2019	26/03/2019	28	150,00	17671,46	40610,0	229,8	3,70

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 0.5% (PA1)	210	27/02/2019	26/03/2019	28	150,00	17671,46	34480,0	195,1	1,80
2	Probeta con aditivo 0.5% (PA2)	210	27/02/2019	26/03/2019	28	150,00	17671,46	42900,0	242,8	1,50
3	Probeta con aditivo 0.5% (PA3)	210	27/02/2019	26/03/2019	28	150,00	17671,46	40610,0	229,8	1,50

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	28/02/2019	06/03/2019	7	150,00	17671,46	22220,0	125,7	4,40
2	Probeta Patron (PN2)	210	28/02/2019	06/03/2019	7	150,00	17671,46	26970,0	152,6	4,10
3	Probeta Patron (PN3)	210	28/02/2019	06/03/2019	7	150,00	17671,46	24900,0	140,9	3,80

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 0.75% (PA1)	210	28/02/2019	06/03/2019	7	150,00	17671,46	27960,0	158,2	1,30
2	Probeta con aditivo 0.75% (PA2)	210	28/02/2019	06/03/2019	7	150,00	17671,46	22300,0	126,2	1,00
3	Probeta con aditivo 0.75% (PA3)	210	28/02/2019	06/03/2019	7	150,00	17671,46	32560,0	184,3	1,00

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	28/02/2019	13/03/2019	14	150,00	17671,46	26990,0	152,7	4,30
2	Probeta Patron (PN2)	210	28/02/2019	13/03/2019	14	150,00	17671,46	25480,0	144,2	4,10
3	Probeta Patron (PN3)	210	28/02/2019	13/03/2019	14	150,00	17671,46	29100,0	164,7	4,30

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 0.75% (PA1)	210	28/02/2019	13/03/2019	14	150,00	17671,46	26050,0	147,4	1,20
2	Probeta con aditivo 0.75% (PA2)	210	28/02/2019	13/03/2019	14	150,00	17671,46	30260,0	171,2	1,00
3	Probeta con aditivo 0.75% (PA3)	210	28/02/2019	13/03/2019	14	150,00	17671,46	32560,0	184,3	0,80

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	28/02/2019	20/03/2019	21	150,00	17671,46	29880,0	168,1	3,90
2	Probeta Patron (PN2)	210	28/02/2019	20/03/2019	21	150,00	17671,46	28730,0	162,6	4,30
3	Probeta Patron (PN3)	210	28/02/2019	20/03/2019	21	150,00	17671,46	31410,0	177,7	4,00

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 0.75% (PA1)	210	28/02/2019	20/03/2019	21	150,00	17671,46	31790,0	179,9	1,10
2	Probeta con aditivo 0.75% (PA2)	210	28/02/2019	20/03/2019	21	150,00	17671,46	28730,0	162,6	0,90
3	Probeta con aditivo 0.75% (PA3)	210	28/02/2019	20/03/2019	21	150,00	17671,46	33330,0	188,6	0,90

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	28/02/2019	27/03/2019	28	150,00	17671,46	36540,0	206,8	3,90
2	Probeta Patron (PN2)	210	28/02/2019	27/03/2019	28	150,00	17671,46	39460,0	223,3	3,90
3	Probeta Patron (PN3)	210	28/02/2019	27/03/2019	28	150,00	17671,46	35010,0	198,1	3,50

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 0.75% (PA1)	210	28/02/2019	27/03/2019	28	150,00	17671,46	40220,0	227,6	1,20
2	Probeta con aditivo 0.75% (PA2)	210	28/02/2019	27/03/2019	28	150,00	17671,46	36610,0	207,2	1,00
3	Probeta con aditivo 0.75% (PA3)	210	28/02/2019	27/03/2019	28	150,00	17671,46	39070,0	221,1	1,10

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	01/03/2019	07/03/2019	7	150,00	17671,46	28350,0	160,4	4,20
2	Probeta Patron (PN2)	210	01/03/2019	07/03/2019	7	150,00	17671,46	23300,0	131,9	4,00
3	Probeta Patron (PN3)	210	01/03/2019	07/03/2019	7	150,00	17671,46	25670,0	145,3	4,10

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 1.0% (PA1)	210	01/03/2019	07/03/2019	7	150,00	17671,46	27960,0	158,2	0,60
2	Probeta con aditivo 1.0% (PA2)	210	01/03/2019	07/03/2019	7	150,00	17671,46	24980,0	141,4	0,50
3	Probeta con aditivo 1.0% (PA3)	210	01/03/2019	07/03/2019	7	150,00	17671,46	30650,0	173,4	0,50

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	01/03/2019	14/03/2019	14	150,00	17671,46	25670,0	145,3	4,20
2	Probeta Patron (PN2)	210	01/03/2019	14/03/2019	14	150,00	17671,46	32190,0	182,2	4,20
3	Probeta Patron (PN3)	210	01/03/2019	14/03/2019	14	150,00	17671,46	30260,0	171,2	3,90

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 1.0% (PA1)	210	01/03/2019	14/03/2019	14	150,00	17671,46	31410,0	177,7	0,80
2	Probeta con aditivo 1.0% (PA2)	210	01/03/2019	14/03/2019	14	150,00	17671,46	29110,0	164,7	0,70
3	Probeta con aditivo 1.0% (PA3)	210	01/03/2019	14/03/2019	14	150,00	17671,46	28730,0	162,6	0,50

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	01/03/2019	21/03/2019	21	150,00	17671,46	31030,0	175,6	4,40
2	Probeta Patron (PN2)	210	01/03/2019	21/03/2019	21	150,00	17671,46	33330,0	188,6	4,30
3	Probeta Patron (PN3)	210	01/03/2019	21/03/2019	21	150,00	17671,46	32180,0	182,1	4,00

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 1.0% (PA1)	210	01/03/2019	21/03/2019	21	150,00	17671,46	31410,0	177,7	0,80
2	Probeta con aditivo 1.0% (PA2)	210	01/03/2019	21/03/2019	21	150,00	17671,46	34480,0	195,1	0,60
3	Probeta con aditivo 1.0% (PA3)	210	01/03/2019	21/03/2019	21	150,00	17671,46	29200,0	165,2	0,70

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta Patron (PN1)	210	01/03/2019	28/03/2019	28	150,00	17671,46	39070,0	221,1	3,90
2	Probeta Patron (PN2)	210	01/03/2019	28/03/2019	28	150,00	17671,46	36390,0	205,9	3,80
3	Probeta Patron (PN3)	210	01/03/2019	28/03/2019	28	150,00	17671,46	37540,0	212,4	3,80

N°	Descripción	f'c (kg/cm ²)	Fechas		Edad (días)	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm ²)	Consistencia (cm)
			Elaboración	Rotura						
1	Probeta con aditivo 1.0% (PA1)	210	01/03/2019	28/03/2019	28	150,00	17671,46	42930,0	242,9	1,10
2	Probeta con aditivo 1.0% (PA2)	210	01/03/2019	28/03/2019	28	150,00	17671,46	38790,0	219,5	0,80
3	Probeta con aditivo 1.0% (PA3)	210	01/03/2019	28/03/2019	28	150,00	17671,46	39390,0	222,9	0,70

Anexo 6. Correlación de Pearson

$x = f^c$ patrón

$y = f^c$ de 0,25; 0,50%; 0,75 y 1.0% aditivo

X	Y	XY	$(X-\bar{X})^2$	$(Y-\bar{Y})^2$
13,88	17,34	240,6792	9,4979535	1,3383598
14,65	17,92	262,528	5,3447660	0,3327848
15,67	18,25	285,9775	1,6689410	0,0609473
21,26	23,50	499,61	18,4738785	25,0312598
14,67	16,35	239,8545	5,2526910	4,6090723
15,31	17,04	260,8824	2,7286910	2,1224848
16,19	17,99	291,2581	0,5957910	0,2569223
21,77	22,26	484,6002	23,1180660	14,1611098
13,97	15,62	218,2114	8,9513160	8,2764098
15,38	16,76	257,7688	2,5023285	3,0167348
16,98	17,70	300,546	0,0003285	0,6350098
20,94	21,86	457,7484	15,8254785	11,3106098
14,58	15,76	229,7808	5,6733285	7,4904848
16,62	16,83	279,7146	0,1168785	2,7784723
18,21	17,93	326,5053	1,5578160	0,3213473
21,31	22,84	486,7204	18,9061910	18,8627348

x = (cm) patrón

y = (cm) aditivo

X	Y	XY	(X-\bar{X})²	(Y-\bar{Y})²
4,43	3,43	15,1949	0,1550391	3,4922266
4,26	3,20	13,632	0,0500641	2,6855016
3,93	2,96	11,6328	0,0112891	1,9565016
3,53	2,66	9,3898	0,2562891	1,2072516
4,06	1,46	5,9276	0,0005641	0,0102516
4,30	1,36	5,848	0,0695641	0,0405016
3,80	1,40	5,32	0,0558141	0,0260016
3,86	1,60	6,176	0,0310641	0,0015016
4,10	1,10	4,51	0,0040641	0,2127516
4,23	1,00	4,23	0,0375391	0,3150016
4,06	0,96	3,8976	0,0005641	0,3615016
3,76	1,10	4,136	0,0763141	0,2127516
4,10	0,53	2,173	0,0040641	1,0634766
4,10	0,66	2,706	0,0040641	0,8122516
4,23	0,70	2,961	0,0375391	0,7417516
3,83	0,86	3,2938	0,0425391	0,4917516