

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**INFLUENCIA DEL MAGUEY EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
Y EN EL FISURAMIENTO DE LOSAS ALIGERADAS EN HUANCAYO**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. FERNANDEZ LADERA, DAVID AQUILES.  
BACH. HUARCAYA ESCOBEDO, PAUL ORLANDO.**

**Línea de investigación Institucional:**

Nuevas tecnologías y procesos.

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**Huancayo – Perú**

**2019**

Mg. Juan Bullón Rosas.

**Asesor**

### **Dedicatoria**

Dedicamos este proyecto de tesis a Dios y a nuestros padres. A Dios porque ha estado con nosotros a cada paso que damos, cuidándonos y dándonos fortaleza para continuar, a nuestros padres, quienes a lo largo de nuestras vidas han velado por nuestro bienestar y educación siendo nuestro apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se nos presentaba sin dudar ni un solo momento en nuestras capacidades. Es por ello que somos lo que somos ahora.

Fernandez Ladera, David Aquiles.

Huarcaya Escobedo, Paul Orlando.

## **Agradecimiento**

Agradecemos a nuestros padres quienes a lo largo de toda nuestra vida han apoyado y motivado nuestra formación académica, creyeron en nosotros en todo momento y no dudaron de nosotros. A nuestros maestros a quienes les debemos gran parte de nuestros conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Fernandez Ladera, David Aquiles.

Huarcaya Escobedo, Paul Orlando.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Casio Aurelio Torres López.  
Presidente

---

Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza.  
Jurado revisor

---

Ing. Javier Reynoso Oscanoa.  
Jurado revisor

---

Ing. Julio Fredy Porras Mayta.  
Jurado revisor

---

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales.  
Secretario docente

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>18</b>
<b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>18</b>
1.1. Planteamiento del problema	18
1.2. Formulación y sistematización del problema	19
1.2.1. Problema general	19
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. Justificación	20
1.3.1. Práctica o social	20
1.3.2. Justificación metodológica	20
1.4. Delimitaciones	20
1.4.1. Espacial	20
1.4.2. Temporal	21
1.5. Limitaciones	21
1.5.1. Económicas.	21
1.5.2. Tecnológicas	22
1.5.3. Humanas	22
1.6. Objetivos	22
1.6.1. Objetivo general	22
1.6.2. Objetivos específicos	22
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>24</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>24</b>
2.1. Antecedentes	24
2.1.1. Antecedentes nacionales	24
2.1.2. Antecedentes internacionales	26
2.2. Marco conceptual	29
2.2.1. Generalidades sobre el maguey	29
	vi

2.2.2. Propiedades mecánicas a tensión de las fibras vegetales	31
2.2.3. Aditivos en el concreto	31
2.2.4. Tipos de aditivos para concreto	32
2.2.5. Materiales para la elaboración de concreto	33
2.2.6. Ensayo de fluidez de asentamiento	41
2.2.7. Fragua	41
2.2.8. Temperatura del concreto	44
2.2.9. Contenido de aire	44
2.2.10. Resistencia a la compresión	44
2.2.11. Resistencia a la flexión del concreto	47
2.2.12. Losas aligeradas	48
2.2.13. Fisuración del concreto en estado fresco	49
2.2.14. Fisuración del concreto en estado endurecido	50
2.3. Definición de términos	51
2.4. Hipótesis	52
2.4.1. Hipótesis general	52
2.4.2. Hipótesis específicas	52
2.5. Variables	53
2.5.1. Definición conceptual de las variables	53
2.5.2. Definición operacional de las variables	53
2.5.3. Operacionalización de las variables	54
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>55</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>55</b>
3.1. Método investigación	55
3.2. Tipo de investigación	55
3.3. Nivel de investigación	55
3.4. Diseño de investigación	56
3.5. Población y muestra	56
3.5.1. Población	56
3.5.2. Muestra	57
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	58
3.6.1. Técnicas	58

3.6.2. Instrumentos	58
3.7. Procesamiento de la información	59
3.8. Técnicas y análisis de datos	63
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>64</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>64</b>
4.1. Jugo de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco	64
4.1.1. Asentamiento	64
4.1.2. Temperatura	66
4.1.3. Tiempo de fragua	67
4.1.4. Aire incorporado	68
4.2. Propiedades del jugo maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido	70
4.2.1. Resistencia a la compresión	70
4.2.2. Resistencia a la flexión	71
4.3. Estimar la intervención del jugo de maguey en el control de fisuras en losas aligeradas	73
4.4. Influencia de la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco	75
4.4.1. Slump	75
4.4.2. Temperatura	76
4.4.3. Tiempo de fragua	78
4.4.4. Aire incorporado	79
4.5. Influencia de la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido	81
4.5.1. Resistencia a la compresión	81
4.5.2. Resistencia a la flexión	82
4.6. Fibra de maguey en el control de fisuras en losas aligeradas	84
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>87</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>87</b>
5.1. Jugo de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco	87
5.2. Jugo de maguey en propiedades del concreto en estado endurecido	89
5.3. Jugo de maguey en el control de fisuras en losas aligeradas	90



5.4. Fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco	91
5.5. Fibra de maguey en propiedades del concreto en estado endurecido	92
5.6. Fibra de maguey en el control de fisuras en losas aligeradas	93
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>95</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>98</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>99</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO N° 02: INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO N° 04: PANEL FOTOGRÁFICO</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO N°05: OTROS DOCUMENTOS DE IMPORTANCIA</b>	<b>117</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maguey.	29
Tabla 2. Composición de la hoja maguey	30
Tabla 3. Valores promedio provistos de hojas técnicas de datos para fibras de fibras vegetales.	31
Tabla 4. Tamaño de malla y el porcentaje en peso para el agregado fino.	36
Tabla 5. Límites máximos permisibles para el agua de mezcla y curado.	41
Tabla 6. Temperatura mínima del concreto para ser colocado.	44
Tabla 7. Tiempos programados para la rotura.	45
Tabla 8. Factor de corrección para L/D.	46
Tabla 9. Clasificación de fallas en estructuras de concreto.	51
Tabla 10. Operacionalización de variables.	54
Tabla 11. Detalle de muestreo.	56
Tabla 12. Datos generales para el diseño de losa aligerada.	60
Tabla 13. Predimensionamiento de la losa aligerada.	60
Tabla 14. Metrado de cargas.	61
Tabla 15. Diseño del acero para la losa aligerada.	62
Tabla 16. Verificación por corte.	62
Tabla 17. Acero de temperatura.	63
Tabla 18. Slump del concreto con adición de jugo de maguey.	64
Tabla 19. Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y el slump.	65
Tabla 20. Temperatura del concreto con adición de jugo de maguey.	66
Tabla 21. Correlación de Pearson entre jugo de maguey y temperatura.	67
Tabla 22. Tiempo de fragua del concreto con adición de jugo de maguey.	67

Tabla 23. Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y el tiempo de fragua.	68
Tabla 24. Aire incorporado del concreto con adición de jugo de maguey.	68
Tabla 25. Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y el aire incorporado.	69
Tabla 26. Resistencia a la compresión del concreto con adición de jugo de maguey.	70
Tabla 27. Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y la resistencia a compresión.	71
Tabla 28. Resistencia a la flexión del concreto adicionando jugo de maguey.	71
Tabla 29. Número, ancho y longitud de fisuras en losas aligeradas al 7° día.	73
Tabla 30. Número, ancho y longitud de fisuras en losas aligeradas al 14° día.	73
Tabla 31. Número, ancho y longitud de fisuras en losas aligeradas al 28° día.	73
Tabla 32. Densidad de fisuras en losas aligeradas.	74
Tabla 33. Slump del concreto con adición de fibra de maguey.	75
Tabla 34. Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y el slump.	76
Tabla 35. Temperatura del concreto con adición de fibra de maguey.	76
Tabla 36. Correlación de Pearson entre fibra de maguey y temperatura.	77
Tabla 37. Tiempo de fragua del concreto con adición de fibra de maguey.	78
Tabla 38. Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y el tiempo de fragua.	79
Tabla 39. Aire incorporado del concreto con adición de fibra de maguey.	79
Tabla 40. Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y el aire incorporado.	80

Tabla 41. Resistencia a la compresión del concreto con adición de fibra de maguey.	81
Tabla 42. Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y la resistencia a compresión.	82
Tabla 43. Resistencia a la flexión del concreto adicionando fibra de maguey.	82
Tabla 44. Número, ancho y longitud de fisuras en losas aligeradas al 7° día.	84
Tabla 45. Número, ancho y longitud de fisuras en losas aligeradas al 14° día.	84
Tabla 46. Número, ancho y longitud de fisuras en losas aligeradas al 28° día.	84
Tabla 47. Densidad de fisuras en losas aligeradas.	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación espacial	21
Figura 2. Planta silvestre de maguey (agave americana L.)	30
Figura 3. Típica Fisuración por retracción plástica.	49
Figura 4. Fisura formada debido a una precipitación obstruida.	50
Figura 5. Momento flector.	61
Figura 6. Fuerza cortante.	61
Figura 7. Slump del concreto con adición de jugo de maguey.	65
Figura 8. Temperatura del concreto con adición de jugo de maguey.	66
Figura 9. Tiempo de fragua del concreto con adición de jugo de maguey.	67
Figura 10. Aire incorporado del concreto con adición de jugo de maguey.	69
Figura 11. Resistencia a la compresión del concreto con adición de jugo de maguey.	70
Figura 12. Resistencia a la flexión del concreto adicionando jugo de maguey.	72
Figura 13. Número de fisuras en losas aligeradas al 7°, 14° y 28° días.	74
Figura 14. Densidad de fisuras en losas aligeradas.	75
Figura 15. Slump del concreto con adición de fibra de maguey.	76
Figura 16. Temperatura del concreto con adición de fibra de maguey.	77
Figura 17. Tiempo de fragua del concreto con adición de fibra de maguey.	78
Figura 18. Aire incorporado del concreto con adición de fibra de maguey.	80
Figura 19. Resistencia a la compresión del concreto con fibra de maguey.	81
Figura 20. Resistencia a flexión del concreto adicionando fibra de maguey.	83
Figura 21. Número de fisuras en losas aligeradas al 7°, 14° y 28° días.	85
Figura 22. Densidad de fisuras en losas aligeradas al 7°, 14° y 28° días.	86

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cómo se relaciona del maguey con las propiedades del concreto y el fisuramiento de losas aligeradas en Huancayo?, el objetivo general fue: Evaluar la relación del maguey en las propiedades del concreto y en el fisuramiento de losas aligeradas en Huancayo y la hipótesis general fue: El uso del maguey mejora las propiedades del concreto y disminuye el fisuramiento de losas aligeradas.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, de nivel descriptivo - explicativo y de diseño experimental. La población estuvo conformado por 84 probetas de concreto, 42 vigas de concreto y 3 losas, no se utilizó la técnica de muestreo, sino el censo, dado que la población fue pequeña.

Como conclusión principal se tuvo que el jugo y fibra de maguey mejora en las propiedades del concreto; además reduce el fisuramiento en losas.

**Palabras clave:** Maguey, fisura, concreto y losa aligera.

## **ABSTRACT**

The present investigation had as a general problem: How does maguey relate to the properties of concrete and the cracking of lightened slabs in Huancayo? The general objective was: To evaluate the relationship of maguey in the properties of concrete and in the cracking of lightened slabs in Huancayo and the general hypothesis was: The use of maguey improves the properties of concrete and decreases the cracking of lightened slabs.

The general method of investigation was scientific, the type of investigation was applied, of descriptive - explanatory level and of experimental design. The population consisted of 84 concrete specimens, 42 concrete beams and 3 slabs. The sampling technique was not used, but the census, since the population was small.

The main conclusion was that maguey juice and fiber improves the properties of concrete; it also reduces cracking in slabs.

**Keywords:** Maguey, fissure, concrete and lightweight slab

## INTRODUCCIÓN

La tesis titulada: Influencia del maguey en las propiedades del concreto y en el fisuramiento de losas aligeradas en Huancayo, tiene como objetivo evaluar la influencia del jugo y fibra de maguey en las propiedades del concreto y en el fisuramiento de losas aligeradas en Huancayo; se tiene entendido que, el concreto al ser el material más utilizado en la construcción, trae consigo que, en los últimos años se incremente el manejo de aditivos fundamentalmente sintéticos para la mejora de sus propiedades tanto en estado fresco y endurecido; situación por la cual, es necesario el estudio de aditivos naturales a fin de reducir los impactos negativos al medio ambiente; en tal sentido, la presente investigación muestra los resultados de los ensayos en el concreto en su estado fresco (Slump, temperatura, tiempo de fragua y aire incorporado) y estado endurecido (Resistencia a compresión y flexión) considerando la adición de jugo y fibra de maguey; también se ha evaluado fisuras en losas aligeradas. Con los resultados obtenidos se pretende fomentar del uso de aditivos naturales a diferencia de los sintéticos.

El desarrollo de la presente investigación está estructurado en 5 capítulos, que son los siguientes:

El Capítulo I desarrolla el problema de investigación considerando el planteamiento, formulación y sistematización del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos.

El Capítulo II se refiere al marco teórico mostrando los antecedentes nacionales e internacionales, marco conceptual, definición de términos, bases legales, hipótesis y variables.



El Capítulo III trata sobre la metodología, resaltando el método, tipo, nivel y diseño de investigación; asimismo, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV describe los resultados en función a los objetivos planteados.

El Capítulo V desarrolla la discusión de los resultados.

Finalizando la investigación están las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Huarcaya Escobedo, Paul Orlando.

Bach. Fernandez Ladera, David Aquiles.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

Actualmente el concreto es el material más utilizado en la construcción, por su versatilidad en la elaboración, aplicación y buen comportamiento en la resistencia a compresión, aunque con desventajas a la tracción, flexión y cortante (Pajares, 2015). Esto ha traído consigo que, en los últimos años se incremente la utilización de aditivos fundamentalmente sintéticos para la mejora de la durabilidad y la presentación visual de este (Jaramillo, 2009).

Asimismo, se está dando un avance en los materiales compuestos a base de cerámicos, plásticos y cemento que incorporan fibras para mejorar las propiedades físicas y mecánicas (Juárez, 2002) a fin de reducir los compuestos sintéticos; esto representa uno de los avances tecnológicos más grandes en materiales de construcción (Ochoa, 2009).

En el Perú al igual que la mayoría de los países suramericanos la actividad agrícola genera numerosos residuos orgánicos que generan un

gran impacto ambiental y la preocupación sobre el adecuado manejo de los mismos, entonces de considerar su uso tal como el maguey en la industria de la construcción, podría disminuir estos, adicional a ello se agregaría un valor para los cultivadores y ofrecería alternativas a los productores de materiales de construcción (Ochoa, 2009).

En tal sentido, en la presente tesis se pretende investigar las propiedades del jugo y fibras de maguey como aditivo y su influencia en las propiedades físicas del concreto en estado fresco, endurecido y el fisuramiento en losas aligeradas; considerando las condiciones de la ciudad de Huancayo.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo se relaciona del maguey con las propiedades del concreto y el fisuramiento de losas aligeradas en Huancayo?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es la relación del jugo de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco?
- b) ¿De qué manera el jugo de maguey modifica las propiedades del concreto en estado endurecido?
- c) ¿Cómo incide el jugo de maguey en el fisuramiento de losas aligeradas?
- d) ¿De qué manera la fibra de maguey se relaciona con las propiedades del concreto en estado fresco?

e) ¿Cuál es la relación de la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido?

f) ¿De qué manera la fibra de maguey incide en el fisuramiento de losas aligeradas?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Práctica o social**

La justificación práctica corresponde cuando la investigación resolverá un problema o por lo menos propone estrategias que ayudarán a resolverlo; en tal sentido, la presente investigación buscó dar un uso alternativo a los productos que se obtiene del maguey como son la fibra y el jugo; pues estos al crecer de manera descontrolada, son quemados por los agricultores o ganaderos; generando así contaminación del ambiente. Cabe resaltar que su uso también es factible como aditivo incorporador de aire tal como se demuestra en la presente investigación.

#### **1.3.2. Justificación metodológica**

Al ser la investigación quien establezca estrategias para generar conocimientos y procedimientos presenta una justificación metodológica, en tal sentido esta investigación plantea la metodología del empleo del jugo y la fibra de maguey para la elaboración de concreto simple.

### **1.4. Delimitaciones**

#### **1.4.1. Espacial**

La presente investigación se desarrolló en la Región Junín, provincia de Huancayo y distrito de Huancayo

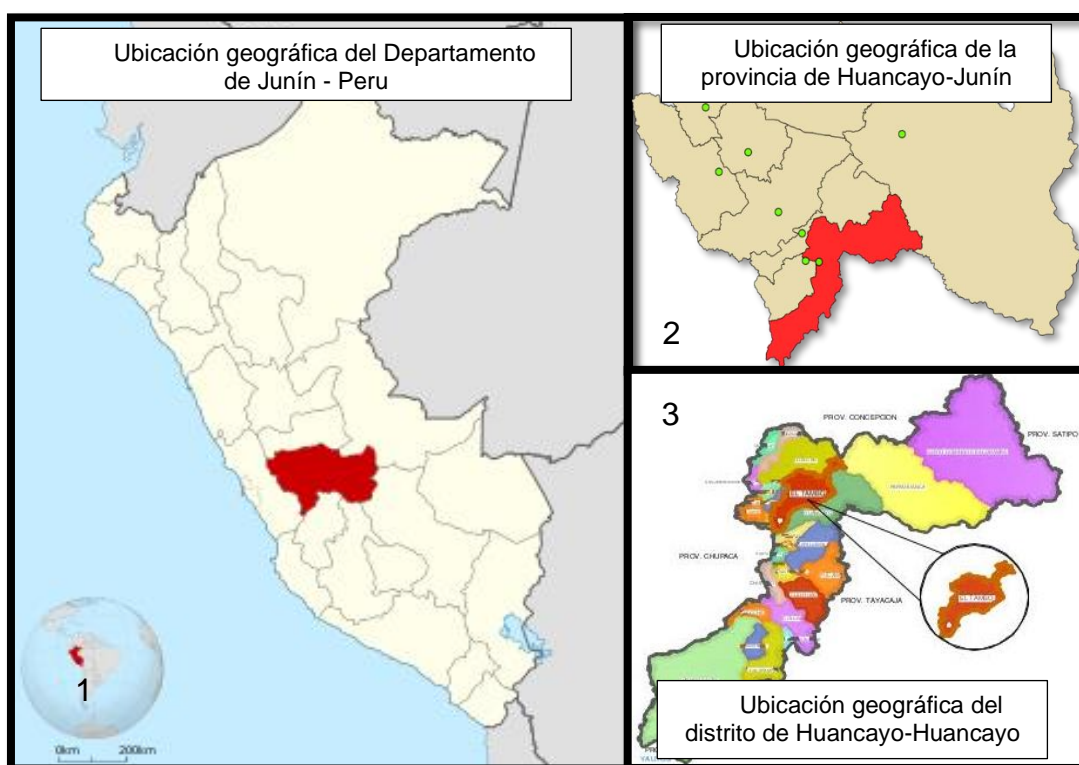


Figura 1. Delimitación espacial

#### 1.4.2. Temporal

La investigación se realizó en el año 2017 (entre los meses de setiembre hasta diciembre) y enero a mayo de 2018.

### 1.5. Limitaciones

#### 1.5.1. Económicas.

No contamos con los recursos económicos para la compra o alquiler de los equipos para optimizar los tiempos de extracción y tratamiento del Maguey, así como también para la contratación de mano de obra calificada para poder cumplir con los

procedimientos correctos para la extracción de la fibra y el jugo de Maguey.

### **1.5.2. Tecnológicas**

No contamos con los equipos mecánicos adecuados para la extracción del jugo y los procesos de tratamiento para el secado de las fibras

### **1.5.3. Humanas**

Solo se contó con un (01) Peón para los trabajos de extracción del Maguey.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Evaluar la relación del maguey en las propiedades del concreto y en el fisuramiento de losas aligeradas en Huancayo.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar cuál es la relación del jugo de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco.
- b) Establecer como el jugo maguey modifica las propiedades del concreto en estado endurecido.
- c) Estimar la incidencia del jugo de maguey en el control de fisuras en losas aligeradas.
- d) Determinar cuál es la relación entre la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco.

- e) Estimar la relación entre la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido.
- f) Determinar la incidencia de la fibra de maguey en el control de fisuras en losas aligeradas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

A nivel nacional no se cuenta con antecedentes referentes al uso de jugo y fibra de maguey; sin embargo, algunas tesis que relacionan el concreto con materiales orgánicos se muestran a continuación:

Herrera y Polo (2017) en su investigación “Estudio de las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Arequipa, utilizando fibras naturales y sintéticas, aplicando para el control de fisuras por retracción plástica” analizó las propiedades mecánicas de un concreto adicionado con fibras naturales y sintéticas, aplicado para el control de fisuras por retracción plástica, para tal fin utilizaron Chema fibra ultra fina como fibra sintética en proporción de 300 g/m<sup>3</sup> y compararon con fibra de caña de azúcar y maguey como fibra natural en proporciones del 0.1%, 0.5% y 1%



del volumen total. Como conclusiones obtuvieron que, en el concreto fresco a medida que se incrementa el valor porcentual de contenido de fibra en la mezcla, menor será la trabajabilidad, el volumen y la velocidad de exudación; no obstante, las apariciones de fisuras por retracción plástica disminuyen; además concluyen que, la fibra mantiene fuertemente unida la matriz hasta mayores niveles de carga; es decir, se presenta mayor resistencia a la fractura.

Pajares (2015) en su tesis "Análisis del incremento de la resistencia mecánica del concreto con la adición de fibra vegetal" analizó el incremento de la resistencia mecánica del concreto con la adición de fibra vegetal (Cabuya) en diferentes porcentajes (0.5%, 1.00% y 2.00% del volumen del concreto), también consideró la reducción de costos basados en la resistencias alcanzadas para un concreto patrón  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , para ello elaboró 72 vigas y 144 cilindros para someterlos a compresión y tracción a los 7, 14 y 28 días. Como resultados obtuvo que en las tres dosificaciones el concreto incrementa su resistencia hasta en un 7.05% en compresión y en un 16.01% en flexión; además logró determinar que el costo más económico en relación de la resistencia a compresión es con la adición del 0.5% e cabuya, mientras que en tracción y compresión se logra con una dosificación del 1%.

Díaz (2016) en su investigación “Concreto reforzado con fibra natural de origen animal (plumas de aves)” determinó el contenido óptimo de las fibras en el concreto teniendo en cuenta la inhibición causadas por la contracción plástica, para lo cual estudió las propiedades del concreto endurecido, utilizando fibra sintética y fibra natural de origen animal. Por ello, realizó un análisis comparativo entre fibra sintética y fibra natural de origen animal (plumas de aves), como conclusión obtuvo que las fibras naturales pueden reemplazar a las fibras artificiales ya que presentan muy poca diferencia, además disminuyen su costo y tendría un impacto ambiental positivo.

#### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

Jaramillo (2009) realizó la investigación “Evaluación del jugo de fique como aditivo ocluser de aire y su influencia en la durabilidad y resistencia del concreto” llegó a las siguientes conclusiones: Respecto a las características del jugo de fique, posee mayor estabilidad surfactante que el aditivo convencional; el uso de jugo de mayor edad disminuye la capacidad espumante y la estabilidad, la presencia del cemento beneficia la acción espumante del jugo del fique hasta en un 20% y 60%; respecto al mortero en estado fresco el jugo de fique aumenta la plasticidad con relaciones de agua y cemento constantes hasta el 18% con el 3% del jugo de mezcla, disminuye hasta un 72% el contenido de agua respecto a otros aditivos, en los morteros de estado endurecido el juego del

fique reduce la densidad respecto a la muestra control, tanto la resistencia a flexión y a compresión es menor a la muestra patrón, la densidad disminuyó con la adición de porcentajes mayores de jugo de fique hasta en un 30%. En el concreto en estado fresco el jugo de fique aumentó el asentamiento, ocluyó el aire hasta un 10%, en el concreto en estado endurecido el jugo de fique generó microporos de varios tamaños entre 0 y 250 micras, con una adición de 3% de aditivo, las resistencias son similares con las de la muestra patrón y por último recomienda que, el jugo de fique puede clasificarse como aditivo airante ya que se logró aumentar la resistencia hasta un 28% al reducirse la cantidad de agua en las mezclas.

Cortés (2009) realizó la investigación “Propiedades mecánicas a tensión de las fibras del bagazo del Agave angustifolia Haw, residuo de la producción artesanal del mezcal”, llegando a las siguientes conclusiones: La variación del diámetro tiene un efecto en las propiedades mecánicas a tensión; el cambio de longitud tiene un efecto en las propiedades mecánicas a la tensión disminuyendo el RUT de 14.83 a 13.99 MPa, mientras que el ME incrementa de 0.20 a 0.24 GPa; la fibras del bagazo del agave angustifolia Haw es visco elástico, ya que existe una relación no lineal entre la carga aplicada y la deformación resultante, que forma una curva e indica el incremento en la velocidad de deformación producida por el aumento en el esfuerzo y con ello la variación de

la resistencia última. La investigación en mención hace referencia de que es posible utilizar como aditivo las fibras de bagazo del *Agave angustifolia* Haw, pues mejora las propiedades a flexión del concreto, por lo que da cabida a la aplicación de este material para el control de fisuras y la evaluación de la influencia en las propiedades físicas en el concreto.

Ochoa (2009) realizó la investigación “Uso del licor de plantas agaváceas como aditivo en morteros y hormigones” llegó a las siguientes conclusiones: Las plantas de agave americana aumentan la plasticidad de la mezcla con relaciones de a/c constante, disminuye el contenido de agua hasta en un 12%, ocluye el aire hasta en un 13%, incrementa el tiempo de fraguado debido a la presencia de azúcares; en los morteros endurecidos incrementa la resistencia a absorción capilar, reduce la densidad y la resistencia a flexotracción; no obstante, reduce la resistencia a la compresión; en los hormigones el licor de agave incrementa el asentamiento, disminuye la exudación en los hormigones frescos, ocluye altos porcentajes de aire con microporos de 0 hasta 250 micras, asimismo, la cantidad de aire retenido depende del tipo de cemento, así como la resistencia a la compresión y en general la resistencia se vio reducida hasta en un 75%.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Generalidades sobre el maguey

Jaramillo (2009) señala que son plantas grandes de tallo erguido, densamente pobladas de hojas en forma radial con una altura que varía entre 7 y 2 m, sus hojas son largas, angostas, carnosas, puntiagudas, acanaladas, dentado espinosas en algunas variedades y de color verde, el ancho de las hojas maduras varía entre 10 y 20 cm y el largo entre 1 y 2 m.

Sólo florece una vez y su flor es de color blanco verdoso; pueden encontrarse plantas con más de cincuenta años de edad, pero su período típico de vida varía entre 10 y 20 años.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maguey.

Clasificación Taxonómica	
Reino	Vegetal
Phylum	Tracheophyta
División	Spermatophyta
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotiledonea
Orden	Liliflorae
Familia	Agavaceae
Género	Furcraea

Fuente: Jaramillo (2009)

Según Jaramillo (2009) el jugo de maguey es una suspensión con características variables, dependiendo de la edad, la estación del año y la fertilidad del suelo, es de color verde ocre, tiene un olor fuerte característico, y es muy corrosivo.

Su densidad media a escala experimental es de 1,02 kg/l y su pH varía entre 4 y 5, sus constituyentes se conocen en forma cualitativa, éstos son básicamente agua, celulosa, materia orgánica

y minerales, que porcentualmente presentan los siguientes valores: 85% humedad, 6% celulosa (D-glucosa), 8% parte orgánica y amorfa: sacarosa, proteínas, nitrógeno, fósforo, calcio, potasio, saponinas y sapogeninas; y un 1% minerales (Jaramillo, 2009).

Tabla 2. Composición de la hoja maguey

Componente	% en la hoja	% útil
Fibra	5	4
Jugo	70	40
Estopa	8	3
Bagazo	17	10

Fuente: Jaramillo (2009).

En el Perú, el maguey es considerado como una especie resistente a las sequías pues se adaptan con facilidad a otros climas y tipos de suelos, encontrándose asociada a partir de los 2500 msnm (Pineda y Uribarri, 2014).



Figura 2. Planta silvestre de maguey (agave americana L.)

Fuente: Pineda y Uribarri (2014).

### 2.2.2. Propiedades mecánicas a tensión de las fibras vegetales

Para Warmer (1995) las propiedades mecánicas a la tensión son las más importantes en las fibras, en particular de las fibras industriales, dado que son típicamente usadas en tensión o esfuerzos complejos que incluyen tensión. Por ejemplo, pueden necesitar una resistencia mínima cuando están sujetas a carga, o pueden necesitar elongación mínima por extensiones impuestas.

Para Reidel y Nickel (2003) cuando se usan como refuerzo en un compuesto, su alta resistencia a la tensión y rigidez determinan la rigidez y la resistencia a la tensión del compuesto, mientras la matriz mantiene unidad la fibra, transmiten las fuerzas de corte, y funciona como un recubrimiento.

Tabla 3. Valores promedio provistos de hojas técnicas de datos para fibras de fibras vegetales.

Tipo de fibra	Densidad (gr/cc)	Diámetro (μm)	RUT (Mpa)	ME (Gpa)	Deformación (%)
Flax	1.4 - 1.5	19	500 - 900	50 - 70	1.5 - 4
Hemp	1.48	25	300 - 800	30 - 60	2 - 4
Jute	1.3 - 1.5	20	200- 500	20 - 55	2 - 3
Maguey	-	-	55.6	4.6	3
Sisal	1.45	100 - 300	100 - 800	9 - 22	3 - 14
Curauá	-	97	1250 - 3000	30 -80	4.5 - 6
Coco (Brasil)	-	40 - 400	95 - 174	2.5 - 4.5	13.7 - 41

Fuente: Herrera y Polo (2017).

### 2.2.3. Aditivos en el concreto

Según la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones el aditivo es la sustancia añadida a los componentes del concreto a fin de modificar algunas de las propiedades y hacerlo mejor para el fin que se destine.

Para Abanto (2009) los aditivos son utilizados principalmente para las siguientes características del concreto:

- Incremento de la trabajabilidad sin modificar el contenido de agua.
- Retardar o acelerar el tiempo de fraguado inicial.
- Acelerar el desarrollo de la resistencia en la primera edad.
- Modificar la velocidad de producción de calor de hidratación.
- Reducir la exudación.
- Incrementar la durabilidad o resistencia en condiciones severas de exposición.
- Reducir la permeabilidad a los líquidos.
- Disminuir la segregación.
- Reducir la contracción.
- Incrementar la adherencia del concreto viejo y nuevo.
- Mejorar la adherencia del concreto con el refuerzo.

#### **2.2.4. Tipos de aditivos para concreto**

Abanto (2009) resalta los siguientes aditivos:

- **Plastificante, reductor de agua**

Mejora la consistencia del concreto y reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir concreto de determinada consistencia.

- **Retardador**

Alarga el tiempo de fraguado del concreto.



- **Acelerador**

Acorta el tiempo de fraguado y el desarrollo de la resistencia inicial del concreto.

- **Plastificante y retardador**

Reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada y retarda el tiempo de fraguado.

- **Plastificante y acelerador**

Reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada y acelera el tiempo de fraguado y el desarrollo de su resistencia.

- **Incorporador de aire**

Incrementa la resistencia del concreto a la acción de las heladas pues introduce burbujas diminutas en la mezcla de cemento endurecida; estas burbujas amortiguan los esfuerzos inducidos por la congelación y la descongelación.

- **Adhesivos**

Mejorar la adherencia con el refuerzo del concreto. También se presentan los impermeabilizantes e inhibidores de corrosión.

### **2.2.5. Materiales para la elaboración de concreto**

- **Cemento**

“El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, es un material inorgánico o mineral que, después de ser pulverizado

finamente y amasado a continuación con agua, forma una pasta que, por reacciones y procesos de hidratación, fragua y endurece manteniendo, incluso bajo el agua, su resistencia y estabilidad” (SENCICO, 2014).

Las propiedades del cemento físicas y mecánicas son:

- Peso específico: El peso específico del cemento es el material en estado compacto. Su valor suele estar entre 3.0 y 3.2 gr/cm<sup>3</sup>.
- Superficie específica (finura): La finura de un cemento es función del grado de molienda del mismo y está íntimamente ligado a su valor hidráulico. Puesto que la hidratación de los granos de cemento ocurre desde la superficie hacia el interior, el área superficial total de las partículas de cemento constituye el material de hidratación. La importancia de la finura de un cemento radica en la influencia que puede tener sobre la velocidad de hidratación, la resistencia inicial y el calor generado.
- Fraguado: se refiere a un cambio del estado fluido al estado rígido. Aunque durante el fraguado la pasta adquiere cierta resistencia, para efectos prácticos es conveniente distinguir el fraguado del endurecimiento, pues este último término se refiere al incremento de resistencia de una pasta de cemento fraguada.

- Resistencias mecánicas: La resistencia mecánica del cemento endurecido es la propiedad del material que posiblemente resulta más obvia en cuanto a los requisitos para usos estructurales. Por lo tanto, no es sorprendente que las pruebas de resistencia estén indicadas en todas las especificaciones del cemento.
- Compacidad de los cementos: La compacidad es una característica usualmente asociada a la mecánica de suelos, sin embargo, la particularidad de las mezclas de concreto de usar materiales granulares abarcan este concepto, el cual ha sido recientemente usado para caracterizar a los cementos y su interacción con los aditivos plastificantes y superplastificantes.

- **Agregado fino**

Para Polanco (2014) los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

- **Análisis granulométrico del agregado fino**

Los requisitos de la norma ASTM C 33, permiten un rango relativamente amplio en la granulometría del agregado fino, pero las especificaciones de otras organizaciones son a veces más limitantes. La granulometría más conveniente para el agregado fino, depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y del tamaño máximo del agregado grueso.

En mezclas más pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad.

En general, si la relación agua-cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino a grueso se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango en la granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia (Polanco, 2014).

Tabla 4. Tamaño de malla y el porcentaje en peso para el agregado fino.

Tamaño de la malla	Porcentaje que pasa en peso
9.52 mm (3/8")	100
4.75 mm (N°04)	95 a 100
2.36 mm (N°08)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
0.60 mm (N°30)	25 a 60
0.30 mm (N°50)	10 a 30
0.15 mm (N°100)	2 a 10

Fuente: Manual de prácticas de laboratorio de concreto (Polanco, 2014)

- **Módulo de finura del agregado fino**

Según la NTP.400.012 (2013) el módulo de finura es un índice aproximado del tamaño medio de las partículas de los

agregados, siendo proporcional con el grosor del agregado se usa para controlar la uniformidad de los agregados además sirve como medida de valor lubricante del agregado dado, en el entendimiento que, cuando mayor es el módulo de finura, menos será el valor lubricante, igualmente menor la demanda de agua por área superficial.

$$M.F = \%Acum.ret \frac{11/2'' + 3/4'' + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

- **Peso específico del agregado fino**

Para Polanco (2014) es la relación, a una temperatura estable, de la masa (o peso en el aire) de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas.

$$peso\ específico\ masa = \frac{Peso\ Seco}{V\ recipiente - V\ agua\ añadida\ en\ recipiente}$$

- **Absorción del agregado fino**

Según la NTP:400.021 (2013) es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera “seco” cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de 100 °C ± 5 °C por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar.

$$\%Absorción = \frac{500 + Peso\ Seco}{Peso\ Seco} \times 100$$

- **Contenido de humedad del agregado fino**

Para Polanco (2014) es la cantidad de agua que posee una muestra de agregado fino, con respecto al peso de la muestra. Esta prueba se lleva a cabo antes de hacer una mezcla de concreto, con el fin de hacer los ajustes en la cantidad de agua de mezclado

$$w = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de arean seca}} \times 100$$

- **Peso unitario del agregado fino**

El peso volumétrico (también llamado peso unitario o densidad en masa) de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado. El peso volumétrico aproximado de un agregado usado en un concreto de peso normal, varía desde aproximadamente 1,200 kg/m<sup>3</sup> a 1,760 kg/m<sup>3</sup> (Polanco 2014).

$$P_{vss} = \frac{W_m}{V_r}$$

- **Impurezas orgánicas en el agregado fino**

Según la NTP:400.013 (2014) el agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica cuando se determine conforme el ensayo colorimétrico de (Impurezas Orgánicas) de carácter cualitativo, se deberá considerar satisfactorio. Mientras que el agregado fino que no cumpla con el ensayo anterior, podrá ser usado si al determinarse

impurezas orgánicas, la resistencia a compresión medida a los 7 días no es menor de 95%.

- **Agregado grueso**

Para Polanco (2014) los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm.

- **Peso unitario del agregado grueso**

Se obtiene de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos, el procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en la NTP:400.017 (2016). Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. Dentro del Peso Unitario podemos destacar dos casos: Peso Unitario Suelto y el Peso Unitario Compacto.

- **Peso específico del agregado grueso**

La NTP:400.021 (2013) define que es la relación, a una temperatura estable, de la masa (o peso en el aire) de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas.

$$\text{peso específico} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso sss} - \text{peso en agua de la muestra}}$$

- **Absorción y contenido de humedad del agregado grueso**

Según Abanto (2009) la absorción y el contenido de humedad se puede obtener mediante las siguientes fórmulas:

$$\%Absorción = \frac{Peso\ sss - peso\ seco}{peso\ seco} \times 100$$

$$\%Contenido\ de\ humedad = \frac{Peso\ muestra\ natural - peso\ seco}{peso\ seco} \times 100$$

- **Agua de mezclado**

Según Abanto (2009) el agua de mezclado, está compuesta por el agua agregada al elaborar un pastón más la proveniente de la humedad superficial de los agregados, siendo sus principales funciones:

- Reaccionar con el cemento, produciendo su hidratación.
- Actuar como un lubricante, contribuyendo a la trabajabilidad de la mezcla fresca.
- Asegurar el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación.

La cantidad de agua necesaria para una adecuada trabajabilidad del concreto, siempre es mayor a la cantidad necesaria para la hidratación completa del cemento (22-25 %). Es muy importante el aspecto cuantitativo del agua de mezclado.

- **Evaluación de la calidad del agua**

De acuerdo a la Norma NTP:339.088 (2015) menciona que en caso de dudas acerca de la aptitud del agua para la elaboración y curado del concreto, así como para el lavado de



los agregados, se debe someter una muestra a ensayos de laboratorio. Los límites máximos permisibles para el mezclado del agua se muestran a continuación:

Tabla 5. Límites máximos permisibles para el agua de mezcla y curado.

Descripción	Unidad	Límite Permissible
Sólidos en suspensión	Ppm	5000
Materia orgánica	Ppm	3
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	Ppm	1000
Sulfato (ión SO <sub>4</sub> )	Ppm	600
Cloruros (Ión CL <sup>-</sup> )	Ppm	1000
pH		5 a 8

Fuente: NTP:339.088 (2015).

### 2.2.6. Ensayo de fluidez de asentamiento

Está en base a lo enmarcado por la NTP:339.219 (2013) considerado como ensayo de extensión de flujo o slump, viene a ser uno de los métodos más simples y el más utilizado. Este corresponde a la siguiente fórmula:

$$\text{Fluidez de asentamiento} : \frac{(d_1 + d_2)}{2}$$

Donde, d<sub>1</sub>: el mayor diámetro de la expansión circular del concreto;  
d<sub>2</sub>: La expansión circular del concreto en un ángulo aproximadamente perpendicular a d<sub>1</sub>.

### 2.2.7. Fragua

Se aplica a concretos con un asentamiento mayor a cero, considerando condiciones controladas de laboratorio y en obra. El proceso de fragua se inicia obteniendo la mezcla fresca de concreto, el mortero se coloca en un recipiente y se almacena en una temperatura ambiente especificada, a tiempos regulares se mide la resistencia a la penetración del mortero por agujas estándar. Se realiza una gráfica de

la resistencia a la penetración respecto al tiempo transcurrido, de ello se determina los tiempos de fragua inicial y fragua final (ASTM C403, 2013).

Los tiempos de fragua se da a partir del contacto de cemento y agua, en el tiempo de fragua inicial presenta una resistencia a la penetración de 35 kg/cm<sup>2</sup> y el tiempo de fragua final presenta una resistencia a la penetración de 280.7 kg/cm<sup>2</sup> (ASTM C403, 2013).

- **Equipos y herramientas de uso**

- **Contenedor:** De acuerdo a la norma ASTM C403 (2013) el contenedor debe ser rígidos, herméticos y libres de aceite o de grasa. Además, debe tener un área de superficie para realizar 10 lecturas de resistencia a la penetración.
- **Agujas de penetración:** Según la norma ASTM C403 (2013) deben ser agujas acopladas al aparato de carga, con las siguientes áreas de contacto: 645, 323, 161,65,32 y 16 mm<sup>2</sup> (1, ½, ¼, 1/10, 1/20 y 1/40 pulg<sup>2</sup>)
- **Varilla apisonadora:** Según la norma ASTM C403 (2013) las varillas apisonadoras son de acero redonda y recta de 16 mm(5/8 pulg) de diámetro y 600 mm (24 pulg) de longitud, ambos extremos redondeados con punta semiesférica de diámetro 16 mm (5/8 pulg).
- **Pipeta:** Según la norma ASTM C403 (2013) la pipeta es para extraer agua de exudación de la superficie del ensayo.

- **Termómetro:** Según la norma ASTM C403 (2013) el termómetro debe medir con una aproximación  $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 1^{\circ}\text{F}$ ).
- **Procedimiento**
  - Sacar el agua de exudación con una pipeta, inclinando en un ángulo de  $10^{\circ}$  horizontal, colocar un soporte en uno de los extremos por unos 2 min antes de remover el agua (ASTM C403, 2013).
  - Insertar en la muestra una aguja de penetración de tamaño adecuado dependiendo del grado de endurecimiento y aplicar una fuerza hacia abajo hasta que la aguja penetre a una profundidad de  $25 \pm 2\text{mm}$  ( $1 \pm 1/16$  pulg). Se calcula la resistencia de penetración dividiendo la fuerza aplicada dentro en el área de apoyo de la aguja. La distancia libre debe ser de dos diámetros de aguja no menor de 15 mm ( $1/2$  pulg). Donde el área oscura permite las penetraciones (ASTM C403, 2013).
  - Se realiza un ensayo inicial después de 3 a 4 horas de contacto de cemento y agua. Los ensayos siguientes se realizan a un intervalo de  $1/2$  a 1 h (ASTM C403, 2013).
  - Realizar por lo menos seis penetraciones para cada ensayo. Continuar con el ensayo hasta obtener una resistencia a la penetración que sea igual o superior que 27.6 MPa (ASTM C403, 2013).

### 2.2.8. Temperatura del concreto

El proceso para medir la temperatura del concreto lo establece la NTP:339.184 (2013), este se utiliza para verificar la conformidad con un requerimiento de concreto fresco en obra, asimismo se fundamenta en la siguiente tabla:

Tabla 6. Temperatura mínima del concreto para ser colocado.

Tamaño de la sección (mm)	Temperatura mínima °C
< 300	13
300 - 900	10
900 - 1800	7
> 1800	5

Fuente: NTP 399.114 (2012).

### 2.2.9. Contenido de aire

Según Rodriguez (2016) la medición del contenido de aire está en base a la NTP 399.083, el cual establece una relación entre los poros no saturables del agregado y entre los componentes del concreto, ya sea por el procedimiento de mezclado o el empleo de algún tipo de aditivo.

### 2.2.10. Resistencia a la compresión

Según la norma NTP 339.034 (2015) el ensayo para determinar la resistencia a la compresión se basa en los siguientes pasos:

- **Equipo y herramientas de uso**

- **Máquina de ensayo:**

- Sera de capacidad conveniente y capaz de proveer una velocidad de carga determinada. Debe estar calibrado las maquinas anualmente y no exceder los 13 meses. El margen

de error para las cargas no debe exceder de  $\pm 1,0$  % de la carga indicada. Siendo las probetas ensayadas en su condición de su humedad (NTP 339.034, 2015).

▪ **Procedimiento según NTP 339.034**

- El ensayo de compresión se realizara después de retirar de donde está almacenado en estado húmedo (NTP 339.034, 2015).
- Serán ensayadas de acuerdo al tiempo de tolerancia establecida:

Tabla 7. Tiempos programados para la rotura.

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	$\pm 0.5$ h ó 2.1 %
3 d	$\pm 2$ h ó 2.8 %
7 d	$\pm 6$ h ó 3.6 %
28d	$\pm 20$ h ó 3.0 %
90 d	$\pm 48$ h ó 2.2%

Fuente: NTP 339.034 (2015).

- Colocar el bloque en el inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo y luego alinear los ejes de la probeta (NTP 339.034, 2015).
- Antes de ensayar verificar que el indicador de carga este en cero (NTP 339.034, 2015).
- La carga será aplicada a una velocidad de esfuerzo sobre las probeta será de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s (NTP 339.034, 2015).
- Cuando la carga final y la velocidad decrece debido a la fractura de la probeta, no hacer más ajustes (NTP 339.034, 2015).

▪ **Cálculos según NTP 339.034**

- Cálculo de resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima alcanzada entre el área promedio de la sección y expresar el resultado con aproximación a 0,1 MPa (NTP 339.034, 2015).
- Si el diámetro de la probeta es 1.75 o menor, corregir el resultado por el factor de corrección (NTP 339.034, 2015).
- Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D de acuerdo a la Tabla 8:

Tabla 8. Factor de corrección para L/D.

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Fuente: NTP 339.034 (2015)

- Cálculo de densidad con aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup> (NTP 339.034, 2015).

$$Densidad = \frac{W}{V}$$

Donde:

W: Peso del espécimen (kg).

V: Volumen del espécimen determinado del diámetro promedio y longitud promedio o del peso del cilindro en el aire y sumergido en el agua (m<sup>3</sup>).

Una vez calculado el peso sumergido calcular el volumen.

$$Volumen = W - W_s/Da$$

Donde:

Ws: Peso aparente del espécimen sumergido (kg)

Da: Densidad del agua a 23 °C = 997,5 (kg/m<sup>3</sup>)

- Para una densidad con aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup>

### **2.2.11. Resistencia a la flexión del concreto**

Es una medida de la resistencia a la tracción del concreto, es decir, mide la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas de sección transversal y con luz de como mínimo de tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como módulo de rotura (MR) en libras por pulgadas cuadradas (Mpa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 ó ASTM C293 (NRMCA, 2013).

El módulo de rotura es cerca del 10% al 20 % de la resistencia a la compresión del concreto, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de mezcla. El módulo de rotura determinado por la viga cargada en los dos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones hasta en 15% (NRMCA, 2013).

### 2.2.12. Losas aligeradas

Para Morales (2006) corresponde una losa armada en una dirección donde la relación de la luz mayor es igual o mayor que 2; cuando esta relación es menor que 2 llega a ser una losa en dos direcciones.

Esta es diseñada como un paño de viga de ancho 1m usando el mismo procedimiento de análisis y diseño que el de vigas con refuerzo simple. Asimismo, se asume un espesor de losa y por lo general al ser una losa para cargas típicas no requieren de refuerzo por corte.

- **Predimensionamiento**

Según la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, para el predimensionamiento se puede obviar la verificación de las deflexiones para losas aligeradas convencionales si se cumple con las siguientes consideraciones (MVCS, 2006):

- No tener sobrecargas mayores a 300 kg/cm<sup>2</sup>.
- Tener luces menores a 7.5 m
- Si se cumple:

$$h \geq \frac{Ln}{25}$$

Donde Ln representa la luz libre del aligerado.

- **Metrado de cargas**

Para el metrado de cargas se considera:



- Carga muerta: Conformado por el peso propio de la losa, piso terminado y la tabiquería móvil.
- Carga viva: Por el tipo de uso.

### 2.2.13. Fisuración del concreto en estado fresco

- **Por retracción plástica**

De acuerdo a la norma ACI 224.1R (1993) la fisuración por retracción plástica se da por la pérdida de humedad rápida y por una combinación de factores tales como la temperatura del aire y el concreto, la humedad relativa y la velocidad del viento; siendo así que, estos factores se combinan y producen altos valores de evaporación superficial.

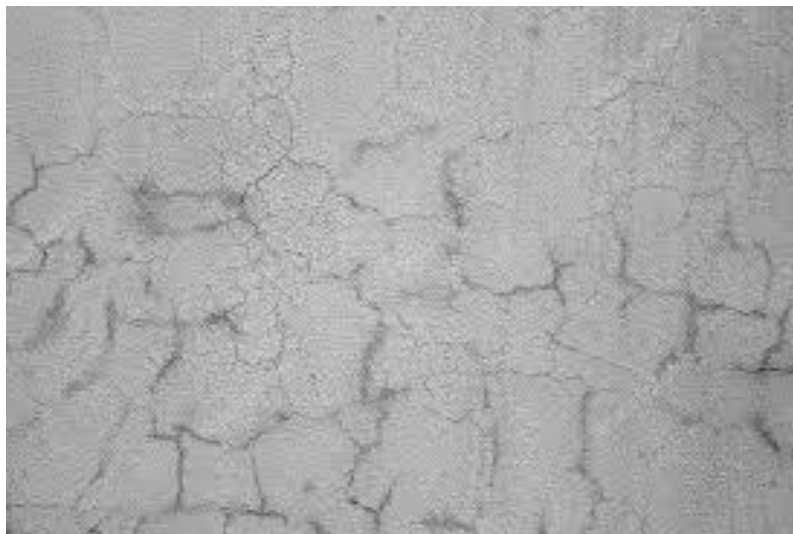


Figura 3. Típica Fisuración por retracción plástica.  
Fuente: ACI 224.1R (1993)

- **Por precipitación de los agregados**

De acuerdo a la norma ACI 224.1R (1993) la fisuración por precipitación de los agregados se da porque después de la colocación, vibración y el acabado el concreto continúa con su

consolidación haciendo que se presenten vacíos y/o fisuras adyacentes al elemento que puede generar restricción como armaduras o encofrados.

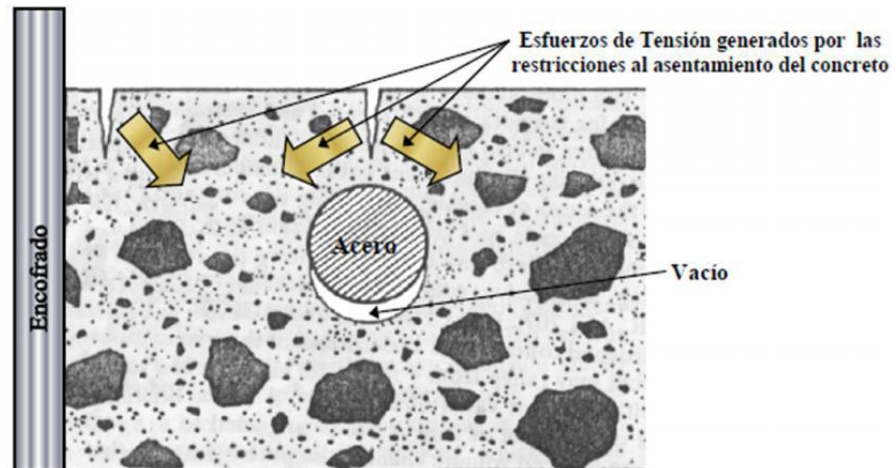


Figura 4. Fisura formada debido a una precipitación obstruida.  
Fuente: ACI 224.1R (1993).

#### 2.2.14. Fisuración del concreto en estado endurecido

- **Retracción por secado**

De acuerdo a la norma ACI 224.1R (1993) la retracción por secado se da por la pérdida de humedad de la pasta cementicia, llegando a contraerse hasta en un 1% y generando un cambio de volumen de 0.06%. Es también la combinación de la retracción y la restricción lo cual provoca el desarrollo de tensiones de tracción.

- **Tensiones de origen térmico**

Según la norma ACI 224.1R (1993) las diferencias de temperatura ocasionan cambios diferenciales en el volumen, si las tensiones de tracción superan la capacidad de deformación por tracción del concreto, este se fisurará.

El concreto endurecido tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de 7 a 11 x 10<sup>-6</sup> C° con un valor típico de 10 x 10<sup>-6</sup> C°.

Tabla 9. Clasificación de fallas en estructuras de concreto.

Clasificación	Espesor (mm)	Descripción
Microfisuras	< 0.05	En general carecen de importancia.
Fisuras	Mayor a 0.1 y menor a 0.2	Son pocas peligrosas, salvo en ambientes agresivos en los que puede favorecer la corrosión.
Macrofisuras	Mayor a 0.2 y menor a 0.4	Son el tipo que pueden tener repercusiones estructurales de importancia.
Grietas	Mayor a 0.4 y menor a 1	Existe reducción en la capacidad sismorresistente. Debe desocuparse el edificio, proceder a una rehabilitación temporal.
Fractura	Mayor a 1 y menor de 5	Existe una reducción importante en la capacidad sismorresistente. Debe procederse a una evaluación definitiva urgente, para determinar si se procede a la demolición.
Dislocación	Mayor a 5	

Fuente: Gallo (2006)

### 2.3. Definición de términos

- **Magüey.** – Es una planta originaria de la región andina, pertenece al género furcracea que a su vez comprende 20 especies diferentes de las cuales se utilizan para la extracción de fibra (Ochoa, 2009).
- **Aditivos.** – Es aquella sustancia añadida a los componentes fundamentales de concreto con el objetivo de modificar algunas de sus propiedades tanto físicas o mecánicas (MVCS, 2006).
- **Trabajabilidad.** – Se refiere a la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto (Pasquel, 1998).

- **Aditivo incorporador de aire.** – Incrementa la resistencia del concreto a la acción de las heladas puesto que introducen burbujas diminutas en la mezcla de cemento endurecido (Abanto, 2009).
- **Concreto simple.** – Es aquel concreto que no tiene armadura de refuerzo o que la tiene en una cantidad menor que el mínimo porcentaje especificado para el concreto armado (MVCS, 2006).
- **Resistencia.** – Es la capacidad que tiene el concreto de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión a diferencia de la tracción (Pasquel, 1998).

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

El uso del maguey mejora las propiedades del concreto y disminuye el fisuramiento de losas aligeradas.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El jugo de maguey tiene una relación positiva alta con las propiedades del concreto en estado fresco.
- b) El jugo de maguey se correlaciona positivamente con las propiedades del concreto en estado endurecido.
- c) El jugo de maguey incide en el control de fisuras en losas.
- d) La fibra de maguey se relaciona directamente y positivamente con las propiedades del concreto en estado fresco.
- e) La fibra de maguey tiene incidencia directa en las propiedades del concreto en estado endurecido.

- f) La fibra de maguey tiene una correlación fuerte con el control de fisuras en losas.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de las variables

- **Variable independiente 1 ( $X_1$ ): Maguey:** son plantas grandes de tallo erguido, densamente pobladas de hojas en forma radial con una altura que varía entre 7 y 2 m; pueden obtenerse derivados como el jugo y la fibra para su aplicación en diferentes procesos manufactureros
- **Variable dependiente 1 ( $Y_1$ ): Concreto en estado fresco:** Corresponde a las propiedades en estado fresco, el mismo que se encuentra en estado fluido (plástico y moldeable), también el estado endurecido, aquel donde ya se ha dado el proceso de fraguado.
- **Variable dependiente 2 ( $Y_2$ ): Fisuras:** Las fisuras pueden afectar sólo la apariencia de una estructura de concreto, así como indica las fallas estructurales significativas o falta de durabilidad.

### 2.5.2. Definición operacional de las variables

- **Variable independiente 1 ( $X_1$ ): Maguey:** se empleará mediante el procesamiento del jugo en porcentajes de 3, 5 y 10% y como fibra con porcentajes de 1, 1.5 y 2%.
- **Variable dependiente 1 ( $Y_1$ ): Concreto en estado fresco:** Se midió las características tales como el asentamiento,

temperatura, tiempo de fragua y porcentaje de aire incorporado, y en el estado endurecido la resistencia a compresión y flexión.

- **Variable dependiente 2 (Y<sub>2</sub>): Fisuras:** Se realizó el conteo de fisuras y la medición de cada una de ellas.

### 2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 10. Operacionalización de variables.

Variable	Dimensiones	Indicador
<b>Variable independiente 1 (X<sub>1</sub>):</b> Magüey	Cantidad de jugo de magüey.	Porcentaje de jugo de magüey.
	Cantidad de fibra de magüey.	Porcentaje de fibra de magüey.
<b>Variable dependiente 1 (Y<sub>1</sub>):</b> Propiedades del concreto	Propiedades en estado fresco	Asentamiento Temperatura Tiempo de fragua Aire incorporado
	Propiedades en estado endurecido	Resistencia a la compresión Resistencia a la flexión
<b>Variable dependiente 2 (Y<sub>2</sub>):</b> Fisuras	Características de las fisuras	Ancho de fisuras Longitud de fisuras

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método investigación**

El método de investigación para la presente tesis fue el método científico; el método científico rechaza o elimina todo procedimiento que busque manipular la realidad en forma caprichosa, tratando de imponer prejuicios, creencias o deseos que no se ajusten a un control adecuado de la realidad y de los problemas que se investigan.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación fue la aplicada puesto que se pretende resolver problemas prácticos con el propósito de cambio y asimismo será instrumento para la toma de decisiones.

#### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de la investigación fue descriptiva – explicativa, puesto que, se asocia variables para predecir su comportamiento, además de buscar una relación de causa y efecto entre ambas.

### 3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue experimental pues se presentó una situación de control en la cual se manipuló de manera intencional las variables independientes que vienen a ser el jugo y la fibra de maguey para analizar las consecuencias sobre las variables dependientes: Propiedades del concreto en estado fresco, endurecido y el control de fisuras.

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

La población corresponde a 84 probetas de concreto (12 de control, 36 con jugo de Maguey y 36 con fibra de maguey), 42 vigas de concreto (6 de control, 18 con jugo de maguey y 18 con fibra de maguey) y 3 losas (1 control, 1 con jugo de maguey y 1 con fibra de maguey); tal como se detalla a continuación:

Tabla 11. Detalle de muestreo.

		Tamaño de muestra
Concreto patrón de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	12 probetas	3 evaluadas a los 7 días.
		3 evaluadas a los 14 días.
		3 evaluadas a los 21 días.
		3 evaluadas a los 28 días.
Concreto con jugo de maguey en un 3%, de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	12 probetas	3 evaluadas a los 7 días.
		3 evaluadas a los 14 días.
		3 evaluadas a los 21 días.
		3 evaluadas a los 28 días.
Concreto con jugo de maguey en un 5%, de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	12 probetas	3 evaluadas a los 7 días.
		3 evaluadas a los 14 días.
		3 evaluadas a los 21 días.
		3 evaluadas a los 28 días.
Concreto con jugo de maguey en un 10%, de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	12 probetas	3 evaluadas a los 7 días.
		3 evaluadas a los 14 días.
		3 evaluadas a los 21 días.
		3 evaluadas a los 28 días.
	12 probetas	3 evaluadas a los 7 días.
		3 evaluadas a los 14 días.



Concreto con fibra de maguey en un 1%, de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .		3 evaluadas a los 21 días. 3 evaluadas a los 28 días.
Concreto con fibra de maguey en un 1.5%, de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	12 probetas	3 evaluadas a los 7 días. 3 evaluadas a los 14 días. 3 evaluadas a los 21 días. 3 evaluadas a los 28 días.
Concreto con fibra de maguey en un 2%, de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	12 probetas	3 evaluadas a los 7 días. 3 evaluadas a los 14 días. 3 evaluadas a los 21 días. 3 evaluadas a los 28 días.
Concreto patrón de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	6 vigas	3 evaluadas a los 7 días. 3 evaluadas a los 28 días.
Concreto con jugo de maguey en un 3%, de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	6 vigas	3 evaluadas a los 7 días. 3 evaluadas a los 28 días.
Concreto con jugo de maguey en un 5%, de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	6 vigas	3 evaluadas a los 7 días. 3 evaluadas a los 28 días.
Concreto con jugo de maguey en un 10%, de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	6 vigas	3 evaluadas a los 7 días. 3 evaluadas a los 28 días.
Concreto con fibra de maguey en un 1%, de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	6 vigas	3 evaluadas a los 7 días. 3 evaluadas a los 28 días.
Concreto con fibra de maguey en un 1.5%, de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	6 vigas	3 evaluadas a los 7 días. 3 evaluadas a los 28 días.
Concreto con fibra de maguey en un 2%, de f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> .	6 vigas	3 evaluadas a los 7 días. 3 evaluadas a los 28 días.
Losa aligerada de 1m x 1m	3 losas	1 losa aligerada convencional denominada patrón 1 losa aligerada con la dosificación óptima de jugo de maguey. 1 losa aligerada con la dosificación óptima de fibra de maguey.

### 3.5.2. Muestra

No se utilizó la técnica de muestreo, sino el censo, dado que la población fue pequeña; razón por la cual la población y la muestra poseen el mismo valor.

## **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.6.1. Técnicas**

- **Observación directa**

Se dio mediante un procedimiento sistematizado y controlado, a fin de obtener los datos de las propiedades físicas y mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido; asimismo de las fisuras presentes en las losas aligeradas.

- **Análisis de documentos**

Basada en información bibliográfica e Internet, para la elaboración del marco teórico y demás componentes de la investigación.

### **3.6.2. Instrumentos**

Asimismo, lo que concierne al instrumento de recolección de datos, se ha utilizado:

- Ficha de datos de resultados de asentamiento.
  - Ficha de datos de resultados de temperatura.
  - Ficha de datos de fragua.
  - Ficha de datos de resultados de contenido de aire incorporado.
  - Ficha de datos de resistencia a la compresión.
  - Ficha de datos de resistencia a la flexión.
  - Microsoft Excel, para el procesamiento de tablas.
  - SPSS, para el análisis estadístico.
- **Materiales y equipos**
    - **Material**

- Agregado fino.
- Agregado grueso.
- Cemento.
- Agua.
- Acero corrugado de 3/8".
- Acero corrugado de 1/4".
- Ladrillo pandereta.
- Fibra de maguey.
- Jugo de maguey.
- **Equipos**
  - Balanza electrónica.
  - Cono de Abrams.
  - Termómetro para concreto.
  - Olla de Washington.
  - Prensa de compresión y flexión de concreto.
  - Regla milimetrada.
  - Tarjeta de comparación de fisuras.

### **3.7. Procesamiento de la información**

Para el desarrollo de la investigación se ha considerado los siguientes pasos:

- Selección de la cantera de agregados y proveedor de los materiales.
- Caracterización de los agregados tal como: Peso unitario suelto, peso unitario compacto, peso específico, absorción, módulo de finura y contenido de humedad.

- Diseño de mezcla de acuerdo a las características de los agregados y con la adición del jugo y fibra de maguey.
- Ensayos del concreto en estado fresco: Asentamiento, temperatura, tiempo de fragua y contenido de aire incorporado.
- Ensayos del concreto en estado endurecido: Resistencia a la compresión (periodo de 7, 14, 21 y 28 días) y flexión (periodo de 7 y 28 días).
- Diseño de las losas aligeradas de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 12. Datos generales para el diseño de losa aligerada.

Datos generales		
f'c del concreto	210	kg/cm <sup>2</sup>
f'y del acero	4200	kg/cm <sup>2</sup>
Sobrecarga (S/C)	300	kg/cm <sup>2</sup>
Piso terminado	100	kg/cm <sup>2</sup>
Tabiquería	0	kg/cm <sup>2</sup>
Recubrimiento (r)	3	cm

En la tabla se muestra los datos generales considerados para el diseño de la losa aligerada.

Tabla 13. Predimensionamiento de la losa aligerada.

Predimensionamiento		
Luz máxima ( $L_{m\acute{a}x}$ )	4.78	m
Espesor de losa aligerada (h)	0.19	m
Espesor de losa aligerada asumido	0.20	m
Espesor de losa (t)	5	cm

Se realizó el predimensionamiento de la losa aligerada considerando lo especificado en la Tabla 13.

Tabla 14. Medrado de cargas.

Medrado de cargas			
Carga muerta (CM)	Peso propio	300	kg/m <sup>2</sup>
	Acabados	100	kg/m <sup>2</sup>
	Tabiquería	0	kg/m <sup>2</sup>
	CM	400	kg/m <sup>2</sup>
Carga viva (CV)	CV	200	kg/m <sup>2</sup>
Carga última de rotura (Wu)	U	900.00	kg/m <sup>2</sup>
	Carga por vigueta	360.00	kg/m

En la tabla se detalla el medrado de cargas para el diseño de losa aligerada, para esto se ha considerado la carga muerta, carga viva y la carga última de rotura.

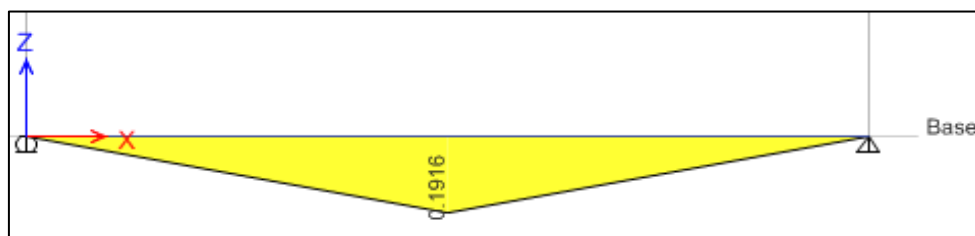


Figura 5. Momento flector.

La figura representa el momento flector de la viga que conforma la losa aligerada, esto en base al modelamiento realizado en el software Etabs.

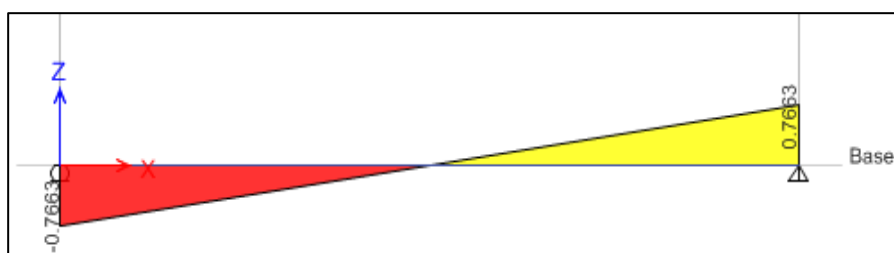


Figura 6. Fuerza cortante.

La figura representa la fuerza cortante de la viga que conforma la losa aligerada, esto en base al modelamiento realizado en el software Etabs.

Tabla 15. Diseño del acero para la losa aligerada.

Diseño del acero			
Peralte (d):	17.50	cm	
b:	10	cm	
b:	40	cm	
Tramo	R <sub>1</sub>	1	R <sub>2</sub>
Luz (m)		1.00	
	0.00		0.00
Momento (Ton.m)		0.19	
Cortante (Ton)	0.766		0.766
	0.00		0.00
Ku		1.56	
ρ (Con fórmula)	0		0
		0.00042	
As - necesario	0.00		0.00
As + necesario		0.29	
As <sub>min</sub> : 14bw <sub>d</sub> /f <sub>y</sub> :		0.58	cm <sup>2</sup>
ρ <sub>máx</sub> =bw x d x p <sub>max</sub> =		2.80	cm <sup>2</sup>
As corregido	0.58		0.58
		0.58	
As colocado (-)	1Ø3/8"		1Ø3/8"
As colocado (+)		1Ø3/8"	
As colocado (cm <sup>2</sup> )	0.71		0.71
		0.71	

En la tabla se especifica el diseño del acero de la viga que conforma la losa aligerada; en función a la luz, el momento flector y la fuerza cortante.

Tabla 16. Verificación por corte.

Verificación por corte		
Ø:	0.85	
f:	1.1	
Corte admisible (Vc):	1256.71	kg
Corte admisible (Vc):	7.18	kg/cm <sup>2</sup>
Del apoyo 1		
Corte a la distancia d (Vud):	766	kg
Longitud de ensanche (Le):	-0.11	m
Del apoyo 2		
Corte a la distancia d (Vud):	766	kg
Longitud de ensanche (Le):	-0.11	m

Se realizó la verificación por corte tanto en el apoyo 1 y 2, tal como se muestra en la tabla.

Tabla 17. Acero de temperatura.

Acero de temperatura		
b:	100	cm
t:	5	cm
Ast:	0.9	cm <sup>2</sup> /cm
Usamos Ø:	1/4	pulgada
S:	35.56	cm
S <sub>min</sub> :	0.25	m
Usamos Ø1/4" @ 0.25 m		

Por último, se calculó el acero de temperatura, el cual resultó de ¼" cada 25 cm.

- Vaciado de losas aligeradas de 1m x 1m, tanto con concreto convencional y con concreto adicionado de jugo y fibra de maguey.
- Evaluación de la fisuración en las losas aligeradas.

### 3.8. Técnicas y análisis de datos

Las técnicas y análisis de datos para la presente investigación son de acuerdo a lo considerado al análisis cuantitativo, para lo cual se utilizó la estadística descriptiva:

- Medida de tendencia central (media).
- Medidas de variabilidad y gráficas.

A su vez se considerado la estadística inferencial para la prueba de hipótesis:

- Coeficiente de correlación de Pearson.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

Para el desarrollo de los resultados se ha considerado un diseño de mezcla con  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> tanto para el concreto convencional, concreto con adición de jugo de maguey al 3%, 5% y 10% y concreto con adición de fibra al 1%, 1.5% y 2% de acuerdo al método del ACI 211; este concreto ha sido evaluado tanto en estado fresco, estado endurecido (periodo de 7, 14, 21 y 28 días) y en losas aligeradas

#### 4.1. Jugo de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco

##### 4.1.1. Asentamiento

Tabla 18. Slump del concreto con adición de jugo de maguey.

Muestra	Slump (pulgadas)	Variación respecto al convencional
Concreto convencional	3	0.00%
Concreto con jugo de maguey al 3%	3.8	26.67%
Concreto con jugo de maguey al 5%	5	66.67%
Concreto con jugo de maguey al 10%	7	133.33%



En la tabla se muestra el slump del concreto tanto convencional y con jugo al 3%, 5% y 10%; asimismo se detalla la variación porcentual respecto al concreto convencional.

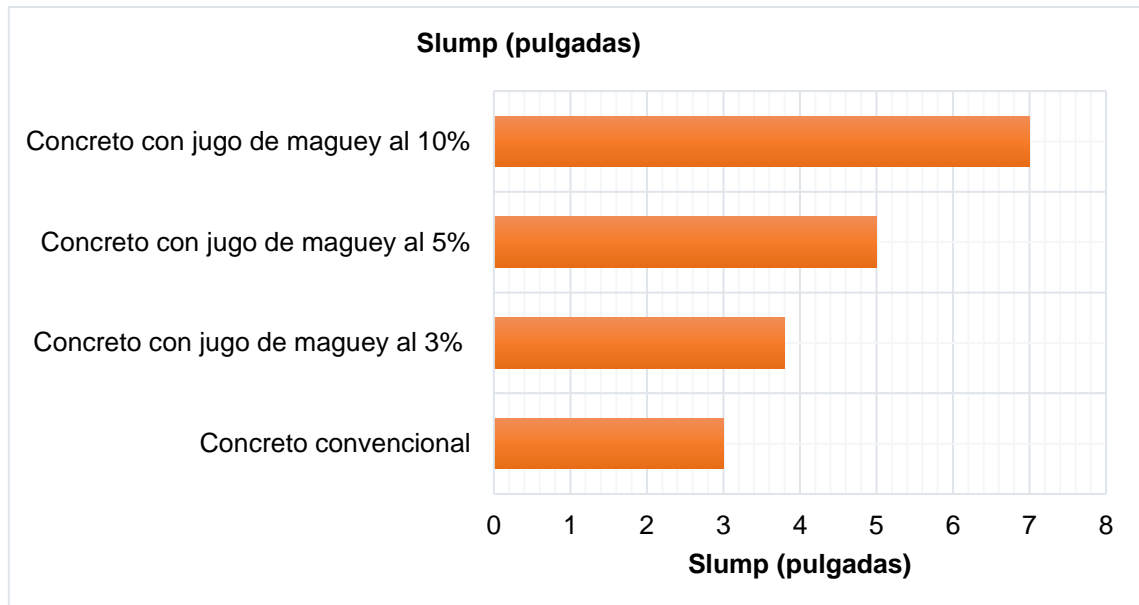


Figura 7. Slump del concreto con adición de jugo de maguey.

En la figura se grafica la variación del slump del concreto convencional y del concreto con jugo de maguey al 3%, 5% y 10%.

### Prueba estadística

Tabla 19. Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y el slump.

Correlación de Pearson entre el % de maguey y el slump			
		% de jugo de maguey	Slump
% de jugo de maguey	Correlación de Pearson	1	0.98
	Sig. (bilateral)		0.02
	N	4	4

La tabla especifica la correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y el slump; se ha obtenido una significancia de 0.02 con la cual se acepta la hipótesis alterna de que sí existe correlación y siendo esta de 0.98 representando una correlación positiva muy fuerte entre el % de jugo de maguey y el slump.

### 4.1.2. Temperatura

Tabla 20. Temperatura del concreto con adición de jugo de maguey.

Muestra	Temperatura (°C)	Variación respecto al convencional
Concreto convencional	23.50	0.00%
Concreto con jugo de maguey al 3%	24.10	2.55%
Concreto con jugo de maguey al 5%	23.60	0.43%
Concreto con jugo de maguey al 10%	24.00	2.13%

En la tabla se muestra la temperatura del concreto tanto convencional, con jugo al 3%, 5% y 10%; asimismo se detalla la variación porcentual respecto al concreto convencional.

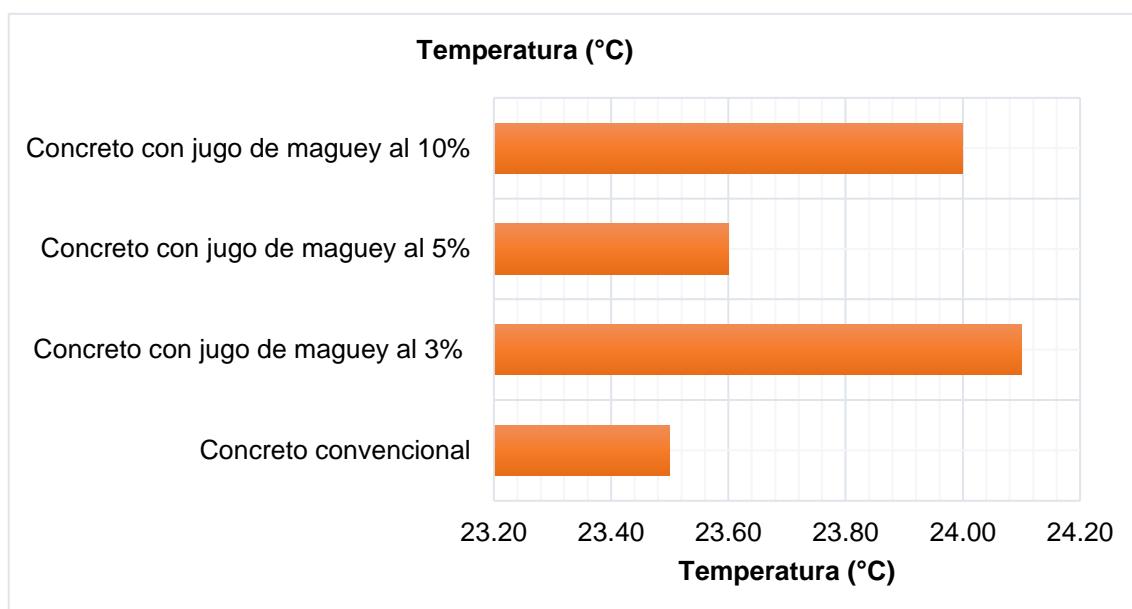


Figura 8. Temperatura del concreto con adición de jugo de maguey.

En la figura se grafica la variación de la temperatura del concreto convencional y del concreto con jugo de maguey al 3%, 5% y 10%.

#### Prueba estadística

La siguiente tabla especifica la correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y la temperatura; se ha obtenido una significancia de 0.56 con la cual se

rechaza la hipótesis alterna de que existe correlación entre el % de jugo de maguey con la temperatura que presente el concreto.

Tabla 21. Correlación de Pearson entre jugo de maguey y temperatura.

Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y la temperatura			
		% de jugo de maguey	Temperatura
% de jugo de maguey	Correlación de Pearson	1	0.44
	Sig. (bilateral)		0.56
	N	4	4

### 4.1.3. Tiempo de fragua

Tabla 22. Tiempo de fragua del concreto con adición de jugo de maguey.

Muestra	Tiempo de fragua (horas)	Variación respecto al convencional
Concreto convencional	2.50	0.00%
Concreto con jugo de maguey al 3%	2.80	12.00%
Concreto con jugo de maguey al 5%	3.50	40.00%
Concreto con jugo de maguey al 10%	4.50	80.00%

En la tabla se muestra el tiempo de fragua del concreto tanto convencional, con jugo al 3%, 5% y 10%; asimismo se detalla la variación porcentual respecto al concreto convencional.

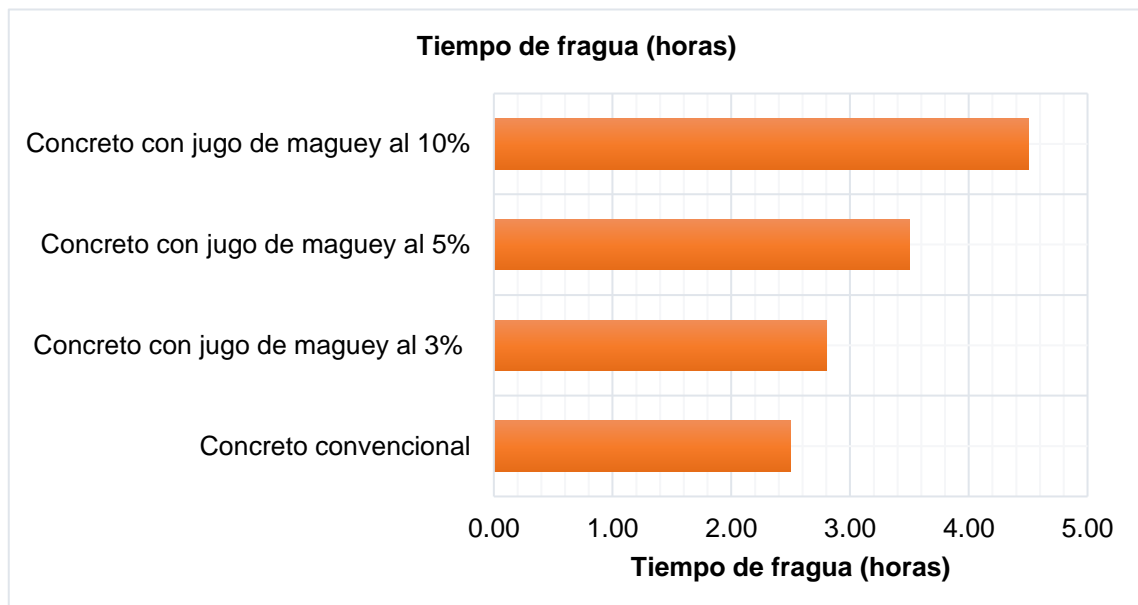


Figura 9. Tiempo de fragua del concreto con adición de jugo de maguey.

En la figura se grafica la variación del tiempo de fragua del concreto convencional y del concreto con jugo de maguey al 3%, 5% y 10%.

### Prueba estadística

Tabla 23. Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y el tiempo de fragua.

Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y el tiempo de fragua			
		% de jugo de maguey	Tiempo de fragua
% de jugo de maguey	Correlación de Pearson	1	0.97
	Sig. (bilateral)		0.03
	N	4	4

La tabla especifica la correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y el tiempo de fraguado; se ha obtenido una significancia de 0.03 con la cual se acepta la hipótesis alterna de que sí existe correlación y siendo esta de 0.97 representando una correlación positiva muy fuerte entre el % de jugo de maguey y el tiempo de fragua.

#### 4.1.4. Aire incorporado

Tabla 24. Aire incorporado del concreto con adición de jugo de maguey.

Muestra	Aire incorporado (%)	Variación respecto al convencional
Concreto convencional	1.30	0.00%
Concreto con jugo de maguey al 3%	3.00	130.77%
Concreto con jugo de maguey al 5%	4.90	276.92%
Concreto con jugo de maguey al 10%	9.20	607.69%

En la tabla se muestra el porcentaje de aire incorporado del concreto tanto convencional, con jugo al 3%, 5% y 10%; asimismo se detalla la variación porcentual respecto al concreto convencional.

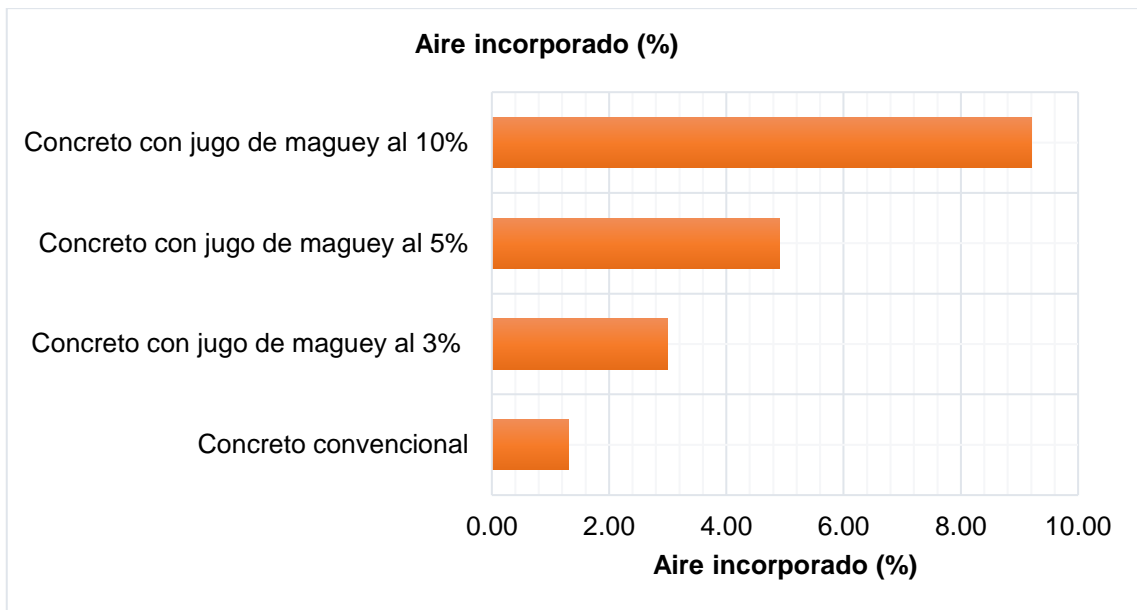


Figura 10. Aire incorporado del concreto con adición de jugo de maguey.

En la figura se grafica la variación del porcentaje de aire incorporado del concreto convencional y del concreto con jugo de maguey al 3%, 5% y 10%.

### Prueba de estadística

Tabla 25. Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y el aire incorporado.

Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y el aire incorporado			
		% de jugo de maguey	Aire incorporado
% de jugo de maguey	Correlación de Pearson	1	0.97
	Sig. (bilateral)		0.03
	N	4	4

La tabla especifica la correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y el slump; se ha obtenido una significancia de 0.03 con la cual se acepta la hipótesis alterna de que sí existe correlación y siendo esta de 0.97 representando una correlación positiva muy fuerte entre el % de jugo de maguey y el porcentaje de aire incorporado.

## 4.2. Propiedades del jugo maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido

### 4.2.1. Resistencia a la compresión

Tabla 26. Resistencia a la compresión del concreto con adición de jugo de maguey.

Muestra	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			
	7	14	21	28
Concreto convencional	198.80	230.30	253.40	274.40
Concreto con jugo de maguey al 3%	186.90	207.20	218.40	233.10
Concreto con jugo de maguey al 5%	172.90	191.10	210.70	219.80
Concreto con jugo de maguey al 10%	91.70	133.00	153.30	180.60

La tabla muestra la resistencia a compresión del concreto convencional y concreto con jugo de maguey al 3%, 5% y 10%, a los 7, 14, 21 y 28 días.

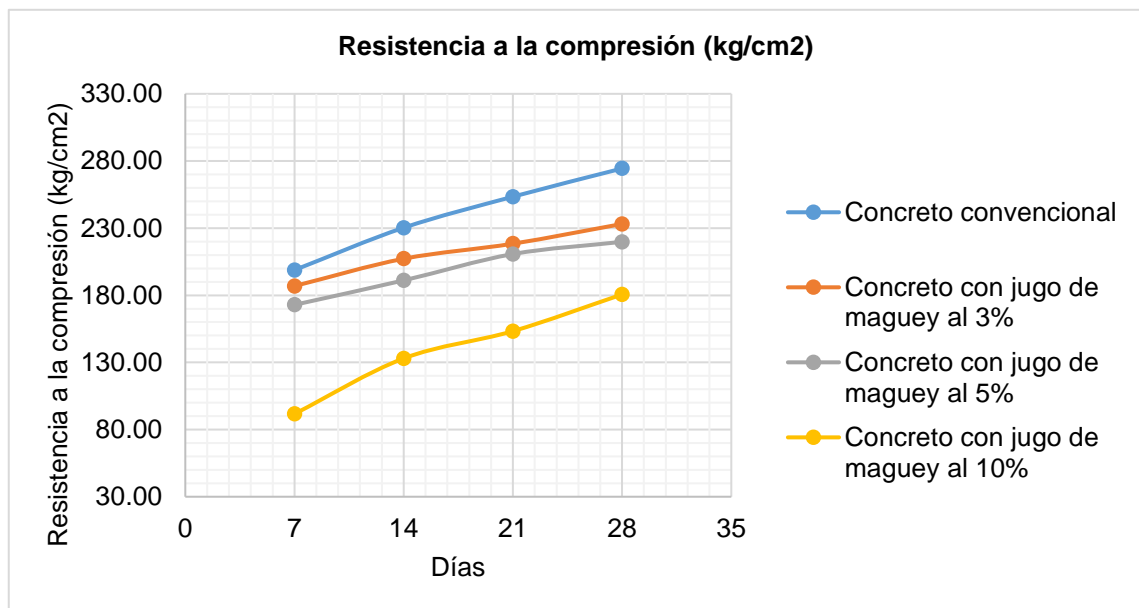


Figura 11. Resistencia a la compresión del concreto con adición de jugo de maguey.

En la figura se representa gráficamente el incremento de la resistencia a compresión del concreto convencional y concreto al 3%, 5% y 10% de jugo de maguey en 7, 14, 21 y 28 días correspondientemente.

## Prueba estadística

Tabla 27. Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y la resistencia a compresión.

Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y la resistencia a compresión			
		Resistencia a la compresión	% de jugo de maguey
% de jugo de maguey	Correlación de Pearson	-0.98	1
	Sig. (bilateral)	0.00	
	N	12	12

La tabla especifica la correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y la resistencia a compresión; se ha obtenido una significancia menor al 0.05 con la cual se acepta la hipótesis alterna de que sí existe correlación y siendo esta de -0.98 representando una correlación negativa muy fuerte entre el % de jugo de maguey y la resistencia a compresión.

### 4.2.2. Resistencia a la flexión

Tabla 28. Resistencia a la flexión del concreto adicionando jugo de maguey.

Muestra	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7	28
Concreto convencional	45.78	46.53
Concreto con jugo de maguey al 3%	41.96	43.44
Concreto con jugo de maguey al 5%	47.20	52.42
Concreto con jugo de maguey al 10%	36.82	38.16

La tabla muestra la resistencia a flexión del concreto convencional y concreto con jugo de maguey al 3%, 5% y 10%, a los 7 y 28 días.

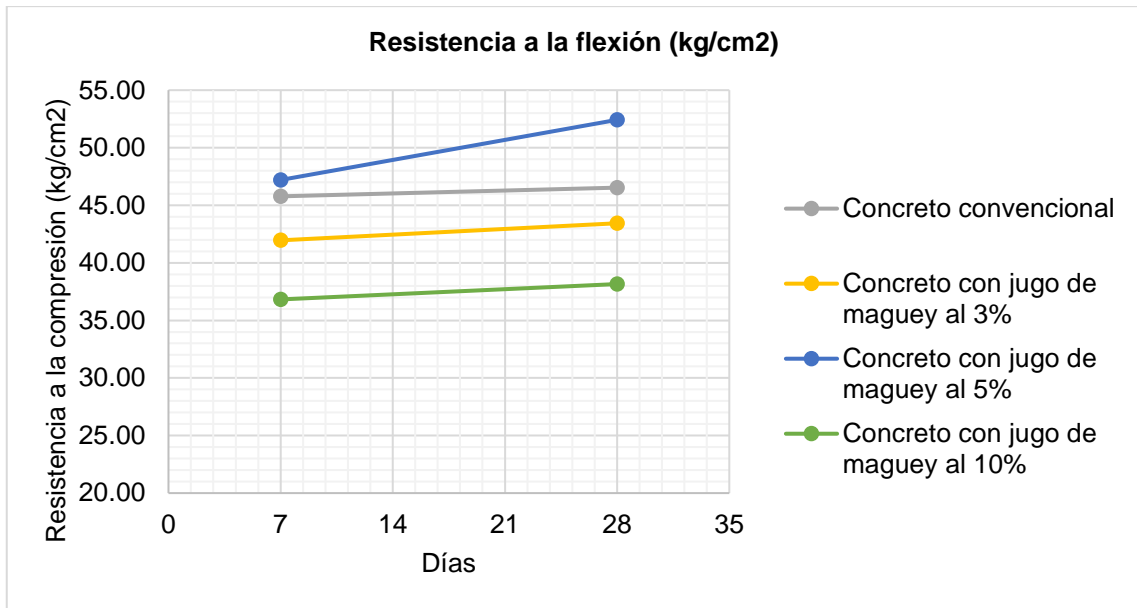


Figura 12. Resistencia a la flexión del concreto adicionando jugo de maguey.

En la figura se representa gráficamente el incremento de la resistencia a flexión del concreto convencional y concreto al 3%, 5% y 10% de jugo de maguey en 7 y 28 días respectivamente.

### Prueba estadística

Correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y la resistencia a la flexión			
		Resistencia a la flexión	% de jugo de maguey
% de jugo de maguey	Correlación de Pearson	-0.35	1
	Sig. (bilateral)	0.27	
	N	12	12

La tabla especifica la correlación de Pearson entre el % de jugo de maguey y la resistencia a flexión; se ha obtenido una significancia de 0.27 con la cual se rechaza la hipótesis alterna de que existe correlación entre el % de jugo de maguey con la resistencia a la flexión.



### 4.3. Estimar la intervención del jugo de maguey en el control de fisuras en losas aligeradas

Tabla 29. Número, ancho y longitud de fisuras en losas aligeradas al 7° día.

Fisura N°	Losas aligeradas convencionales		Losas aligeradas con jugo de maguey al 5%	
	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Longitud (cm)
1	0.10	1.50	0	0
2	0.10	4.50	0	0

En la tabla se muestra el número, ancho y longitud de fisuras en la losa aligerada con concreto convencional y concreto con adición de jugo de maguey al 5% al séptimo día.

Tabla 30. Número, ancho y longitud de fisuras en losas aligeradas al 14° día.

Fisura N°	Losas aligeradas convencionales		Losas aligeradas con jugo de maguey al 5%	
	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Longitud (cm)
3	0.45	3.5	0	0
4	0.05	3	0	0
5	0.05	2	0	0

La tabla muestra el número, ancho y longitud de fisuras en la losa aligerada con concreto convencional y concreto con adición de jugo de maguey al 5% al catorceavo día.

Tabla 31. Número, ancho y longitud de fisuras en losas aligeradas al 28° día.

Fisura N°	Losas aligeradas convencionales		Losas aligeradas con jugo de maguey al 5%	
	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Longitud (cm)
6	0.10	2	0	0

En la tabla se muestra el número, ancho y longitud de fisuras en la losa aligerada con concreto convencional y concreto con adición de jugo de maguey al 5% al veintiochoavo día.

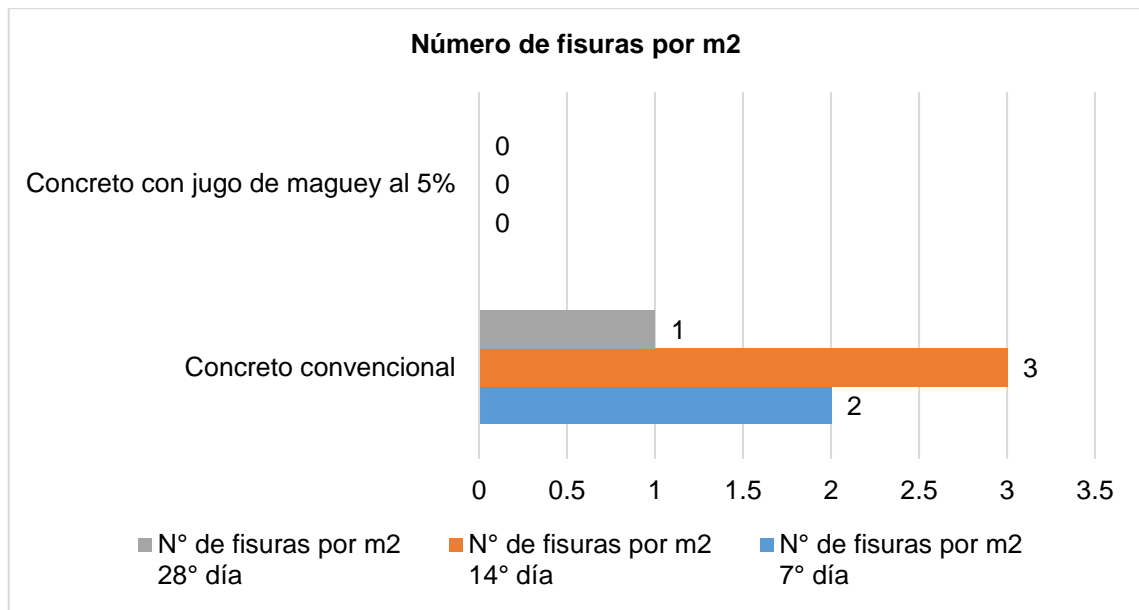


Figura 13. Número de fisuras en losas aligeradas al 7°, 14° y 28° días.

La figura representa la variación del número de fisuras en la losa aligerada con concreto convencional y concreto con adición de jugo de maguey al 5% tanto al 7°, 14° y 28° día.

Tabla 32. Densidad de fisuras en losas aligeradas.

Muestra	Densidad de fisuras (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) 7° día	Densidad de fisuras por (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) 14° día	Densidad de fisuras por (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) 28° día
Concreto convencional	0.60	1.83	0.20
Concreto con jugo de maguey al 5%	0	0	0

En la tabla se muestra la densidad de fisuras en la losa aligerada con concreto convencional y concreto con adición de jugo de maguey al 5% tanto al 7°, 14° y 28° día.

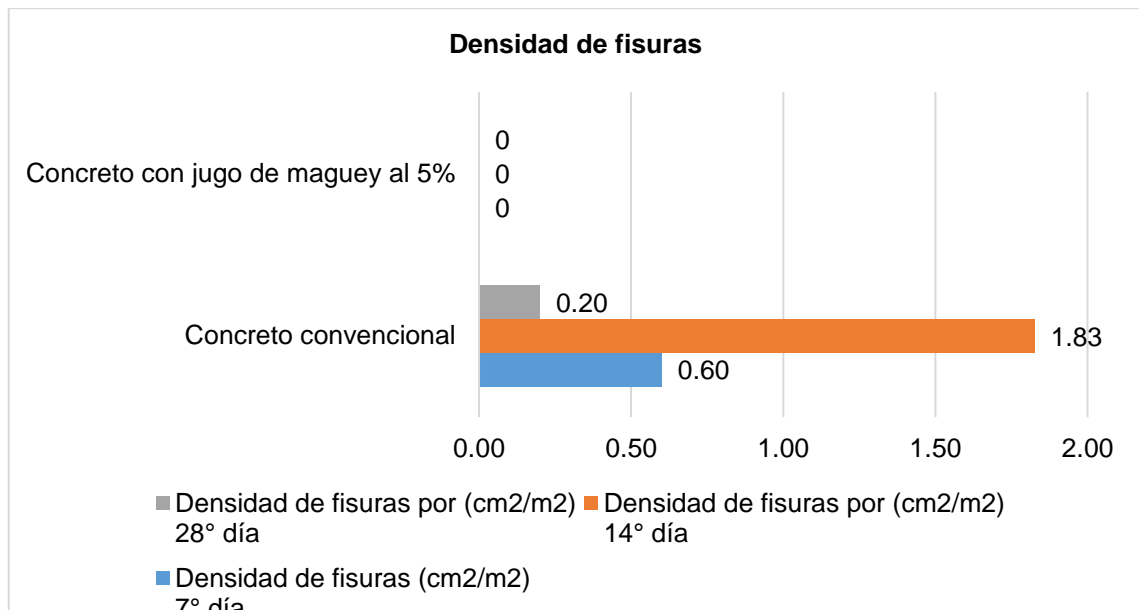


Figura 14. Densidad de fisuras en losas aligeradas.

La figura representa la variación de la densidad de fisuras en la losa aligerada con concreto convencional y concreto con adición de jugo de maguey al 5% tanto al 7°, 14° y 28° día.

#### 4.4. Influencia de la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco

##### 4.4.1. Slump

Tabla 33. Slump del concreto con adición de fibra de maguey.

Muestra	Slump (pulgadas)	Variación respecto al convencional
Concreto convencional	3	0.00%
Concreto con fibra de maguey al 1%	4	33.33%
Concreto con fibra de maguey al 1.5%	4.5	50.00%
Concreto con fibra de maguey al 2%	3.5	16.67%

En la tabla se muestra el slump del concreto tanto convencional y con fibra al 1%, 1.5% y 2%; asimismo se detalla la variación porcentual respecto al concreto convencional.

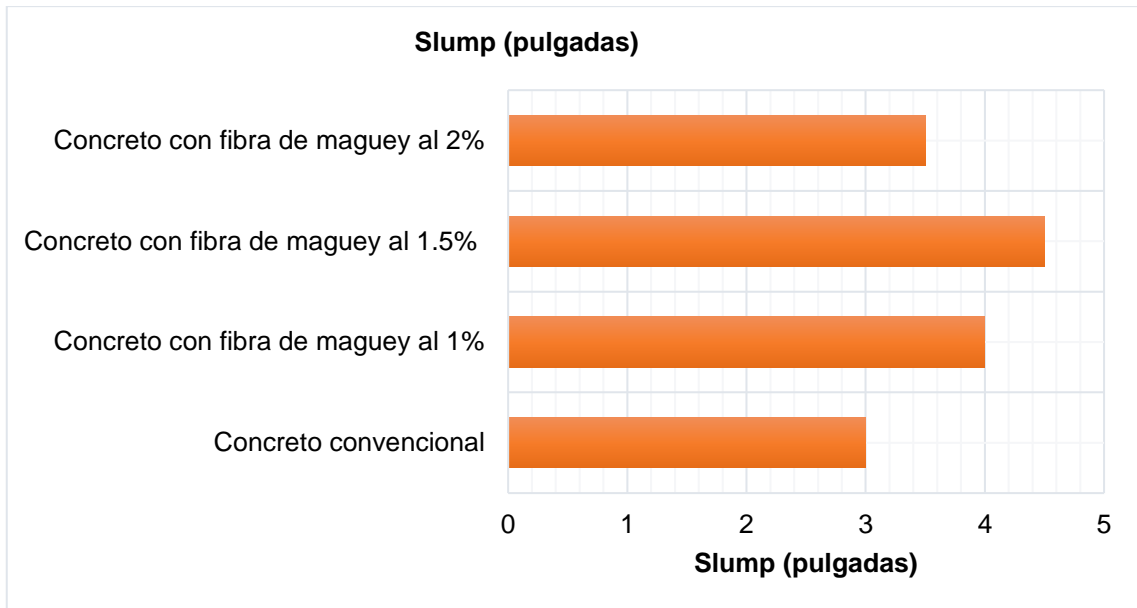


Figura 15. Slump del concreto con adición de fibra de maguey.

En la figura se grafica la variación del slump del concreto convencional y del concreto con jugo de maguey al 1%, 1.5% y 2%.

### Prueba estadística

Tabla 34. Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y el slump.

Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y el slump			
		% de fibra de maguey	Slump
% de fibra de maguey	Correlación de Pearson	1	0.40
	Sig. (bilateral)		0.60
	N	4	4

La tabla especifica la correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y el slump; se ha obtenido una significancia de 0.60 con la cual se rechaza la hipótesis alterna de que existe correlación entre el % de fibra de maguey con el slump del concreto.

### 4.4.2. Temperatura

Tabla 35. Temperatura del concreto con adición de fibra de maguey.

Muestra	Temperatura (°C)	Variación respecto al convencional
Concreto convencional	23.50	0.00%

Concreto con fibra de maguey al 1%	23.50	0.00%
Concreto con fibra de maguey al 1.5%	24.10	2.55%
Concreto con fibra de maguey al 2%	23.80	1.28%

En la tabla se muestra la temperatura del concreto tanto convencional y con fibra al 1%, 1.5% y 2%; asimismo se detalla la variación porcentual respecto al concreto convencional.

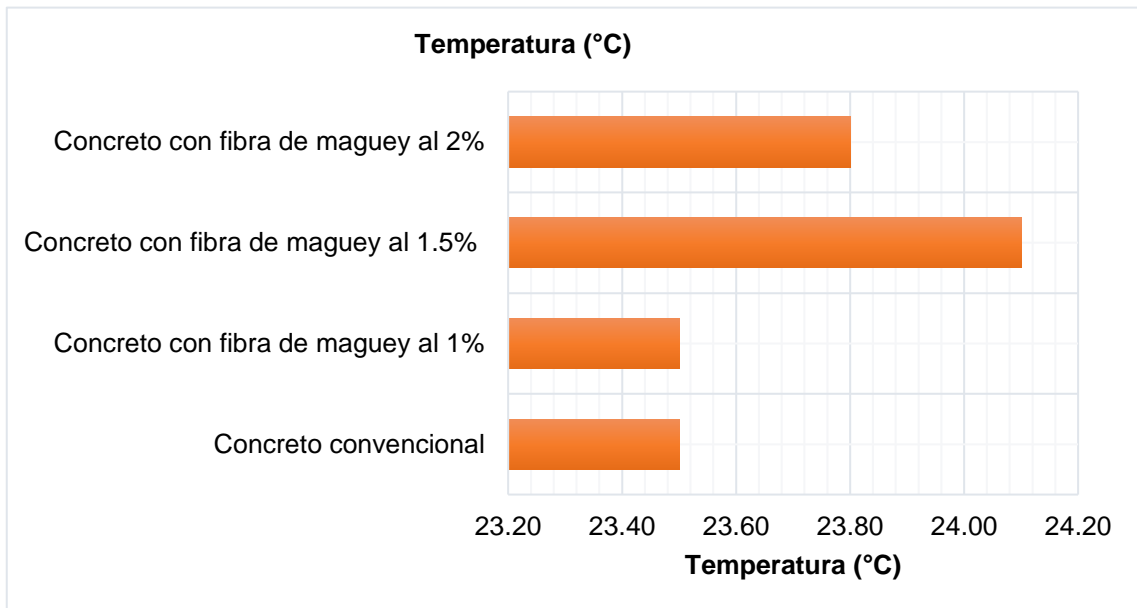


Figura 16. Temperatura del concreto con adición de fibra de maguey.

En la figura se grafica la variación de la temperatura del concreto convencional y del concreto con jugo de maguey al 1%, 1.5% y 2%.

### Prueba estadística

Tabla 36. Correlación de Pearson entre fibra de maguey y temperatura.

Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y la temperatura			
		% de fibra de maguey	Temperatura
% de fibra de maguey	Correlación de Pearson	1	0.67
	Sig. (bilateral)		0.33
	N	4	4

La tabla especifica la correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y la temperatura; se ha obtenido una significancia de 0.33 con la cual se rechaza

la hipótesis alterna de que existe correlación entre el % de fibra de maguey con la temperatura del concreto.

#### 4.4.3. Tiempo de fragua

Tabla 37. Tiempo de fragua del concreto con adición de fibra de maguey.

Muestra	Tiempo de fragua (horas)	Variación respecto al convencional
Concreto convencional	2.50	0.00%
Concreto con fibra de maguey al 1%	2.00	-20.00%
Concreto con fibra de maguey al 1.5%	2.00	-20.00%
Concreto con fibra de maguey al 2%	2.10	-16.00%

En la tabla se muestra el tiempo de fragua del concreto tanto convencional y con fibra al 1%, 1.5% y 2%; asimismo se detalla la variación porcentual respecto al concreto convencional.

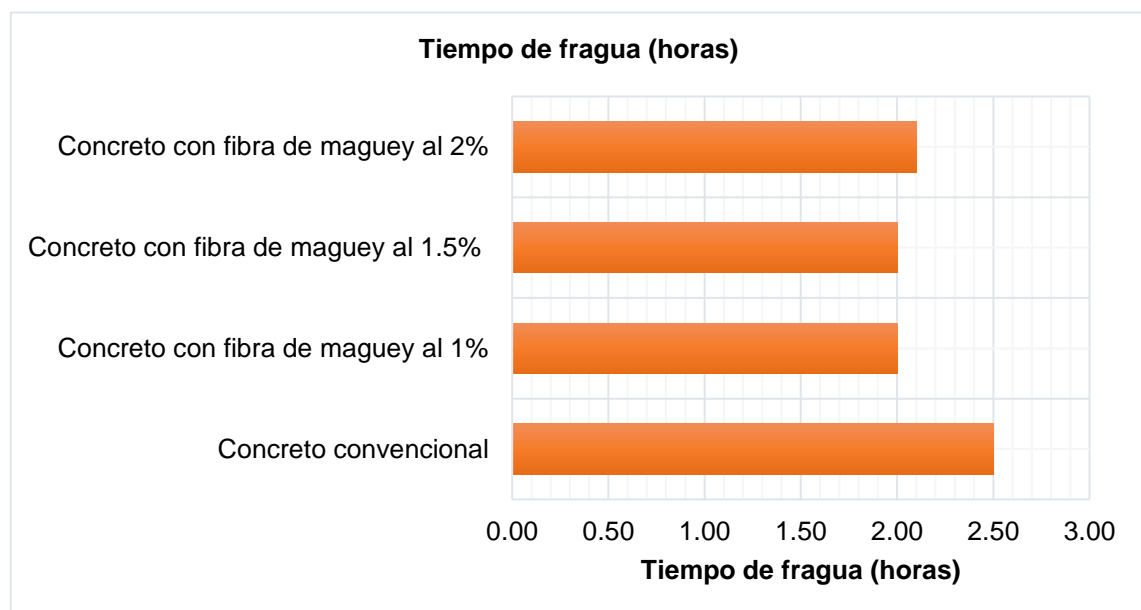


Figura 17. Tiempo de fragua del concreto con adición de fibra de maguey.

En la figura se grafica la variación del tiempo de fragua del concreto convencional y del concreto con jugo de maguey al 1%, 1.5% y 2%.

## Prueba estadística

Tabla 38. Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y el tiempo de fragua.

Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y el tiempo de fragua			
		% de fibra de maguey	Tiempo de fragua
% de fibra de maguey	Correlación de Pearson	1	-0.65
	Sig. (bilateral)		0.35
	N	4	4

La tabla especifica la correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y la temperatura; se ha obtenido una significancia de 0.35 con la cual se rechaza la hipótesis alterna de que existe correlación entre el % de fibra de maguey con el tiempo de fragua del concreto.

### 4.4.4. Aire incorporado

Tabla 39. Aire incorporado del concreto con adición de fibra de maguey.

Muestra	Aire incorporado (%)	Variación respecto al convencional
Concreto convencional	3.00	0.00%
Concreto con fibra de maguey al 1%	2.10	-30.00%
Concreto con fibra de maguey al 1.5%	2.80	-6.67%
Concreto con fibra de maguey al 2%	6.20	106.67%

En la tabla se muestra el aire incorporado del concreto tanto convencional y con fibra al 1%, 1.5% y 2%; asimismo se detalla la variación porcentual respecto al concreto convencional.

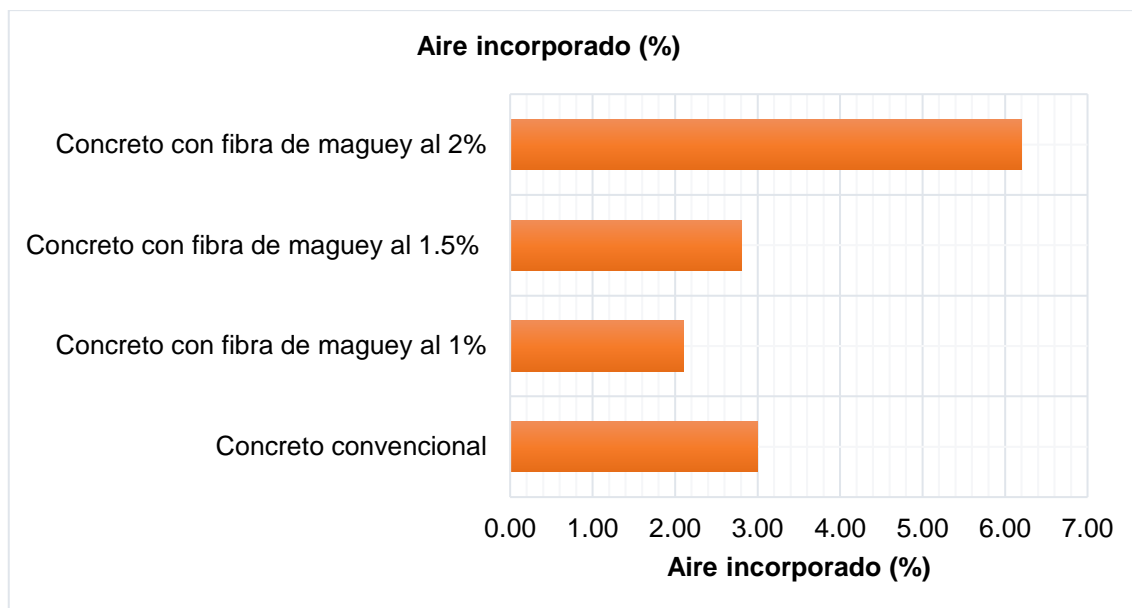


Figura 18. Aire incorporado del concreto con adición de fibra de maguey.

En la figura se grafica la variación del porcentaje de aire incorporado del concreto convencional y del concreto con jugo de maguey al 1%, 1.5% y 2%.

### Prueba estadística

Tabla 40. Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y el aire incorporado.

Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y el aire incorporado			
		% de fibra de maguey	Aire incorporado
% de fibra de maguey	Correlación de Pearson	1	0.73
	Sig. (bilateral)		0.027
	N	4	4

La tabla especifica la correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y el aire incorporado; se ha obtenido una significancia de 0.027 con la cual se acepta la hipótesis alterna de que existe correlación entre el % de fibra de maguey con el porcentaje de aire incorporado en el concreto, siendo esta de 0.73 lo que representa una correlación positiva considerable.



## 4.5. Influencia de la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido

### 4.5.1. Resistencia a la compresión

Tabla 41. Resistencia a la compresión del concreto con adición de fibra de maguey.

Muestra	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			
	7	14	21	28
Concreto convencional	198.80	230.30	253.40	274.40
Concreto con fibra de maguey al 1%	139.30	187.60	217.00	238.70
Concreto con fibra de maguey al 1.5%	189.70	205.80	228.20	263.20
Concreto con fibra de maguey al 2%	97.30	102.20	114.10	119.00

La tabla muestra la resistencia a compresión del concreto convencional y concreto con fibra de maguey al 1%, 1.5% y 2%, a los 7, 14, 21 y 28 días.

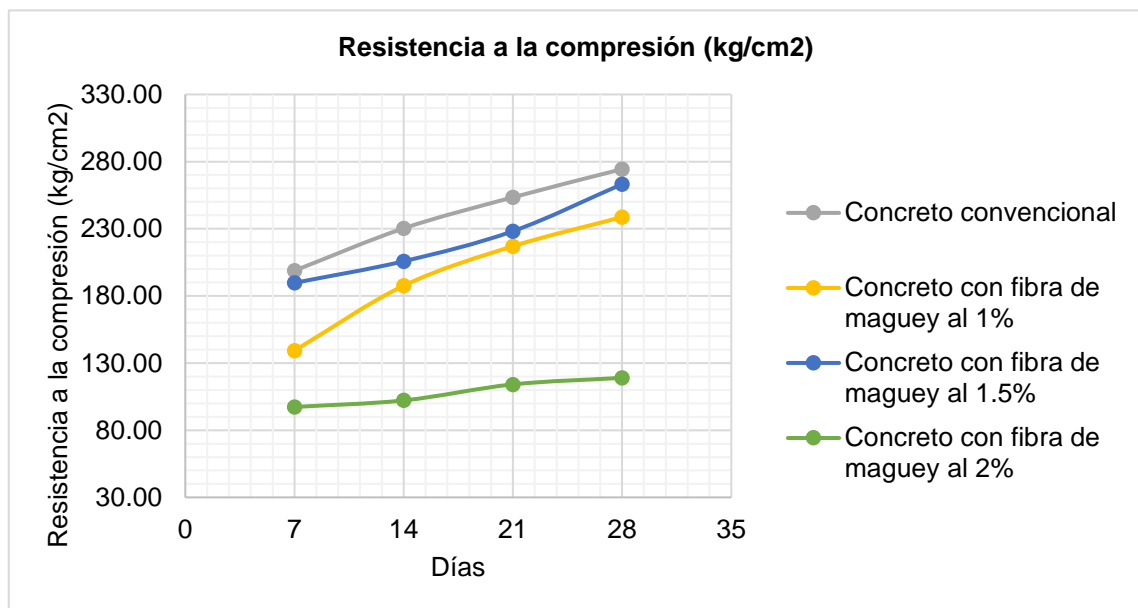


Figura 19. Resistencia a la compresión del concreto con fibra de maguey.

En la figura se representa gráficamente el incremento de la resistencia a compresión del concreto convencional y concreto al 1%, 1.5% y 2% de fibra de maguey en 7, 14, 21 y 28 días correspondientemente.

## Prueba estadística

Tabla 42. Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y la resistencia a compresión.

Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y la resistencia a compresión			
		% de fibra de maguey	Resistencia a la compresión
% de fibra de maguey	Correlación de Pearson	1	-0.80
	Sig. (bilateral)		0.00
	N	12	12

La tabla especifica la correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y la resistencia a compresión; se ha obtenido una significancia menor al 0.05 con la cual se acepta la hipótesis alterna de que sí existe correlación y siendo esta de -0.80 representando una correlación negativa considerable entre el % de fibra de maguey y la resistencia a compresión.

### 4.5.2. Resistencia a la flexión

Tabla 43. Resistencia a la flexión del concreto adicionando fibra de maguey.

Muestra	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7	28
Concreto convencional	45.78	46.53
Concreto con fibra de maguey al 1%	35.95	38.36
Concreto con fibra de maguey al 1.5%	38.65	43.97
Concreto con fibra de maguey al 2%	36.67	38.80

La tabla muestra la resistencia a flexión del concreto convencional y concreto con fibra de maguey al 1%, 1.5% y 2%, a los 7 y 28 días.

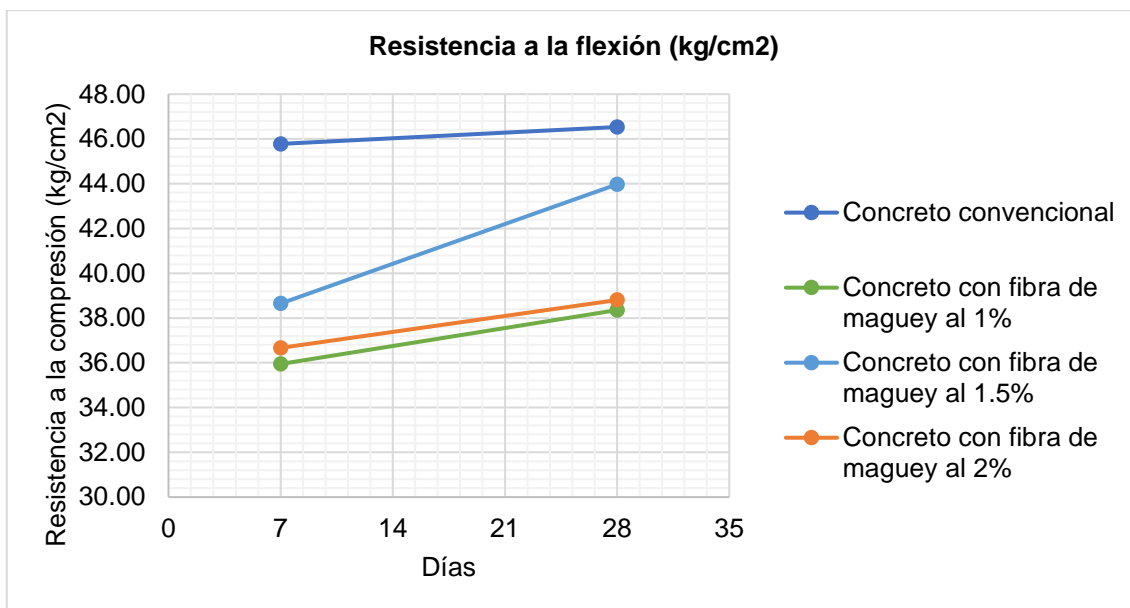


Figura 20. Resistencia a flexión del concreto adicionando fibra de maguey.

En la figura se representa gráficamente el incremento de la resistencia a flexión del concreto convencional y concreto al 1%, 1.5% y 2% de fibra de maguey en 7 y 28 días respectivamente.

### Prueba estadística

Correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y la resistencia a la flexión			
		% de fibra de maguey	Resistencia a la flexión
% de fibra de maguey	Correlación de Pearson	1	-0.57
	Sig. (bilateral)		0.05
	N	12	12

La tabla especifica la correlación de Pearson entre el % de fibra de maguey y la resistencia a compresión; se ha obtenido una significancia igual a 0.05 con la cual se acepta la hipótesis alterna de que sí existe correlación y siendo esta de -0.57 representando una correlación negativa media entre el % de fibra de maguey y la resistencia a flexión.

#### 4.6. Fibra de maguey en el control de fisuras en losas aligeradas

Tabla 44. Número, ancho y longitud de fisuras en losas aligeradas al 7° día.

Fisura N°	Losas aligeradas convencionales		Losas aligeradas con fibra de maguey al 1.5%	
	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Longitud (cm)
1	0.10	1.50	0	0
2	0.10	4.50	0	0

En la tabla se muestra el número, ancho y longitud de fisuras en la losa aligerada con concreto convencional y concreto con adición de fibra de maguey al 1.5% al séptimo día.

Tabla 45. Número, ancho y longitud de fisuras en losas aligeradas al 14° día.

Fisura N°	Losas aligeradas convencionales		Losas aligeradas con fibra de maguey al 1.5%	
	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Longitud (cm)
3	0.45	3.5	0	0
4	0.05	3	0	0
5	0.05	2	0	0

En la tabla se muestra el número, ancho y longitud de fisuras en la losa aligerada con concreto convencional y concreto con adición de fibra de maguey al 1.5% al catorceavo día.

Tabla 46. Número, ancho y longitud de fisuras en losas aligeradas al 28° día.

Fisura N°	Losas aligeradas convencionales		Losas aligeradas con fibra de maguey al 1.5%	
	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Longitud (cm)
6	0.10	2	0	0

En la tabla se muestra el número, ancho y longitud de fisuras en la losa aligerada con concreto convencional y concreto con adición de fibra de maguey al 1.5% al veintiochoavo día.

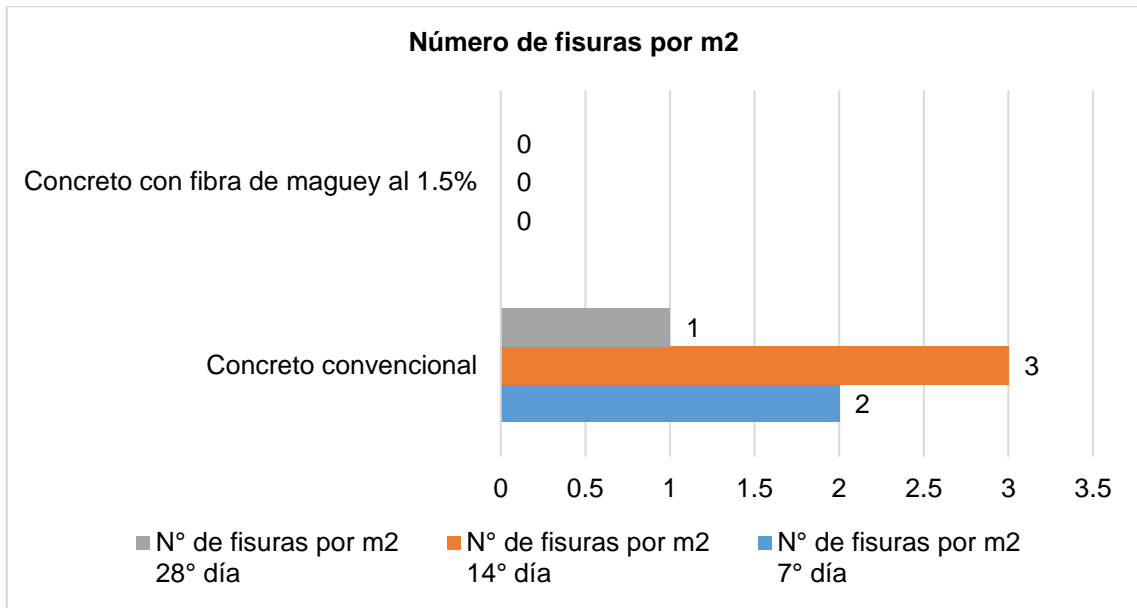


Figura 21. Número de fisuras en losas aligeradas al 7°, 14° y 28° días.

La figura representa la variación del número de fisuras en la losa aligerada con concreto convencional y concreto con adición de fibra de maguey al 1.5% tanto al 7°, 14° y 28° día.

Tabla 47. Densidad de fisuras en losas aligeradas.

Muestra	Densidad de fisuras (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) 7° día	Densidad de fisuras por (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) 14° día	Densidad de fisuras por (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) 28 día
Concreto convencional	0.60	1.83	0.20
Concreto con fibra de maguey al 1.5%	0	0	0

En la tabla se muestra la densidad de fisuras en la losa aligerada con concreto convencional y concreto con adición de fibra de maguey al 1.5% tanto al 7°, 14° y 28° día.

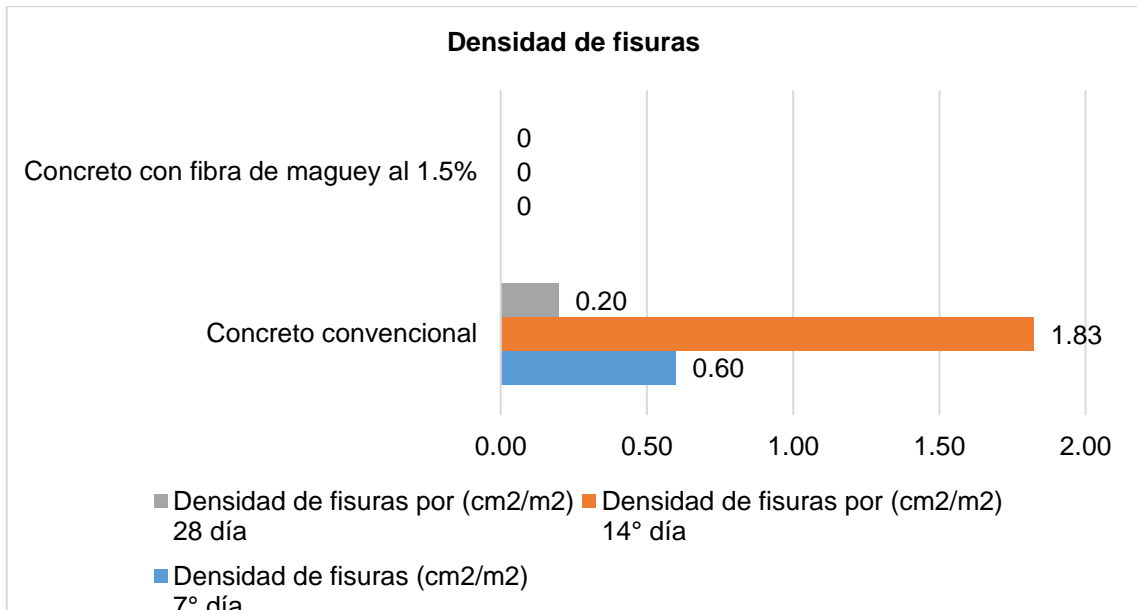


Figura 22. Densidad de fisuras en losas aligeradas al 7°, 14° y 28° días.

La figura representa la variación de la densidad de fisuras en la losa aligerada con concreto convencional y concreto con adición de fibra de maguey al 1.5% tanto al 7°, 14° y 28° día.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. Jugo de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco**

Para la determinación de la influencia del jugo de maguey en el asentamiento del concreto en estado fresco se ha comparado un concreto convencional de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> respecto a un concreto con jugo de maguey al 3%, 5% y 10% tal como se muestra en la Tabla 18; de acuerdo a los resultados se tiene que, a mayor adición de jugo de maguey el asentamiento se va incrementado lo cual refiere según Abanto (2009) esto influye en la trabajabilidad y la consistencia del concreto, siendo así que, el concreto convencional y con adición de jugo de maguey al 3% se encuentra dentro del rango denominado plástico considerados como trabajables y siendo la recomendación del método de compactación de vibración ligera chuseado, sin embargo el concreto con jugo de maguey al 5% y 10% presenta una consistencia fluida considerada como muy trabajable. Estos resultados se contrastan con

investigaciones similares tales como la de Ochoa (2009) y Jaramillo (2009).

Con respecto a la temperatura del concreto; se ha realizado la comparación entre un concreto convencional de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> respecto a un concreto con jugo de maguey al 3%, 5% y 10% tal como se muestra en la Tabla 20; teniendo como resultado que el concreto con adición de jugo de maguey presenta mayor temperatura; no obstante esta se encuentra dentro de lo considerado en la norma NTP:339.114 (2016) en la que menciona que, la temperatura mínima del concreto para climas fríos es de 5°C y la para climas cálidos recomienda una temperatura máxima de 32°C; por lo tanto es dable mencionar que el concreto con jugo de maguey puede ser utilizado tanto en climas fríos como cálidos.

Para determinar la influencia del jugo de maguey en el tiempo de fragua del concreto en estado fresco se ha comparado un concreto convencional de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> respecto a uno con jugo de maguey al 3%, 5% y 10% tal como se muestra en la Tabla 18, según los resultados se obtuvo que a mayor porcentaje de jugo de maguey el tiempo de fraguado se incrementa, lo cual según Pasquel (1998) este puede afectar a la contracción o retracción del concreto, entonces considerando que el tiempo de fraguado se ve incrementado esto ayudaría a la conservación del volumen del concreto; estos resultados se contrastan con la investigación realizada por Ochoa (2009) pues obtuvo resultados similares.



La influencia del aire incorporado se ha evaluado considerando el concreto convencional en contraste con el concreto con adición de jugo de maguey al 3%, 5% y 10% tal como se especifica en la Tabla 24, según esto se tiene que a mayor porcentaje de jugo de maguey el porcentaje de aire incorporado se incrementa llegando hasta en un 9.2%; este incremento favorecería su uso en estructuras expuestas a congelación y deshielo según lo considerado por Abanto (2009).

## **5.2. Jugo de maguey en propiedades del concreto en estado endurecido**

Se ha evaluado la influencia del jugo de maguey en la resistencia a compresión del concreto, para lo cual se ha comparado el comportamiento del concreto convencional de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> respecto al concreto con adición de jugo de maguey al 3%, 5% y 10% tal como se muestra en la Tabla 26 tanto en 7, 14, 21 y 28 días; según los resultados obtenidos se observa que el incremento del porcentaje disminuye la resistencia del concreto, esto debido a que según Jaramillo (2009) y lo presentado en los anexos el pH del jugo se encuentra entre 4 – 5 lo que disminuye la resistencia; sin embargo teniendo en cuenta lo establecido por la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2006) que señala que, el promedio de tres ensayos consecutivos de compresión debe ser igual o mayor a la resistencia de diseño; se deduce que, el concreto convencional y el concreto con jugo de maguey al 3% y 5% presentan resistencia mayor a la de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>), adicional a ello se cumple con otra de las premisas de la Norma E.060 donde ningún ensayo individual de resistencia está por debajo de la resistencia de

diseño por más de 35 kg/cm<sup>2</sup>; mientras que, la resistencia a compresión del concreto con jugo de maguey al 10% no cumple con ninguna de las premisas. Situación por la cual se descartar tal diseño por la resistencia a compresión. Esto concuerda con la investigación de Ochoa (2009) pues obtuvo resultados donde la resistencia a compresión se reduce por debido a la adición de jugo de maguey.

Asimismo, se ha evaluado la resistencia a la flexión del concreto tal como se muestra en la Tabla 28 siendo así que, el concreto con adición de jugo de maguey al 5% presentó mayor resistencia a flexión que el concreto convencional (De 52.42 kg/cm<sup>2</sup> a 46.53 kg/cm<sup>2</sup>) mientras que el concreto con adición de jugo de maguey al 3% y 10% presentaron resistencia a la flexión menor que la del concreto convencional. Estos resultados coinciden con la investigación realizada por Pajares (2015).

### **5.3. Jugo de maguey en el control de fisuras en losas aligeradas**

Según los resultados obtenidos la losa aligerada con adición de jugo de maguey al 5% no presentó fisuramiento al 7°, 14° y 28° día correspondientemente; a diferencia que, en la losa aligerada convencional sí se presentó este problema, en todo el periodo de control , incrementándose hasta una cantidad de 5 y un ancho máximo de 0.1; sin embargo según menciona Rodriguez (2016), estos se deben a una retracción por secado y meteorización debido al cambio de la temperatura del ambiente .

Por lo tanto, el uso de jugo de maguey al 5% en losas aligeradas ayuda al control de fisuramiento en esta.

#### **5.4. Fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco**

Para la determinación de la influencia de la fibra de maguey en el asentamiento del concreto en estado fresco se ha comparado un concreto convencional de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> respecto a un concreto con fibra de maguey al 1%, 1.5% y 2% tal como se muestra en la Tabla 33; de acuerdo a los resultados se tiene que, en la adición de fibra en 1% y 1.5% el asentamiento se va incrementado lo cual refiere según Abanto (2009) esto influye en la trabajabilidad y la consistencia del concreto, siendo así que, el concreto convencional, concreto con adición de fibra de maguey al 1%, 1.5% y 2% se encuentran dentro del rango denominado plástico considerados como trabajables y siendo la recomendación del método de compactación de vibración ligera chuseado. Estos resultados se contrastan con investigaciones similares tales como la de Herrera y Polo (2017) y Pajares (2015).

Lo concerniente a la influencia entre la fibra de maguey y la temperatura del concreto en estado fresco también se realizó la comparación entre un concreto convencional de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> respecto a un concreto con fibra de maguey al 1%, 1.5% y 2% tal como se muestra en la Tabla 35; teniendo como resultado que el concreto con adición de fibra de maguey presenta temperaturas relativamente altas; no obstante esta se encuentra dentro de lo considerado en la norma NTP:339.114 (2016) en la que menciona que, la temperatura mínima del concreto para climas fríos es de 5°C y para climas cálidos recomienda una temperatura

máxima de 32°C; por lo tanto es dable mencionar que el concreto con fibra de maguey puede ser utilizado tanto en climas fríos como cálidos.

Para determinar la influencia de la fibra de maguey en el tiempo de fraguado del concreto en estado fresco se ha comparado un concreto convencional de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> respecto a uno con fibra de maguey al 1%, 1.5% y 2% tal como se muestra en la Tabla 37, según los resultados se obtuvo que a mayor porcentaje de fibra de maguey el tiempo de fraguado disminuye, lo cual según Pasquel (1998) el tiempo de fraguado puede afectar a la contracción o retracción del concreto, estos resultados se contrastan con la investigación realizada por Pajares (2015) pues obtuvo resultados similares.

La influencia del aire incorporado se ha evaluado considerando el concreto convencional en contraste con el concreto con adición de fibra de maguey al 1%, 1.5% y 2% tal como se especifica en la Tabla 39, según esto, se tiene que a mayor porcentaje de fibra de maguey el porcentaje de aire incorporado se incrementa llegando hasta en un 6.2%; este incremento favorecería su uso en estructuras expuestas a congelación y deshielo según lo considerado por Abanto (2009).

### **5.5. Fibra de maguey en propiedades del concreto en estado endurecido**

Se ha evaluado la influencia de la fibra de maguey en la resistencia a compresión del concreto, para lo cual se ha comparado el comportamiento del concreto convencional de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> respecto al concreto con adición de fibra de maguey al 1%, 1.5% y 2% tal como se muestra en la Tabla 41 tanto en 7, 14, 21 y 28 días; teniendo en

cuenta lo establecido por la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2006) que señala que, el promedio de tres ensayos consecutivos de compresión debe ser igual o mayor a la resistencia de diseño se deduce que, el concreto convencional y el concreto con fibra de maguey al 1% y 1.5% presentan resistencia mayor a la de diseño ( $210 \text{ kg/cm}^2$ ), adicional a ello se cumple con otra de las premisas de la Norma E.060 donde ningún ensayo individual de resistencia está por debajo de la resistencia de diseño por más de  $35 \text{ kg/cm}^2$ . Con respecto al 2%, se ha descartado debido a que no cumple lo especificado en las normas; cabe mencionar que en la investigación de Ochoa (2009) también se obtuvo resultados donde la resistencia a compresión por la adición de fibra de maguey se vio reducida respecto a la muestra de control.

Asimismo, se ha evaluado la resistencia a la flexión del concreto tal como se muestra en la Tabla 43 siendo así que, el concreto con adición de fibra de maguey al 1.5% presentó mayor resistencia a flexión a diferencia del concreto con adición de fibra de maguey al 1% y 2%; estos resultados se comparte con la investigación similar realizada por Pajares (2015).

#### **5.6. Fibra de maguey en el control de fisuras en losas aligeradas**

De acuerdo a lo resultados obtenidos, el que mejor control tuvo del fisuramiento en losas aligeradas fue el concreto con fibra de maguey al 1.5%; esto en comparación a la losa patrón, en la cual se pudo observar la aparición de fisuras a los 7, 14 y 28 días con un ancho máximo de 0.5

cm; sin embargo este ancho según Rodríguez (2016) no puede considerarse como estructural, pues su aparición se debe a la retracción por secado y meteorización debido al cambio de la temperatura del ambiente.

## CONCLUSIONES

1. El jugo y fibra de maguey mejoran significativamente las propiedades del concreto tanto en estado fresco y endurecido; además que disminuyen el fisuramiento de losas aligeradas. Si se desea incrementar el aire incorporado y la resistencia a la compresión del concreto, es dable el uso del jugo de maguey al 5%; mientras que si solo se desea incrementar la resistencia es necesario la incorporación del 1.5% de fibra.
2. El jugo de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco, se tiene que a mayor contenido de jugo de maguey el asentamiento se incrementa, con una correlación positiva muy fuerte de 0.98; en cuanto a la temperatura no se mostró variación pues no existe relación entre el jugo de maguey con esta; respecto al tiempo de fragua el contenido de jugo de maguey lo acrecienta, representando una correlación positiva muy fuerte de 0.97 y por último, lo concerniente al aire incorporado, el jugo de maguey también lo incrementa y representa una correlación positiva muy fuerte de 0.97.
3. El jugo de maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido, se tiene respecto a la resistencia a compresión que a mayor contenido de jugo de maguey esta se reduce; no obstante, el concreto con jugo al 3 % y 5 % se encuentra dentro de lo estipulado por la Norma E.060 del R.N.E.; asimismo se obtuvo una correlación negativa muy fuerte de -0.98; en la resistencia a flexión, el concreto con jugo de maguey al 5 % presentó mayor resistencia a flexión que el concreto convencional; no obstante no se establece una correlación entre el contenido de jugo de maguey con la resistencia a flexión.

4. El uso de jugo de maguey al 5 % en losas aligeradas ayuda al control de fisuramiento hasta en un 100 %.
5. Respecto a la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco, se tiene que la adición hasta un 1.5 % el asentamiento se incrementa y luego se reduce, representando así una no correlación directa entre el contenido de fibra de maguey con el asentamiento; en cuanto a la temperatura no se mostró una variación pues no existe relación entre el contenido de fibra con la temperatura del concreto; respecto al tiempo de fragua el contenido de fibra de maguey hasta el 1.5 % lo reduce en relación al concreto convencional y al aumentarse el contenido de fibra de maguey al 2 % el tiempo de fragua incrementa, representando así que no existe correlación directa entre el contenido de fibra de maguey y el tiempo de fragua; por último lo concerniente al aire incorporado, el contenido de fibra de maguey lo incrementa con una correlación positiva considerable de 0.73.
6. Respecto a la fibra maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido, se tiene referente a la resistencia a compresión que el contenido de fibra de maguey en 1 % reduce la resistencia a compresión en relación al concreto convencional y al contener 1.5 % esta resistencia se incrementa; no obstante al adicionar 2 % la resistencia reduce; cabe señalar que el concreto con fibra de maguey al 1 y 1.5% se encuentra dentro de lo estipulado por la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones; asimismo se obtuvo una correlación negativa considerable de -0.80; lo relativo a la resistencia a flexión, el concreto con fibra de maguey al 1.5 % presentó mayor resistencia a flexión que el concreto con fibra al 1 y 1.5 % mas no mayor que el concreto



convencional; siendo así que, se establece una correlación negativa media de -0.57 entre el contenido de fibra de maguey y la resistencia a la flexión.

7. El uso de fibra de maguey al 1.5 % en losas aligeradas ayuda al control de fisuramiento hasta en un 100 %.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso del jugo de maguey para incrementar el asentamiento y la trabajabilidad del concreto.
2. Se recomienda el uso del jugo de maguey como un aditivo para incorporar aire al concreto.
3. Para el incremento de la resistencia a compresión se recomienda el uso del jugo de maguey en concentraciones de 3% y 5%; mientras que si se requiere incrementar la resistencia a la flexión solo el de 5%.
4. Se recomienda el uso de jugo de maguey al 5% en losas aligeradas a fin de controlar el fisuramiento.
5. Si se desea incrementar la resistencia a la compresión con la adición de la fibra de maguey se recomienda los porcentajes al 1 y 1.5%.
6. Para el control de fisuramiento en losas aligeradas con fibra de maguey se recomienda un porcentaje al 1.5%.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*. (Segunda ed). Lima - Perú.
2. ASTM:C403. (2013). Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. EE.UU: American Society for Testing and Materials.
3. Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (L. Gaona, Ed.) (Segunda). México: Pearson Educación.
4. Cortés, C. (2009). *Propiedades mecánicas a tensión de las fibras del bagazo del Agave angustiófila Haw, residuo proveniente de la producción artesanal del mezcal*. Instituto Politécnico Nacional.
5. Del Cid, A., Sandoval, R., & Sandoval, F. (2007). *Investigación. Fundamentos y metodología*. (H. Rivera, Ed.) (Primera). México: Pearson Educación.
6. Díaz, P. (2016). Concreto reforzada con fibra natural de origen natural (plumas de aves). Lima - Perú: Rev. Ingeniería:Ciencia, Tecnología e Innovación.
7. Gallo, W. (2006). *Inspecciones técnicas de seguridad estructural en edificaciones de concreto armado*. Universidad de Piura.
8. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación*. (J. Mares, Ed.) (Sexta). México: McGRAW-HILL.
9. Herrera, S., & Polo, M. (2017). *Estudio de las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Arequipa, utilizando fibras naturales y sintéticas, aplicado para el control de fisuras por retracción plástica*. Universidad Católica de Santa María.

<https://doi.org/repositorio/bitstream/handle/UCSM/5188/9F.0341.DR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

10. Jaramillo, L. (2009). *Evaluación del jugo de fique como aditivo oclisor de aire y su influencia en la durabilidad y resistencia del concreto*. Universidad Nacional de Colombia.
11. Juarez, C. (2002). *Concreto base cemento portland reforzados con fibras naturales (agave lecheguilla), como materiales para construcción en México*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
12. Morales, R. (2006). *Diseño en concreto armado*. (F. E. ICG, Ed.) (Tercera Ed). Lima - Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
13. MVCS. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima - Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
14. NRMCA. (2013). *El concreto en la práctica*. EE.UU: National Ready Mixed Concrete Association.
15. NTP:339.034. (2015). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima - Perú: INACAL.
16. NTP:339.088. (2015). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portlando Title*. Lima - Perú: INACAL.
17. NTP:339.114. (2016). *Concreto. Concreto premezclado. Requisitos*. Lima - Perú.
18. NTP:339.184. (2013). *Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto*. Lima - Perú: INACAL.
19. NTP:339.219. (2013). *Método de ensayo estándar para determinar la fluidez*

- de asentamiento del concreto auto compactado. Lima - Perú: INACAL.
- 20.NTP:400.013. (2014). Métodos de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones. Lima - Perú: INACAL.
- 21.NTP:400.017. (2016). Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad («Peso Unitario») y los vacíos en los agregados. Lima - Perú: INACAL.
- 22.NTP:400.021. (2013). Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75um por lavado de agregados. Lima - Perú: INACAL.
- 23.NTP.400.012. (2013). Análisis granulométrico del agregado fino, gureso y global. Lima - Perú: INACAL.
- 24.Ochoa, J. (2009). *Uso del licor de plantas agavaceas como aditivo en mortero y hormigones*. Universidad Politécnica de Valencia.
- 25.Pajares, E. (2015). *Análisis del incremento de la resistencia mecánica del concreto con la adición de fibra vegetal*". Universidad Nacional de Cajamarca.
- 26.Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú* (Segunda). Lima - Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- 27.Pineda, E., & Uribarri, D. (2014). Propiedades químicas y creencias curativas populares del maguey o cabuya (*Agave americana* L.) Caso, Churcampa, Huancavelica. *Ciencia y Desarrollo*, 1, 77-83.
- 28.Polanco, A. (2014). Manual de prácticas de laboratorio de concreto. México: Universidad Autónoma de Chihuahua.
- 29.Reidel, U., & Nickel, J. (2003). Applications of natural fiber composites for

constructive parts in aerospace, automobiles and other areas. EE.UU:  
Weinheim.

30. Rodriguez, K. (2016). *Aplicación del concreto autocompactante con aditivo incorporador de aire para el estudio de fisuras en losas de concreto armado*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
31. SENCICO. (2014). Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto. Lima - Perú: Cartolan Editores SRL.
32. Warmer, S. B. (1995). *Fiber Science*. New Jersey: Pearson Educación.

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**



## TESIS: INFLUENCIA DEL MAGUEY EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO Y EN EL FISURAMIENTO DE LOSAS ALIGERADAS EN HUANCAYO

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál es la influencia del jugo y fibra de maguey en las propiedades del concreto y en el fisuramiento de losas aligeradas en Huancayo?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>a) ¿Cómo influye el jugo de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco?</p> <p>b) ¿De qué manera el jugo de maguey influye en las propiedades del concreto en estado endurecido?</p> <p>c) ¿Cuál es la influencia del jugo de maguey en el fisuramiento de losas aligeradas?</p> <p>d) ¿De qué manera la fibra de maguey influye en las propiedades del concreto en estado fresco?</p> <p>e) ¿Cuál es la influencia de la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido?</p> <p>f) ¿Cómo influye la fibra de maguey en el fisuramiento de losas aligeradas?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Evaluar la influencia del jugo y fibra de maguey en las propiedades del concreto y en el fisuramiento de losas aligeradas en Huancayo.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>a) Determinar cómo influye el jugo de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco.</p> <p>b) Obtener la influencia del jugo de maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido.</p> <p>c) Estimar la intervención del jugo de maguey en el control de fisuras en losas aligeradas.</p> <p>d) Determinar cómo influye la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco.</p> <p>e) Estimar la influencia de la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido.</p> <p>f) Determinar la influencia de la fibra de maguey en el control de fisuras en losas aligeradas.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>El uso del jugo y la fibra del maguey influyen directamente en las propiedades del concreto y en el fisuramiento de losas aligeradas.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>a) El jugo de maguey influye directamente en las propiedades del concreto en estado fresco.</p> <p>b) El jugo de maguey influye proporcionalmente en las propiedades del concreto en estado endurecido.</p> <p>c) El jugo de maguey influye positivamente en el control de fisuras en losas.</p> <p>d) La fibra de maguey influye directamente en las propiedades del concreto en estado fresco.</p> <p>e) La fibra de maguey tiene incidencia directa en las propiedades del concreto en estado endurecido.</p> <p>f) La fibra de maguey influye positivamente en el control de fisuras en losas.</p>	<p><b>Variable independiente 1 (X1): Jugo de maguey</b></p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p>- Cantidad de jugo de maguey.</p> <p><b>Variable independiente 2 (X2): Fibra de maguey</b></p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p>- Cantidad de fibra de maguey.</p> <p><b>Variable dependiente 1 (Y1): Propiedades del concreto:</b></p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p>- Propiedades en estado fresco</p> <p>- Propiedades en estado endurecido</p> <p><b>Variable dependiente 2 (Y2): Fisuras</b></p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p>- Características de las fisuras</p>	<p><b>Método:</b> Método científico.</p> <p><b>Tipo:</b> Aplicada.</p> <p><b>Nivel:</b> Correlacional – Explicativo.</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental.</p> <p><b>Población:</b></p> <p>La población corresponde a 84 probetas de concreto.</p> <p><b>Muestra:</b> No se utilizó la técnica de muestreo, sino el censo, dado que la población fue pequeña; razón por la cual la población y la muestra poseen el mismo valor.</p> <p><b>Técnicas e instrumentos:</b></p> <p>Observación, análisis de documentos, trabajo en campo, fichas para toma de datos.</p>

**ANEXO N° 02: INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

Los instrumentos de investigación que se utilizaron fueron:

- Balanza.
- Cono de Abrahams.
- Olla de Washington.
- Termómetro.
- Prensa de rotura de concreto.
- Tarjeta de comparación de fisuras.

**ANEXO N° 04: PANEL FOTOGRÁFICO**



Fotografía 1. Pesado del jugo de maguey.



Fotografía 2. Fibra de maguey.



Fotografía 3, Fotografía 4 y Fotografía 5. Agregados para el mezclado en el concreto.



Fotografía 6. Mezclado del concreto con adición de jugo de maguey.



Fotografía 7. Medición del asentamiento del concreto.



Fotografía 8. Medición de la temperatura en el concreto.



Fotografía 9 y Fotografía 10. Medición del contenido de aire en el concreto.



Fotografía 11, Fotografía 12 y Fotografía 13. Viga y probetas de concreto más jugo de maguey.



Fotografía 14. Desencofrado de vigas.



Fotografía 15, Fotografía 16 y Fotografía 17. Roturado de probetas y flexión en vigas.



Fotografía 18. Viga con adición de fibra de maguey flexionada.





Fotografía 19 y Fotografía 20. Vaciado de losas aligeradas.



Fotografía 21. Medición de la temperatura en las losas aligeradas.



Fotografía 22. Losa aligerada con adición de fibra de maguey.



Fotografía 23. Vista de la losa aligerada convencional, con adición de jugo y fibra de maguey.



Fotografía 24. Identificación de fisuras en la losa aligerada convencional.



Fotografía 25. Medición de la fisura N°3 en la losa aligerada convencional.



Fotografía 26. Medición de la fisura N° 4 y 5 en la losa aligerada convencional.



Fotografía 27. Sin presencia de fisuras en losa aligerada con adición de fibra de maguey.



Fotografía 28. Sin presencia de fisuras en losa aligerada con adición de jugo de maguey.

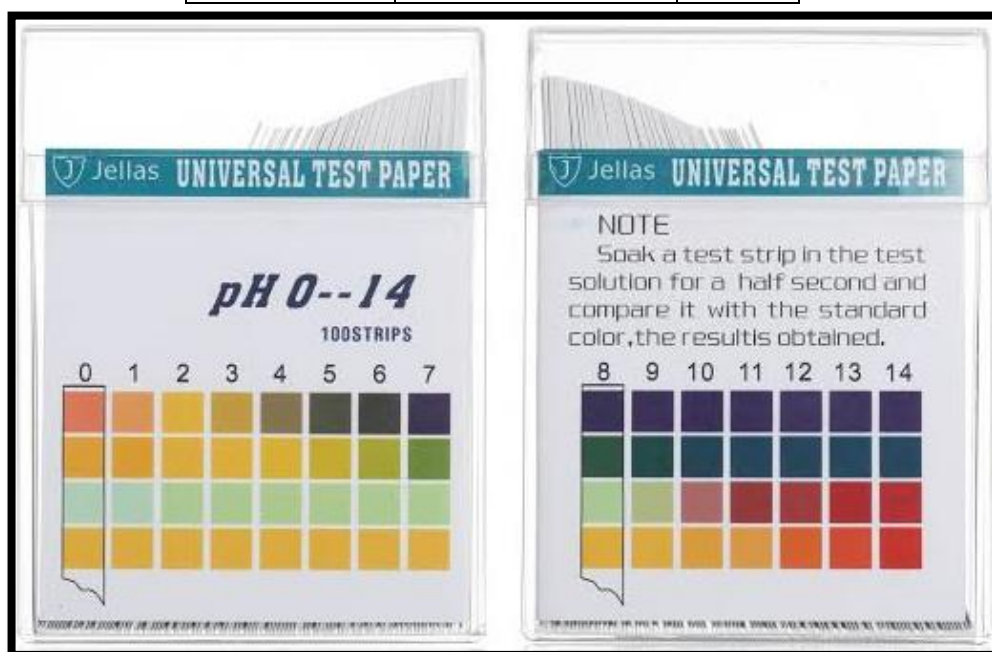
**ANEXO N°05: OTROS DOCUMENTOS DE IMPORTANCIA**

## ANEXO N°05.1: DETERMINACION DEL PH DEL JUGO DE MAGUEY

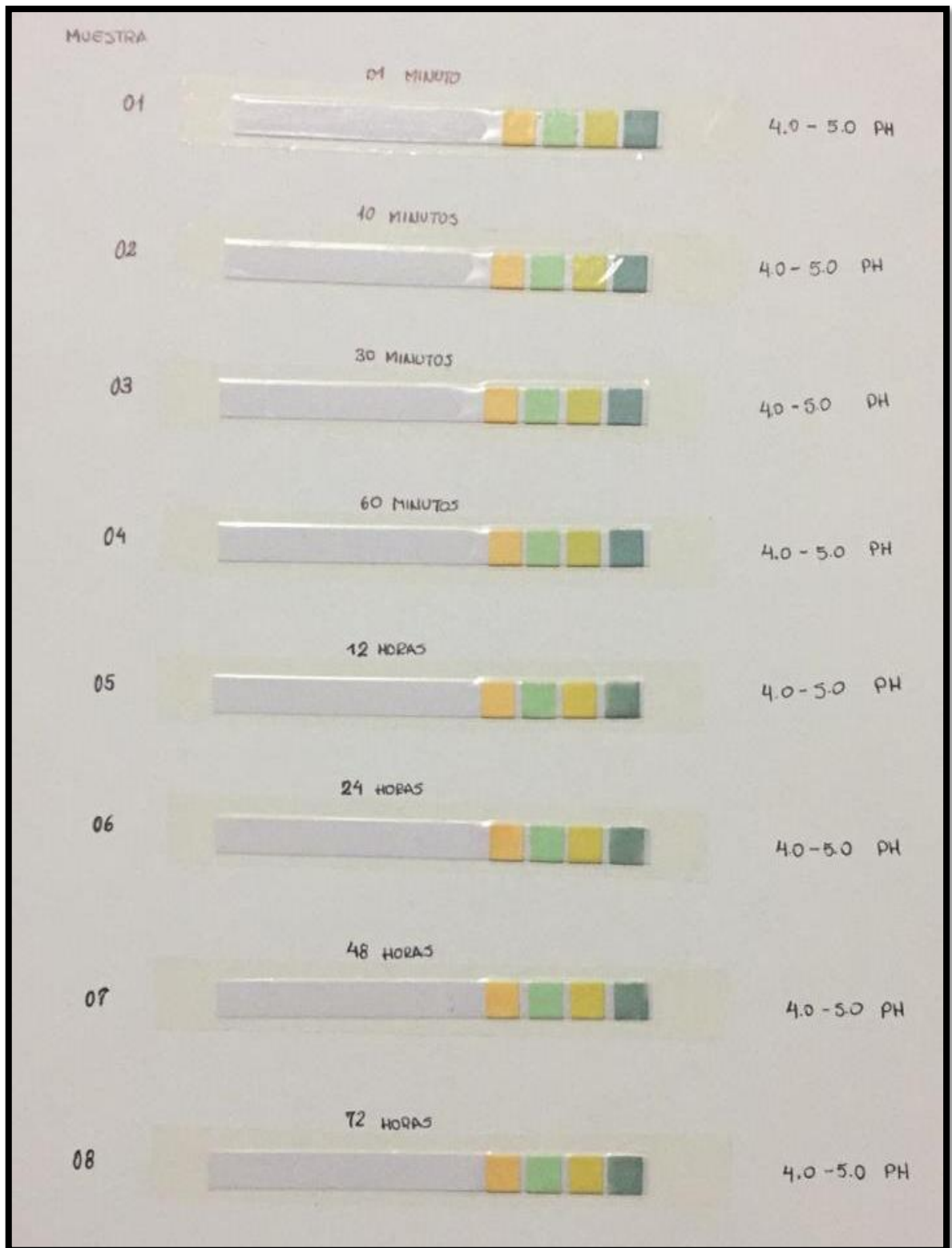
Para la determinación del PH del jugo del maguey hicimos uso del papel tornasol o tiras reactivas:

Tabla de resultados de Ph

MUESTRAS	TIEMPO DE EXTRACCION	PH
1	1 min	4 -5
2	10 min	4 -5
3	30 min	4 -5
4	60 min	4 -5
5	12 horas	4 -5
6	24 horas	4 -5
7	48 horas	4 -5
8	72 horas	4 -5

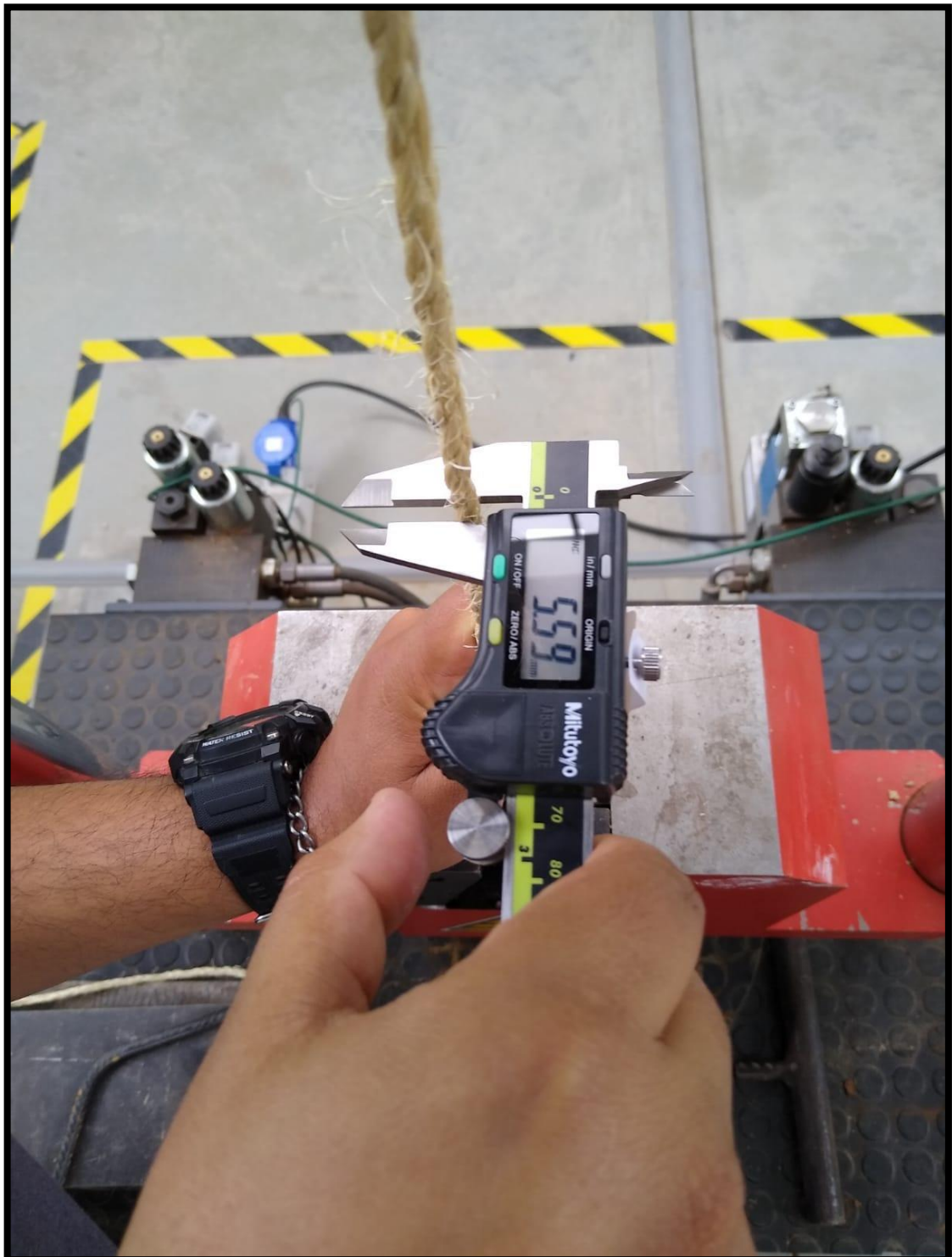


Fotografía 24. Cuadro de escala de PH



Fotografía 25. Muestras para determinación de PH del Jugo de Maguero

**ANEXO N°05.2: DETERMINACION DE LA RESISTENCIA DE LAS FIBRAS  
DE MAGUEY**



Fotografía 26. Mediación de diámetro de las cuerdas de fibra de maguey



**Informe de Ensayo de Tracción -  
Compresión [B]  
Universidad Peruana Los Andes**

**Fondos de escala de los canales analógicos:**

Fuerza: 294.20 kN Posición: 200.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V

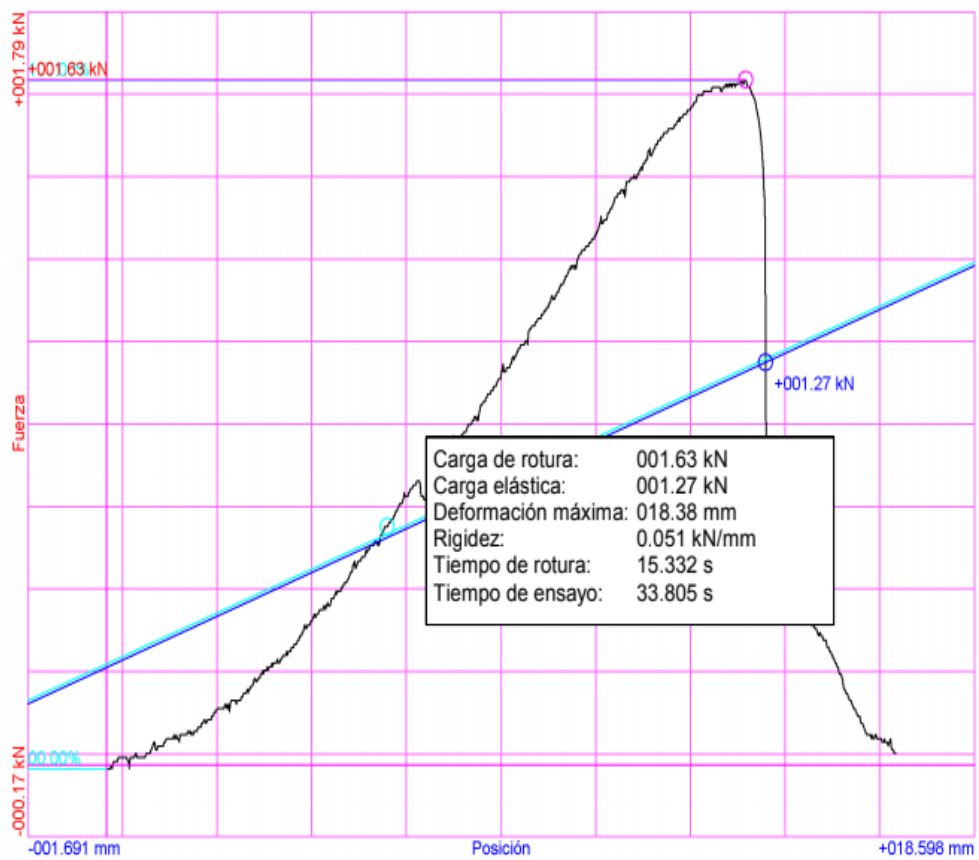
**Referencias:**

Fecha: 16/12/2019  
Probeta: MAGUEY-001

**Parámetros:**

Sentido: Tracción  
Límite superior: 99.90 %  
Límite inferior: 00.00 %  
Parámetro control: Posición  
Velocidad: 000.50 mm/s  
Parámetro destino: Posición  
Destino relativo: 100.00 mm

Nombre de archivo: MAGUEY-001



Fotografía 27. Resultados de Ensayo de Tracción de la cuerda de Fibra de maguey