

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL



EFFECTO DE LA ADICIÓN DE EXTRACTO DE PALETA DE  
TUNA (Opuntia Ficus-Indica) EN LA RESISTENCIA A  
COMPRESIÓN DEL CONCRETO

# TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

Presentado por el Bachiller:

*Cristina Jhoani Primo Cubas*

Asesor:

*Ing. Jorge Mosqueira Ramirez*

CAJAMARCA, DICIEMBRE DE 2014

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, ser maravilloso que me dio fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible terminar. A mi familia por ayudarme con mi hija mientras yo realizaba investigaciones y por estar a mi lado en todo momento de mi vida.

A mi madre, por impulsarme a terminar este proyecto.

Al Ing. Jorge Mosqueira Ramirez, por su apoyo total.

También expresar mi agradecimiento profundo a todas las personas que de una u otra manera me ayudaron en la realización de este proyecto.

## **DEDICATORIA**

A quien ha estado conmigo en todo momento brindándome su apoyo y amor incondicional y quién me ha enseñado que todos los días son de superación....

**A MI MADRE:**

**MARÍA CUBAS CÁCERES**

A mi querida hija quién con su tierna sonrisa me ha enseñado que en la simplicidad de la vida se encuentran los momentos más maravillosos e inolvidables.

**VALERIA ALESSANDRA**

A mi hermana quien me ha demostrado que nada es fácil pero tampoco imposible.

**KARLA DANIELA**

CONTENIDO	PÁG.
<b>CAPITULO I. INTRODUCCION.</b>	<b>12</b>
1.1. Planteamiento del problema.	12
1.2. Formulación del problema.	12
1.3. Justificación de la investigación.	13
1.4. Alcances o delimitación de la investigación.	13
1.5. Limitaciones.	13
1.6. Objetivo.	13
1.7. Hipótesis.	13
1.8. Contenido de capítulos.	14
<b>CAPITULO II. MARCO TEORICO.</b>	<b>15</b>
2.1. Antecedentes Teóricos.	15
2.1.1. Internacional.	15
2.1.2. Nacional.	16
2.1.3. Local.	17
2.2. Bases Teóricas.	17
2.2.1. Tuna ( <i>Opuntia ficus-índica</i> ).	17
2.2.2. Concreto.	20
2.2.3. Cemento.	22
2.2.4. Agregados.	23
2.2.5. Ensayos de Laboratorio para los agregados.	25
2.2.6. Resistencia a la compresión.	30
2.3. Definición de términos básicos.	31
<b>CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS.</b>	<b>33</b>
3.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación.	33
3.2. Población de estudio.	33
3.3. Muestra.	33
3.4. Unidad de análisis.	34

3.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos.	34
3.6. Ubicación geográfica.	35
3.7. Características físicas de los agregados.	36
3.7.1. Peso específico y absorción. NTP 400.021, NTP 400.022.	36
3.7.2. Análisis granulométrico. NTP 400.012.	41
3.7.3. Peso unitario. NTP 400.017.	47
3.7.4. Contenido de humedad NTP 339.185.	55
3.8. Diseño de mezcla por el método ACI (Comité 211).	59
3.9. Elaboración del extracto de paleta de tuna ( <i>Opuntia ficus indica</i> ).	69
3.10. Elaboración de las probetas de concreto.	69
3.10.1. Elaboración de las probetas de concreto convencional. NTP 339.033.	69
3.10.2. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams. NTP 339.035.	71
3.10.3. Elaboración de las probetas de concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ). NTP 339.033.	73
3.10.4. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. NTP 339.034.	75
3.11. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.	76
3.11.1. Pruebas de resistencia a compresión.	76
3.11.2. Análisis estadístico de datos.	83
<b>CAPITULO IV ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>88</b>
4.1. Calidad de la investigación.	88
4.2. Validez interna.	88
4.3. Validez externa.	89
4.4. Comparación con la bibliografía.	89
4.5. Contrastación de la hipótesis.	90
<b>CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>91</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO A: FIGURAS</b>	<b>95</b>



<i>Tabla N° 1: Composición química de la paleta de tuna (Opuntia ficus-indica).</i>	19
<i>Tabla N° 2: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.</i>	24
<i>Tabla N° 3: Requisitos granulométricos del agregado fino.</i>	27
<i>Tabla N° 4: Requisitos granulométricos del agregado grueso.</i>	28
<i>Tabla N° 5: Tipo, nivel, diseño y método de investigación.</i>	33
<i>Tabla N° 6: Resumen de la elaboración de probetas a ensayar.</i>	34
<i>Tabla N° 7: Ubicación de Cajamarca.</i>	35
<i>Tabla N° 8: Ubicación de la cantera El Chonta.</i>	35
<i>Tabla N° 9: Ubicación de la Hualanga Baja.</i>	35
<i>Tabla N° 10: Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino de la cantera El Chonta.</i>	38
<i>Tabla N° 11: Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de la cantera El Chonta.</i>	40
<i>Tabla N° 12: Ensayo granulométrico del agregado fino de la cantera El Chonta.</i>	42
<i>Tabla N° 13: Ensayo granulométrico del agregado grueso de la cantera El Chonta.</i>	45
<i>Tabla N° 14: Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino de la cantera El Chonta.</i>	48
<i>Tabla N° 15: Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino de la cantera El Chonta.</i>	50
<i>Tabla N° 16: Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso de la cantera El Chonta.</i>	52
<i>Tabla N° 17: Ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso de la cantera El Chonta.</i>	54
<i>Tabla N° 18: Ensayo de contenido de humedad del agregado fino de la cantera El Chonta.</i>	56
<i>Tabla N° 19: Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de la cantera El Chonta.</i>	58
<i>Tabla N° 20: Asentamientos recomendados para estructuras.</i>	59
<i>Tabla N° 21: Volumen de agua por m<sup>3</sup>. Agua en litros/m<sup>3</sup> para TNM de agregados y consistencia indicada.</i>	59
<i>Tabla N° 22: Contenido de aire atrapado.</i>	60
<i>Tabla N° 23: Relación agua/cemento por resistencia a compresión, para f'cr.</i>	60
<i>Tabla N° 24: Resistencia a la compresión promedio.</i>	60
<i>Tabla N° 25: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/bo).</i>	62
<i>Tabla N° 26: Cantidad de materiales por m<sup>3</sup>.</i>	64
<i>Tabla N° 27: Cantidad de materiales corregidos por humedad por m<sup>3</sup>.</i>	65
<i>Tabla N° 28: Cantidad de materiales corregidos por humedad para 0.060 m<sup>3</sup> (9 probetas).</i>	67
<i>Tabla N° 29: Cantidad de materiales corregidos por humedad para 0.060 m<sup>3</sup> (9 probetas) con extracto de paleta de tuna (Opuntia ficus-indica) al 1% en peso de cemento.</i>	67

<i>Tabla N° 30: Cantidad de materiales corregidos por humedad para 0.060 m3 (9 probetas) con extracto de paleta de tuna (Opuntia ficus-indica) al 3% en peso de cemento.</i>	68
<i>Tabla N° 31: Cantidad de materiales corregidos por humedad para 0.060 m3 (9 probetas) con extracto de paleta de tuna (Opuntia ficus-indica) al 5% en peso de cemento.</i>	68
<i>Tabla N° 32: Resistencia a la compresión del concreto convencional a los 7 días.</i>	76
<i>Tabla N° 33: Resistencia a la compresión del concreto convencional a los 14 días.</i>	76
<i>Tabla N° 34: Resistencia a la compresión del concreto convencional a los 28 días.</i>	76
<i>Tabla N° 35: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (opuntia ficus-indica) al 1% en peso cemento a los 7 días.</i>	76
<i>Tabla N° 36: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (opuntia ficus-indica) al 1% en peso cemento a los 14 días.</i>	77
<i>Tabla N° 37: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (opuntia ficus-indica) al 1% en peso cemento a los 28 días.</i>	77
<i>Tabla N° 38: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (opuntia ficus-indica) al 3% en peso cemento a los 7 días.</i>	77
<i>Tabla N° 39: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (opuntia ficus-indica) al 3% en peso cemento a los 14 días.</i>	77
<i>Tabla N° 40: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (opuntia ficus-indica) al 3% en peso cemento a los 28 días.</i>	77
<i>Tabla N° 41: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (opuntia ficus-indica) al 5% en peso cemento a los 7 días.</i>	78
<i>Tabla N° 42: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (opuntia ficus-indica) al 5% en peso cemento a los 14 días.</i>	78
<i>Tabla N° 43: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (opuntia ficus-indica) al 5% en peso cemento a los 28 días.</i>	78
<i>Tabla N° 44: Resumen de datos de los ensayos a resistencia a la compresión obtenidos en laboratorio.</i>	79
<i>Tabla N° 45: Grado de porcentaje de las resistencias de los concretos con extracto de paleta de tuna (opuntia ficus-indica) con respecto a la resistencia del concreto convencional.</i>	80
<i>Tabla N° 46: Regresión Lineal de la resistencia base vs la resistencia al 1%.</i>	83
<i>Tabla N° 47: Regresión Lineal de la resistencia base vs la resistencia al 3%.</i>	84
<i>Tabla N° 48: Regresión Lineal de la resistencia base vs la resistencia al 5%.</i>	85



---

<i>Gráfica N° 1: Curva granulométrica del agregado fino.</i>	<i>43</i>
<i>Gráfica N° 2: Curva Granulométrica del agregado grueso.</i>	<i>46</i>
<i>Gráfica N° 3: Gráfica de las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas a los 7, 14 y 28 días.</i>	<i>80</i>
<i>Gráfica N° 4: Gráfica de barras de las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas a los 7, 14 y 28 días.</i>	<i>81</i>
<i>Gráfica N° 5: Gráfica resumen de las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas a los 7, 14 y 28 días.</i>	<i>82</i>
<i>Gráfica N° 6: Regresión Lineal de la resistencia base vs la resistencia al 1%.</i>	<i>83</i>
<i>Gráfica N° 7: Regresión Lineal de la resistencia base vs la resistencia al 3%.</i>	<i>84</i>
<i>Gráfica N° 8: Regresión Lineal de la resistencia base vs la resistencia al 5%.</i>	<i>85</i>
<i>Gráfica N° 9: Correlación de la adición de extracto de paleta tuna (Opuntia ficus –indica) al 1%, 3% y 5% en peso cemento.</i>	<i>86</i>
<i>Gráfica N° 10: Resumen estadístico en Minitab 15.</i>	<i>87</i>

## RESUMEN

La resistencia a compresión es la principal característica del concreto, siendo un punto de análisis en la actualidad por su participación en el deterioro progresivo de las estructuras de concreto convencional. Hoy en día se busca obtener estructuras de concreto convencional de mayor resistencia, utilizando componentes naturales, no contaminantes, como es el caso de la tuna. En la presente investigación se determinó el efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la resistencia a compresión del concreto. La investigación proporciona un conocimiento sobre los resultados que generó, en el concreto, la mezcla en dosis determinadas de esta adición. Veintisiete probetas fueron fabricadas con estas adiciones (1%, 3% y 5% en base cemento) y con ellas se realizaron los ensayos a compresión hasta un periodo de 28 días. Nueve probetas sin esta adición botánica sirvieron como probetas patrón. Las probetas con adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 1% en peso cemento, incrementaron la resistencia a compresión del concreto en un 21%. En cambio, se observó una disminución en la resistencia de las probetas fabricadas con adiciones de extracto al 3% y 5% en base cemento, en un 10% y 38% respectivamente.

Palabras Claves: Extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus indica*), resistencia a compresión, efecto del extracto de paleta de tuna, aditivo natural, aditivo botánico, concreto convencional.

## ABSTRACT

The compressive strength is the main characteristic of concrete, being a point of analysis today for his role in the progressive deterioration of conventional concrete structures. Today is sought conventional concrete structures of greater strength using natural components, non-polluting, as in the case of tuna. In this research the effect of the addition of extract palette pear (*Opuntia ficus-indica*) in the compressive strength of concrete was determined. The research provides an understanding of the results generated in the concrete mix in certain doses this addition. Twenty samples were made with these additions (1%, 3% and 5% based on cement) and with them the compression tests were performed until a period of 28 days. Nine specimens without this addition botanical pattern served as specimens. The specimens with addition of extract palette pear (*Opuntia ficus-indica*) 1% by cement weight, increased compressive strength of concrete by 21%. However, a decrease was observed in the resistance of samples with additions extract 3% to 5% based on cement, 10% and 38% respectively.

Keywords: abstract paddle cactus (*Opuntia ficus-indica*), Compressive strength, effect of paddle cactus extract, natural additive.

## **CAPITULO I. INTRODUCCION**

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

A lo largo de la historia el ingeniero ha buscado alcanzar una mayor resistencia del concreto, de tal manera que éste aumente su capacidad para soportar diversas cargas de compresión. La resistencia a la compresión se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm<sup>2</sup>, MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi) (Osorio 2013).

La principal característica estructural del concreto es la resistencia a la compresión siendo un punto de análisis en la actualidad, por ser viable tanto en lo técnico como en lo económico dentro de las estructuras de concreto convencional usadas en Cajamarca.

El problema de la resistencia a la compresión es su participación en el deterioro progresivo sobre las estructuras de concreto convencional. Es por ello que nace la necesidad de investigar que materiales orgánicos contribuirán a mejorar la resistencia del concreto, sin deteriorar el medio ambiente.

La tuna o nopal representa una alternativa para mejorar la resistencia del concreto, debido a su efectividad al aumentar la misma con concentraciones de 1%, 2% y 4% en peso del cemento, al compararlo con el concreto sin aditivo (Torres *et al.* 2010).

La presente investigación plantea determinar el efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la resistencia a compresión del concreto. De resultar positivo dicho efecto se tendría la posibilidad de mejorar la resistencia del concreto, a través de un producto orgánico, no contaminante y, a la vez, se establecería un nuevo uso para las paletas de tuna que podría promover su cultivo y nuevos ingresos para los agricultores.

### **1.2. Formulación del problema.**

¿Cuál es el efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la resistencia a compresión del concreto?

### **1.3. Justificación de la investigación.**

- La carencia de estudios, en nuestra localidad, acerca de los efectos que se generará en el concreto si se mezcla, en dosis determinadas, con el extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*).
- Brindar un mayor conocimiento y conciencia del tema a profesionales de la construcción, con la finalidad de tener en un futuro estructuras más resistentes, con un producto natural, no contaminante.
- La investigación va dirigida para profesionales de ingeniería, instituciones de control y supervisión y cualquier persona interesada en el tema, que deseen lograr diseños de estructuras con mayor resistencia.
- Finalmente la investigación servirá como base para encaminar más investigaciones utilizando el extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) u otra adición orgánica, que aporten resistencia a las estructuras.

### **1.4. Alcances o delimitación de la investigación.**

En la presente investigación se estudió la resistencia a compresión del concreto, para ello se comparó una probeta estándar de concreto convencional con tres tipos de probetas con adición variada de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus indica*). Se trabajó con tunas adultas, procedentes de la Hualanga Baja.

El estudio tuvo un tiempo aproximado de 4 meses que comprendió la ejecución de los ensayos, evaluación y análisis de los resultados.

### **1.5. Limitaciones.**

No se encontraron limitaciones para el desarrollo de la presente investigación.

### **1.6. Objetivo.**

Determinar el efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) en la resistencia a compresión del concreto.

### **1.7. Hipótesis.**

La resistencia a compresión del concreto se incrementa conforme se incrementa la concentración al 1%, 3% y 5% del extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en peso cemento.

### **1.8. Contenido de capítulos.**

El capítulo I contiene el planteamiento y formulación del problema, la justificación, alcances o delimitaciones, las limitaciones, el objetivo y la hipótesis de la investigación.

El capítulo II contiene el marco teórico que comprende los antecedentes teóricos, bases teóricas y definición de términos de la investigación.

El capítulo III contiene los materiales y métodos a utilizar. El procedimiento que será descrito con detalle en el proceso de realización del experimento, así como el tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.

El capítulo IV abarca el análisis y discusión de resultados, describiendo, explicando y discutiendo los mismos de acuerdo al objetivo planteado.

El capítulo V contiene las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## **CAPITULO II. MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes Teóricos.**

#### **2.1.1. Internacional.**

Efecto del mucilago de nopal en la resistencia del cemento CPC-30R. En este trabajo realizado en México, se determina el efecto del comportamiento del mucilago de nopal en la resistencia en el cemento CPC-30R a partir de concentraciones del 0.1 y 0.3%. De este material procesado se utilizaron concentraciones de 0.1 y 0.3% con respecto al peso del cemento (CPC-30R). Se mezclaron primero el cemento y el extracto de nopal, posteriormente se agregó la arena clasificada, una vez homogenizado el material se le adicionó el agua para obtener el mortero y así poder colocarlo en los moldes. En tanto para la prueba de resistencia del cemento, esta se llevó a cabo de acuerdo al Método de Muestreo y Pruebas de materiales (MMP), referente a Resistencia a la compresión del Cemento Portland de la Secretaría de Comunicaciones y transportes (SCT). En tanto a los resultados obtenidos se puede observar la gran efectividad del nopal al aumentar la resistencia del cemento con las concentraciones 0.1 y 0.3%, comparado con el cemento sin aditivo, por lo cual es una alternativa para mejorar la resistencia del cemento con un producto que se encuentra de modo accesible y de bajo costo (Contreras *et al.* 2011).

Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas, el nopal y la sábila, realizado en México. Ochenta y cuatro cubos de mortero fueron fabricados con estas adiciones (1%, 2% y 4% en peso del cemento) y con ellos fueron realizadas pruebas experimentales hasta un periodo de 900 días aproximadamente. Los morteros sin estas adiciones botánicas sirvieron como mezclas patrón. Las adiciones usadas de nopal y sábila se mezclaron con cemento Portland ordinario (CPO) en diferentes porcentajes. Para caracterizar las propiedades físicas de estas mezclas, cuatro pruebas experimentales fueron efectuadas: contenido total de vacíos; resistencia a la compresión; velocidad de pulso ultrasónico; y resistividad eléctrica húmeda. Las mezclas con adiciones de nopal incrementaron el comportamiento físico de los morteros en el tiempo. En cambio, se observaron pocas mejoras en el caso de las mezclas con reemplazo de sábila. Los descubrimientos iniciales sugieren que adicionando cantidades pequeñas de nopal, como reemplazo de cemento, puede ser una opción para mejorar las propiedades físicas de los materiales base cemento que, a su vez, mejoran su durabilidad (Torres *et al.* 2010).

En el artículo de la revista *arq.com.mx* se encontró que Felipe Cano, investigador del Instituto Politécnico Nacional de la ciudad de México, ensayó la adición del extracto de nopal en el material de construcción para incrementar su resistencia a la compresión y reducir la permeabilidad. La investigación mostró que el extracto de nopal es altamente efectivo para incrementar tanto la resistencia a la compresión del concreto como reducir la permeabilidad.

### **2.1.2. Nacional.**

Uso de la goma de tuna como impermeabilizante en morteros de tierra. El presente trabajo de investigación, realizado en Perú, con el propósito de conocer la utilización de la goma de tuna como impermeabilizante en morteros de tierra para recubrimiento de viviendas de adobe, tapial y quincha y de esta manera obtener y proporcionar información fundamental sobre las propiedades de este material. Para ello se planteó trabajar con el rango óptimo de viscosidad de la goma de tuna. Se inició la presente investigación, caracterizando la muestra de tierra obtenida, mediante ensayos de laboratorio de consistencia y granulometría, luego se hicieron los cálculos necesarios para añadir los componentes, hasta alcanzar el rango óptimo recomendado, para morteros de tierra en revestimiento. Luego se realizaron ensayos preliminares con la viscosidad para determinar el rango óptimo de la viscosidad de la “goma de tuna” en morteros de tierra evaluándose tres ensayos de viscosidad luego se procedió a evaluar un cuarto ensayo de viscosidad con el cual se prepararon las muestras para los tratamientos establecidos. Con la finalidad de garantizar el buen desarrollo del proceso de pudrición, se midió la temperatura y ph durante 2 meses. Seguidamente se fabricaron muestras de morteros de tierra sin estabilizar y estabilizados con goma de tuna, en proporciones respecto al peso seco de tierra de 5%, 10%, 15% y 20%; además, se consideraron los tratamientos: morteros de tierra solo con pintura en su superficie y otros tratamientos con distintos contenidos de goma de tuna en su composición y con pintura en su superficie. Con la finalidad de determinar la utilidad de “la goma de tuna” en cada uno de los tratamientos, luego de 2 meses de secado, los testigos fueron sometidos a las siguientes pruebas: ensayo de variaciones de dimensiones, ensayo de humedecimiento y secado, ensayo de capilaridad y ensayo de erosión. Para complementar el análisis de los resultados obtenidos se utilizó el diseño completamente al azar y para comparar entre las medias de los tratamientos establecidos se usaron las pruebas estadísticas de análisis de varianza, Dunnet y Duncan. Luego de observar los resultados obtenidos y compararlos entre sí, se concluyó; que la goma de tuna, como estabilizante, otorga mejoras significativas a los revestimientos de morteros



de tierra frente a la humedad, siendo la proporción que ofrece mejor resistencia frente a la humedad el tratamiento con 20% con contenido de goma tuna en su composición respecto a su peso seco de tierra y con pintura en su superficie. (Molina *et al.* 2004).

### **2.1.3. Local.**

Se buscó información no encontrándose temas relacionados con la presente investigación.

## **2.2. Bases Teóricas.**

### **2.2.1. Tuna (*Opuntia ficus-indica*).**

La "Tuna" es el nombre común que reciben algunas de las cactáceas del género *Opuntia*. El género *Opuntia* se encuentra distribuido desde la provincia de Alberta en Canadá, hasta la Patagonia en Argentina; se encuentra principalmente en las zonas desérticas del Sur de Estados Unidos, de México y de América del sur (Castro *et al.* 2009).

En el Perú la tuna (*Opuntia ficus-indica*) es una planta de gran importancia en los sistemas agropastoriles de los andes. Esta cactácea se encuentra ampliamente distribuida en el país, especialmente en los valles interandinos donde ha encontrado condiciones adecuadas para su establecimiento (Castro *et al.* 2009).

#### **2.2.1.1. Nombres comunes.**

La tuna es conocido como Pricklypear, Cactus pear, Cactus fruti en Estados Unidos; Fico d' India (Sicilia), Figo morisca (Cerdeña), Figo della barbarie en Italia; Higo en España; chumbo en Francia; Tzabar en Israel; Kaktusfeigen en Alemania; Turksupurug en Sudáfrica Nopal en México y Tuna en Perú y Latinoamérica (Castro *et al.* 2009).

El nombre tuna es de origen caribeño, tomado por los primeros españoles que conocieron estas plantas. Nopal es un término mexicano derivado del Náhuatl "Nopalli", con el que se designa a varias especies (Castro *et al.* 2009).

#### **2.2.1.2. Importancia ecológica.**

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) puede ser un recurso importante en la economía rural y de las zonas áridas en general, por los altos rendimientos que se pueden obtener en la fruta del Higo y demás usos en las vastas superficies que no cuentan con una precipitación pluvial adecuada para la siembra de especies más exigentes en agua y suelo, que la *Opuntia ficus-indica*. Esta planta

es muy eficaz para adaptarse y crecer donde confluyen mayor número de factores limitantes que no son favorables para la mayoría de especies vegetales (Saenz *et al.* 2006).

### **2.2.1.3. Características morfológicas.**

#### **2.2.1.3.1. Paleta, penca o Cladodio.**

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) forma pencas denominadas cladodios de 30 a 60cm de largo x 20 a 40cm de ancho y de 2 a 3cm de espesor. Sus ramas están formadas por pencas de color verde opaco con areolas que contienen espinas más o menos numerosas de color amarillas. Estas estructuras transforman la luz en energía química a través de la fotosíntesis y están recubiertos por una cutícula del tipo lipídica, interrumpida por la presencia de estomas, los mismos que permanecen cerrados durante el día. La cutícula del cladodio evita la deshidratación provocada por las altas temperaturas del verano. La hidratación normal del cladodio alcanza hasta un 95% de agua en peso. Las pencas y tallos tienen espinas. El sistema radicular es profundo; no obstante, dependiendo de la humedad ambiental, pueden desarrollar raíces laterales superficiales (Saenz *et al.* 2006).

#### 2.2.1.4. Composición química.

Tabla N° 1: Composición química de la paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Componente	Cladodio	
	De 1 mes de edad (aprox.)	De 1 año de edad (aprox.)
Humedad %	92,57	94,33
Proteína (x, 6.25) %	0,94	0,48
Grasa %	0,17	0,11
Fibra %	0,30	1,06
Cenizas %	0,08	1,60
Carbohidratos %	5,96	2,43
Vitamina C(mg/100g*)	37,27	23,11
Ca %	0,042	0,339
Na %	0,0018	0,0183
K%	0,00098	0,145
Fe %	0,0792	0,322

Los resultados se dan en mg de ácido ascórbico / 100g de paleta fresca

Fuente: Laboratorios de la Escuela de Química de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

#### 2.2.1.5. Usos y aplicaciones.

Gutierrez *et al.* (2008) nos dice que de la tuna se utiliza el mucílago, la cáscara, la pulpa y sus compuestos químicos para la elaboración de aceites comestibles, pectinas y colorantes (a partir del mismo cultivo mediante la infesta del insecto Carmín de la Cochinilla). La *Opuntia ficus-indica*, también es utilizada con fines medicinales, como astringente, antiinflamatorio, antipirético, analgésico, tonificante, afrodisíaco y laxante, entre otros usos que se han encontrado a nivel experimental, tales como: fuente de energía para la producción de gas metano, producción de biomasa y enzimas. Además de esos usos mencionados previamente, se han localizado otros como:

- **Adhesivos.** Por las propiedades adhesivas de la tuna (*Opuntia ficus-indica*), se ha hecho uso de ellas en aditivos. Estudios recientes proponen utilización del polvo de nopal para la construcción con el fin de aumentar la dureza de las estructuras de concreto, habiendo logrado resultados sorprendentes con adiciones de 5g de mucílago de nopal liofilizado por cada 1,200g de materiales secos a utilizar, con lo que se logra una dureza del 56% mayor que la del concreto normal.

- **Pinturas e impermeabilizantes.** A partir del mucílago de la tuna, se fabrican pinturas impermeabilizantes, que pueden ser aplicados en cualquier construcción con tierra, cemento u otros materiales, para protegerla. La protección de la construcción se da contra el frío, la humedad del ambiente, del agua, de los insectos y otros.
- **Combustible.** El tronco y las pencas secas pueden utilizar como combustible en zonas desérticas. Las paletas de los nopales tienen una gran cantidad de lignina, son leñosas, y se pueden usar como leña, en zonas donde no hay electricidad ni petróleo ni energía comercial.
- **Producto ecológico.** La siembra de grandes superficies de tunales permitiría la recuperación y regeneración del suelo, la preservación de biodiversidad de zonas desérticas y semidesérticas, en donde habitan víboras, zorrillos, conejos, liebres y una gran diversidad de aves, como halcones, águilas, búhos, entre otros. Es una alternativa para contrarrestar cambios climáticos globales.
- **Aplicaciones industriales.** En la industria, es usado como anticorrosivo, fuente de pigmentos y como colorante natural.
- **Paisajismo y control de contaminación.** El cultivo de la tuna frena la desertificación e impide la erosión del suelo, pero además consume CO<sub>2</sub> por las noches en grandes cantidades, por lo que disminuye significativamente la contaminación del aire. Por ello debe recomendarse la plantación de esta especie en los parques y jardines de las ciudades.
- **Como alimento.** Las paletas tiernas de la tuna pueden consumirse como verdura en fresco, procesado en salmuera y/o escabeche, preparados con salsas.

### 2.2.2. Concreto.

Es la mezcla constituida por cemento, agregados, agua y eventualmente aditivos en proporciones adecuadas para obtener las propiedades prefijadas. El material que en nuestro medio es conocido como concreto, es definido como Hormigón en las Normas del Comité Panamericano de Normas Técnicas (COPANT), adoptadas por la Norma E.060.

#### 2.2.2.1. Propiedades del concreto.

**Trabajabilidad y consistencia:** La trabajabilidad es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas

operaciones. Esta definición involucra conceptos tales como: capacidad de moldeo, cohesividad, y capacidad de compactación, así como fluidez con énfasis en la plasticidad y uniformidad. La trabajabilidad se ve afectada por la fineza del cemento, la granulometría y características físicas de los agregados, la incorporación de aire, entre otras (Lezama 1996).

La consistencia es definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será su la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación (Lezama 1996).

El ensayo de consistencia, denominado ensayo de asiento, de revenimiento o “slump test”, desarrollada por Duft Abrams fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1928; dicho ensayo se encuentra ampliamente difundido y su empleo es aceptado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco.

Este método de ensayo se da para proveer al usuario de un procedimiento para determinar el asentamiento del concreto plástico (NPT 339.035).

El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento del pastón luego de desmoldado. El comportamiento del concreto indica su consistencia, es decir su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido de agua de mezcla (Lezama 1996).

**Segregación:** Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del agregado grueso del mortero. Está en función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta. Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas de este fenómeno (Lezama 1996).

**Exudación:** Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado (Lezama 1996).

**Resistencia:** La resistencia del concreto depende de la cohesión de la pasta de cemento, de su adhesión a las partículas de los agregados, y, en cierto grado de la resistencia del agregado mismo. No puede probarse en condiciones plásticas, por lo que el procedimiento acostumbrado

consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión (Lezama 1996).

**Durabilidad:** El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos, y desgaste, a los cuales estarán sometidos en el servicio (Lezama 1996).

**Impermeabilidad:** Importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire (burbujas diminutas) así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad (Lezama 1996).

### **2.2.3. Cemento.**

Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire (Norma E060).

#### **2.2.3.1 Cemento portland.**

Producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfatos de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deben ser pulverizados conjuntamente con el Clinker (Norma E060).

##### **2.2.3.1.1. Clasificación de cemento portland.**

Se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Portland (C 150).

- Tipo I: Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.
- Tipo II: Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.

- Tipo IV: Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de alcalisis y estructuras expuestas al agua del mar.

La Norma ASTM C- 1157 clasifica a los cementos Portlánd adicionados en:

- Tipo GU: Cemento hidráulico para construcción en general.
- Tipo MS: De moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo HS: De alta resistencia a los sulfatos.
- Tipo MH: De moderado calor de Hidratación.
- Tipo LH: De bajo calor de hidratación.
- Tipo EH: De alta resistencia inicial.

#### **2.2.4. Agregados.**

Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.011 (Norma E.060).

##### **2.2.4.1. Agregados Finos.**

Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9.51 mm (3/8") y que cumplen con los límites establecidos en la NTP 400.037 (Norma E.060).

##### **2.2.4.2. Agregado Grueso.**

Agregado retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la NTP 400.037. El agregado grueso puede ser la grava y la piedra triturada o chancada (Norma E060).

##### **2.2.4.3. Agua.**

El ICG (2013) nos menciona que el agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

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

**Tabla N° 2: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.**

Descripción	Límites Permisibles		
Sólidos en suspensión	5000	ppm	Máximo
Materia orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO <sub>4</sub> )	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl <sup>-</sup> )	1000	ppm	Máximo
ph	5 a 8	ppm	Máximo

**Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia (2013).**

El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas (ICG 2013).

En caso de tener que usar en la dosificación del concreto, agua no potable o de calidad no comprobada, debe hacerse con ella cubos de mortero, que deben tener a los 7 y 28 días un 90% de la resistencia de los morteros que se preparen con agua potable (ICG 2013).

El ICG (2013) nos menciona de algunas de las sustancias que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas y que inciden en la calidad del concreto, así como:

- Las aguas que contengan menos de 2000 p.p.m. de sólidos disueltos generalmente son aptas para hacer concretos; si tienen más de esta cantidad deben ser ensayados para determinar sus efectos sobre la resistencia del concreto.
- Si se registra presencia de carbonatos y bicarbonatos de sodio o de potasio en el agua de la mezcla, estos pueden reaccionar con el cemento produciendo rápido fraguado; en altas concentraciones también disminuyen la resistencia del concreto.
- El alto contenido de cloruros en el agua de mezclado puede producir corrosión en el acero de refuerzo o en los cables de tensionamiento de un concreto pre esforzado.
- Cuando el agua contiene aceite mineral (petróleo) en concentraciones superiores a 2%, pueden reducir la resistencia del concreto en un 20%.
- Cuando la salinidad del agua del mar es menor del 3.5%, se puede utilizar en concretos no reforzados y la resistencias del mismo disminuye en un 12%, pero si la salinidad aumenta al 5% la reducción de la resistencia es del 30%.
- El agua del curado tiene por objeto mantener el concreto saturado para que se logre la casi total hidratación del cemento, permitiendo el incremento de la resistencia.



### 2.2.5. Ensayos de Laboratorio para los agregados.

- **Peso específico de masa saturada superficialmente seca:** La misma definición que peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros (NTP 400.021).

Es el peso específico que más se utiliza por su fácil determinación para calcular el rendimiento del concreto o la cantidad necesaria de agregado para un volumen dado de concreto; es aquel que está referido a la condición de saturado con superficie seca del agregado (Lezama 1996).

Para el agregado fino, el peso específico en base al peso del agregado saturado con superficie seca, se calcula como sigue (NTP 400.022):

$$P. e. s. s. s = \frac{500}{V - Va} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

*P.e.s.s.s.* = Peso específico de masa del material saturado con superficie seca.

*V* = Volumen del frasco en centímetros cúbicos.

*Va* = Peso en gramos o volumen en cm<sup>3</sup> del agua añadida al frasco.

Para el agregado grueso, el peso específico en base al peso del agregado saturado con superficie seca, se calcula como sigue (NTP 400.021):

$$P. e. s. s. s = \frac{B}{B - C} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

*P.e.s.s.s.* = Peso específico de masa del material saturado con superficie seca.

*B* = Peso en el aire en gramos de la muestra saturada con superficie seca.

*C* = Peso en el agua en gramos de la muestra saturada.

- **Absorción:** Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso (NTP 400.021 y NTP 400.022).

Para el agregado fino, el porcentaje de absorción se calcula de la siguiente manera (NTP 400.022):

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100 \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

$Ab$  = Porcentaje de absorción.

$W_o$  = Peso en el aire de la muestra secada a la estufa en gramos.

Para el agregado grueso, el porcentaje de absorción se calcula de la siguiente manera (NTP 400.021).

$$Ab = \frac{B - A}{A} * 100 \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

$Ab$  = Porcentaje de absorción.

$A$  = Peso en el aire en gramos de la muestra seca en la estufa.

$B$  = Peso en el aire en gramos de la muestra saturada con superficie seca.

- **Análisis granulométrico:** Es la representación numérica de la distribución de las partículas por tamaño (ICG 2008).

**Módulo de Finura:** Es la suma de los porcentajes retenidos acumulados en la serie Estándar hasta el tamiz N° 100 y esta cantidad se divide entre 100. (Adams 1925)

$$M.F. = \frac{\Sigma \% Acum. ret. (1 1/2", 3/4, 3/8, N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 y N^{\circ}100)}{100} \dots (5)$$

**Tabla N° 3: Requisitos granulométricos del agregado fino.**

Tamiz		Porcentaje que pasa
9,5 mm	3/8 pulg	100
4,75 mm	No. 4	95 a 100
3,36 mm	No. 8	80 a 100
1,18 mm	No. 16	50 a 85
600 µm	No. 30	25 a 60
300 µm	No. 50	05 a 30
150 µm	No. 100	0 a 10

**Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia (2013).**

**Tabla N° 4: Requisitos granulométricos del agregado grueso.**

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO													
			PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
			100 mm	90 mm	3 75 mm	63 mm	2 50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	300 µm
			4 pulg	1/2 pulg	3 pulg	1/2 pulg	pulg	1 1/2 pulg	1 pulg	3/4 pulg	1/2 pulg	3/8 pulg	No. 4	No. 8	No. 16	No. 50
1	90 mm a 37,5 mm	3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm	3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm	2 pulg a 1 pulg	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm	2 pulg a No.4	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm	1 1/2 pulg a 1/4 pulg	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm	1 1/2 pulg a No.4	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...
5	25,0 mm a 9,5 mm	1 pulg a 1/2 pulg	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm	1 pulg a 3/8 pulg	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	...
57	25,0 mm a 4,75 mm	1 pulg a No.4	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	...
6	19,0 mm a 9,5 mm	3/4 pulg a 3/8 pulg	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...
67	19,0 mm a 4,75 mm	3/4 pulg a No. 4	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 25	0 a 10	0 a 5	...	...
7	12,5 mm a 4,75 mm	1/2 pulg a No. 4	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
8	9,5 mm a 2,36 mm	3/8 pulg a No.8	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
89	9,5 mm a 1,18 mm	3/8 pulg a No.16	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75 mm a 1,18 mm	No.4 a No.16	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia (2013).

- **Peso Unitario:** Es el peso del material seco necesario para llenar cierto recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplea en la conversión de cantidades en peso a cantidades en volumen y viceversa. El peso unitario está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas y el grado de compactación (suelto o compactado) (Lezama 1996).

Este método se utiliza siempre para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezcla de concreto (NTP 400.017).

El peso unitario compactado o suelto se calcula de la siguiente manera (NPT 400.017):

$$M = (G - T) * f \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

$M$  = Peso unitario del agregado.

$G$  = Peso del recipiente de medida más el agregado.

$T$  = Peso del recipiente de medida.

$f$  = Factor de la medida.

**Calibración del recipiente.**

El recipiente se calibrará determinando con exactitud el peso del agua requerida para llenarlo a 16.7 °C. Para cualquier unidad, el factor ( $f$ ) se obtendrá dividiendo al peso unitario del agua a 16.7 °C (1000 kg/m<sup>3</sup>) por el peso del agua a 16.7 °C necesario para llenar la medida (Lezama 1996).

$$f = \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{W_a (16.7 \text{ }^\circ\text{C})} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

$f$  = Factor de la medida.

$W_a$  = Peso del agua para llenar el recipiente a 16.7 °C.

- **Contenido de humedad:** Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad se expresa como porcentaje de la muestra seca (en estufa), pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla (Lezama 1996).

El contenido de humedad

$$\% W = \frac{H}{M_s} * 100 \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

$\% W$  = Porcentaje de humedad.

$H$  = Peso del agua evaporada.

$M_s$  = Peso de la muestra seca.

Tenemos:

$$H = (\text{Peso recip.} + M. \text{húmeda}) - (\text{Peso recip.} + M. \text{Seca}) \dots \dots \dots (9)$$

$$M_s = (\text{Peso recip.} + M. \text{Seca}) - (\text{Peso recip.}) \dots \dots \dots (10)$$

### 2.2.6. Resistencia a la compresión.

Propiedad del concreto endurecido que viene a ser el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. (López 1999).

Esta resistencia se determina mediante el ensayo para esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto, según NTP 339.034.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la

máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra (NTP 339.034).

Las probetas se ensayan inmediatamente después de ser retiradas del agua o de la cámara de curado. En caso que debe transcurrir cierto tiempo entre el curado y el ensayo, se mantienen húmedas, cubriéndolas con paños o lienzos humedecidos, hasta el momento del ensayo. El ensayo se realiza con la probeta en estado húmedo (NTP 339.034).

Se elaborarán por lo menos dos probetas normalizadas de una muestra compuesta. Un ensayo individual será el promedio de las resistencias de las dos probetas ensayadas a la edad especificada. Si una de las probetas muestra evidencia de muestreo inapropiado de moldeo, de manipuleo, de curado o ensayos inadecuados, será rechazada y la resistencia de la otra probeta será considerada como resultado del ensayo individual (NTP 339.114).

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula mediante la siguiente fórmula (NTP 339.034):

$$R_c = \frac{4G}{\pi d^2} \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

$R_c$  = Es la resistencia de rotura a la compresión, en kg/cm<sup>2</sup>.

$G$  = Es la carga máxima de rotura, en kg.

$d$  = Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en cm.

### 2.3. Definición de términos básicos.

**Concreto convencional:** Material premezclado de resistencia controlada, compuesta por cemento, agregado grueso, agregado fino y agua.

**Extracto de paleta de tuna:** Sustancia concentrada obtenida de la paleta de tuna conservando sus propiedades esenciales y constitutivas.

**Módulo de Finura:** Indica el grosor predominante en el conjunto de los agregados.

**Paleta de tuna:** Tallo modificado, aplanado, de color verde, que tiene la apariencia de una hoja.

**Pasta de cemento:** Es una mezcla de cemento y agua.

**Resistencia a compresión del concreto:** Máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse, se expresa en kg/cm<sup>2</sup>.

**Resistencia base:** Es la resistencia del concreto convencional obtenida en laboratorio tomándose como línea base para las respectivas comparaciones.

**Resistencia al 1%:** Es la resistencia del concreto con adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 1% en peso cemento, obtenida en laboratorio.

**Resistencia al 3%:** Es la resistencia del concreto con adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 3% en peso cemento, obtenida en laboratorio.

**Resistencia al 5%:** Es la resistencia del concreto con adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 5% en peso cemento, obtenida en laboratorio.

**Tamaño Máximo:** Tamaño de la abertura del tamiz que deja pasar todo el agregado.

**Tamaño Nominal Máximo (TNM):** Tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado.

**Tuna:** Conocido también como nopal, es una planta de la familia de las cactáceas.



## CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

### 3.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación.

**Tabla N° 5: Tipo, nivel, diseño y método de investigación.**

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada, Correlacional
Estrategia o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa
Objetivos generales (alcances)	Explicativa
Fuente de datos	Primaria
Control en el diseño de la prueba	Experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Laboratorio
Intervención disciplinaria	Undisciplinaria

**Fuente:** Vieytes (2004), Estrada (1994), Ruíz-Rosado (2006), Mendez y Astudillo (2008), Maleta (2009), Hernández *et al.* (2010).

### 3.2. Población de estudio.

- Infinita.

### 3.3. Muestra.

- Se elaboraron 36 probetas en total, basándonos en que un ensayo de resistencia a compresión debe ser el promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas confeccionadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de  $f'c$  (Norma E.060).
- En este caso y fundamentándonos en lo anterior se elaboraron 3 probetas por tipo de concreto (convencional y con adición en distintos porcentajes de extracto de paleta de tuna *opuntia ficus-indica*) y por tiempo de ensayo (7 días, 14 días y 28 días). Así tenemos:

**Tabla N° 6: Resumen de la elaboración de probetas a ensayar.**

Días a ensayar las probetas	Elaboración de probetas			
	7 días	14 días	28 días	Parcial
Concreto Simple	3	3	3	9
Concreto con adición de extracto de paleta de tuna al 1%	3	3	3	9
Concreto con adición de extracto de paleta de tuna al 3%	3	3	3	9
Concreto con adición de extracto de paleta de tuna al 5%	3	3	3	9
<b>Total de probetas a ensayar</b>				<b>36</b>

El número de probetas elaboradas por día (7, 14 y 28) se basó en la Norma E.060 (2009), página 43, ítem 5.6.2.3.

### 3.4. Unidad de análisis.

Probeta de concreto.

### 3.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos.

Se realizará mediante ensayos de laboratorio, apoyándonos en la NTP (Norma Técnica Peruana).

Los instrumentos a utilizar son los siguientes, establecidos en las NTP:

- Tamices para agregado grueso 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8" y N° 4.
- Tamices para agregado fino N° 4, N° 8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200.
- Balanza electrónica digital precisión 1 gr.
- Estufa capaz de mantener una temperatura de 110 °C +/- 5°C
- Taras de diferentes tamaños.
- Canastilla.
- Trompo.
- Moldes de acero de 6"x 12".
- Varilla de acero liso de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.
- Máquina a compresión.
- Molde cónico.

- Varilla de metal.
- Cuchara de muestreo y plancha de albañilería.
- Mazo de goma.
- Aceites derivados del petróleo.
- Licuadora.
- Cuchillo.
- Guantes.

### 3.6. Ubicación geográfica.

El estudio se realizó en la ciudad de Cajamarca (Ver ANEXO A, Figura N°1).

**Tabla N° 7: Ubicación de Cajamarca.**

UBICACIÓN			COORDENADAS UTM (SISTEMA WGS - 84)		
Departamento	Provincia	Distrito	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m)
Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	774187	9208154	2750

Los agregados se obtuvieron de la cantera El Chonta. (Ver ANEXO A, Figura N°2).

**Tabla N° 8: Ubicación de la cantera El Chonta.**

UBICACIÓN			COORDENADAS UTM (SISTEMA WGS - 84)		
Departamento	Provincia	Distrito	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m)
Cajamarca	Cajamarca	Baños del Inca	779884	9208905	2850

La paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) se recolectó de la Hualanga baja (Ver ANEXO A, Figura N°2).

**Tabla N° 9: Ubicación de la Hualanga Baja.**

UBICACIÓN			COORDENADAS UTM (SISTEMA WGS - 84)		
Departamento	Provincia	Distrito	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m)
Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	772849	9210480	2834

### **3.7. Características físicas de los agregados.**

#### **3.7.1. Peso específico y absorción. NTP 400.021, NTP 400.022.**

##### **Agregado fino NTP 400.022.**

##### **Material.**

- Arena fina seca 500 gr, que pase el tamiz N° 4.
- Agua.

##### **Equipo.**

- Balanza electrónica digital precisión 1 gr.
- Fiola de 500 ml.
- Molde cónico metálico de 4 cm de diámetro en la parte superior; 9 cm de diámetro en la parte inferior y altura de 7.5 cm.
- Varilla de metal, con un extremo redondeado de (25+/-3) mm de diámetro y (340+/-15) gr de peso.
- Tamiz N° 4.
- Estufa capaz de mantener una temperatura de 110 °C +/- 5°C.

##### **Procedimiento.**

- Obtener 500 gr de muestra mediante método de cuarteo.
- Cubra la muestra con agua y dejamos en reposo durante 24 horas.
- Extendemos la muestra sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y vamos removiendo con frecuencia para garantizar un secado uniforme.
- Se continúa hasta que los granos del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí.
- Luego colocamos el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, golpeando la superficie suavemente 25 veces con la varilla de metal y levantamos el molde verticalmente. Si existe humedad libre, el cono del agregado fino mantendrá su forma.
- Seguimos secando, revolviendo constantemente y probamos a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde.

- Esto indicará que el agregado fino ha alcanzado una condición de saturado de superficie seca.
- Si al realizar el ensayo el cono de agregado fino se desmorona, es porque la muestra ya no tiene humedad libre, en este caso, añadimos unos cuantos centímetros cúbicos de agua, dejándola reposar durante 30 min en un envase bien tapado, para luego repetir el proceso.
- Pesamos la fiola seca.
- Llenamos la fiola con agua hasta la marca de 500 ml, y luego la pesamos.
- Luego introducimos de inmediato en la fiola la muestra del material preparado y llenamos de agua hasta pasarla, aproximadamente entre uno y dos centímetros.
- Enseguida movemos constantemente la fiola, para eliminar los vacíos ayudándonos de baño maría.
- Después llenamos de agua hasta la marca de 500 ml.
- Determinamos el peso de la fiola, muestra y el agua.
- Con cuidado sacamos el material de la fiola.
- Luego llevamos la muestra a la estufa a una temperatura de 100°C- 110°C, enfriamos a temperatura ambiente en un secador y pesamos.

**Ensayo de peso específico del agregado fino. NTP 400.022.**

PROYECTO	: Elaboración de Tesis Profesional
UBICACIÓN	: Cajamarca
FEHA	: 23 / 09 / 14
REALIZADO POR	: Cristina Jhoani Primo Cubas

**Tabla N° 10: Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino de la cantera El Chonta.**

ENSAYO	1°	2°	Promedio
Wo = Es el peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	488	489	-----
V= Volumen del frasco (cm3)	500	500	-----
Va= Peso en (gr) o Volumen (cm3) del Agua añadida al frasco	298.5	289.5	-----
Peso específico de Masa (Pe)	2.422	2.323	2.372
Peso específico de Masa Saturada con superficie seca (Pesss)	2.481	2.375	2.428
Peso específico aparente (Pea)	2.575	2.451	2.513
Absorción	2.459	2.249	2.354

**Fuente: Lezama (1996).**

## **Agregado grueso NTP 400.021.**

### **Material.**

- Piedra lavada y seca.
- Agua.

### **Equipo.**

- Balanza electrónica digital precisión 1 gr.
- Cesta de malla de alambre con abertura no mayor a 3 mm.
- Estufa capaz de mantener una temperatura de 110 °C +/- 5°C.

### **Procedimiento.**

- Obtener 6 kg aproximadamente de muestra mediante método de cuarteo.
- Lavamos la muestra para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales de las partículas.
- Cubrimos la muestra con agua y dejamos en reposo durante 24 horas.
- Sacamos la muestra del agua y la hacemos rodar sobre un paño grande absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible. Secamos separadamente los fragmentos más grandes.
- Tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación de secado de la superficie.
- Obtenemos el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca.
- Después de pesar, colocamos de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y determinamos su peso en agua.
- Luego colocamos la muestra en la estufa a una temperatura de 110 °C, durante 24 horas.
- Dejamos enfriar hasta temperatura ambiente y pesamos.

**Ensayo de peso específico del agregado grueso. NTP 400.021.**

PROYECTO	: Elaboración de Tesis Profesional
UBICACIÓN	: Cajamarca
FEHA	: 23 / 09 / 14
REALIZADO POR	: Cristina Jhoani Primo Cubas

**Tabla N° 11: Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de la cantera El Chonta.**

ENSAYO	1°	2°	Promedio
A = Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	6626	7736	-----
B= Peso en el Aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	6696	7804	-----
C= Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	4106	4826	-----
Peso específico de Masa (Pe)	2.558	2.598	2.578
Peso específico de Masa Saturada con superficie seca (Pesss)	2.585	2.621	2.603
Peso específico aparente (Pea)	2.629	2.658	2.644
Absorción	1.056	0.879	0.968

**Fuente: Lezama (1996).**



### **3.7.2. Análisis granulométrico. NTP 400.012.**

#### **Agregado fino.**

#### **Material.**

- Agregado fino.

#### **Equipos.**

- Tamices N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, cazoleta.
- Balanza electrónica con precisión de 0.5 gr.
- Taras.

#### **Procedimiento.**

- Pesamos la muestra requerida aproximadamente entre 300 a 400 gr.
- Colocamos la muestra en la malla superior del juego de tamices, dispuestos en forma decreciente, según abertura, se procede al tamizado en forma manual.
- Se tomará cada tamiz con tapa y base, imprimiéndoles diferentes movimientos de vaivén. No se permitirá en ningún caso, presionar las partículas con la mano para que esta pase a través del tamiz.
- Si en el transcurso de 1 min, no pasa más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz, la operación del tamizado se dará por concluida.

## Análisis granulométrico para agregado fino. NTP 400.012.

PROYECTO	: Elaboración de Tesis Profesional
UBICACIÓN	: Cajamarca
FEHA	: 24 / 09 / 14
REALIZADO POR	: Cristina Jhoani Primo Cubas

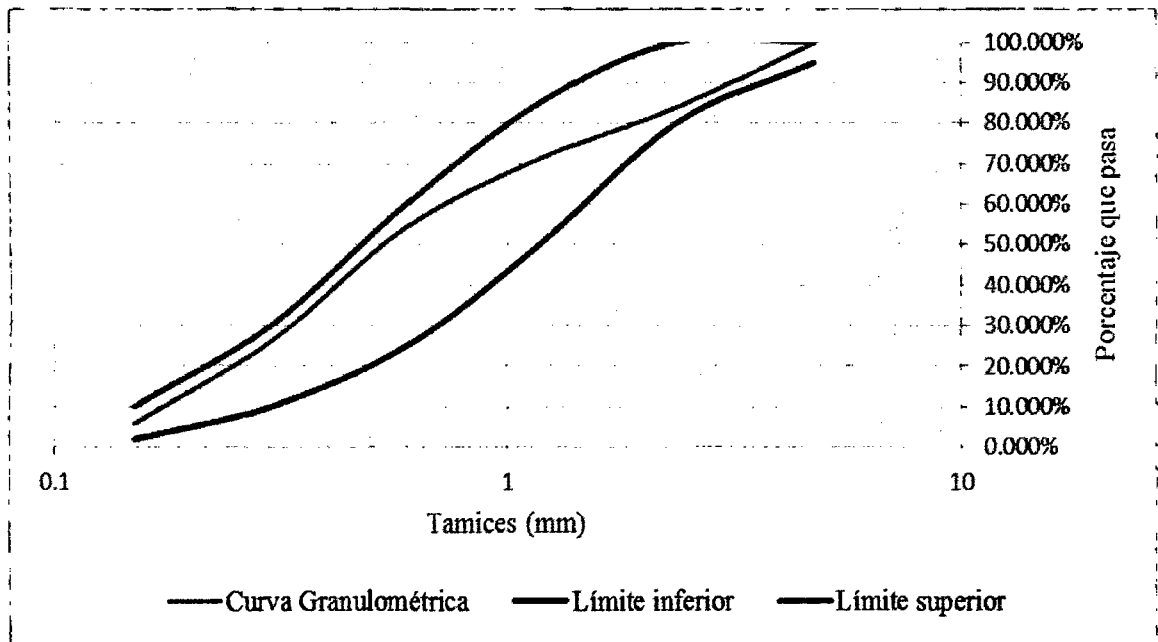
**Tabla N° 12: Ensayo granulométrico del agregado fino de la cantera El Chonta.**

MALLA		Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acumul. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N°	(mm)				
4	4.76	0.900	0.229	0.229	99.771
8	2.36	62.500	15.936	16.165	83.835
16	1.18	49.600	12.647	28.812	71.188
30	0.6	66.200	16.879	45.691	54.309
50	0.3	110.900	28.276	73.967	26.033
100	0.15	79.300	20.219	94.187	5.813
Cazoleta		22.8	5.813	100.000	0.000

Fuente: Lezama (1996).

$$M.F. = \frac{0.229 + 16.165 + 28.812 + 45.691 + 73.967 + 94.187}{100}$$

$$M.F. = 2.590$$



**Gráfica N° 1: Curva granulométrica del agregado fino.**

En la gráfica observamos que el agregado fino cumple con los requisitos granulométricos establecidos en la tabla N° 03, por lo que el material es óptimo para ser utilizado en la mezcla de concreto.

## **Agregado grueso.**

### **Material.**

- Agregado grueso.

### **Equipos.**

- Tamices 1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", N° 4, cazoleta.
- Balanza electrónica con precisión de 1 gr.
- Taras.

### **Procedimiento.**

- Pesamos la muestra requerida aproximadamente entre 6 y 7 kg.
- Colocamos la muestra en la malla superior del juego de tamices, dispuestos en forma decreciente, según abertura, se procede al tamizado en forma manual.
- Se tomará cada tamiz con tapa y base, imprimiéndoles diferentes movimientos de vaivén. No se permitirá en ningún caso, presionar las partículas con la mano para que esta pase a través del tamiz.
- Si en el transcurso de 1 min, no pasa más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz, la operación del tamizado se dará por concluida.

**Análisis granulométrico para agregado grueso. NTP 400.012.**

PROYECTO	: Elaboración de Tesis Profesional
UBICACIÓN	: Cajamarca
FEHA	: 24 / 09 / 14
REALIZADO POR	: Cristina Jhoani Primo Cubas

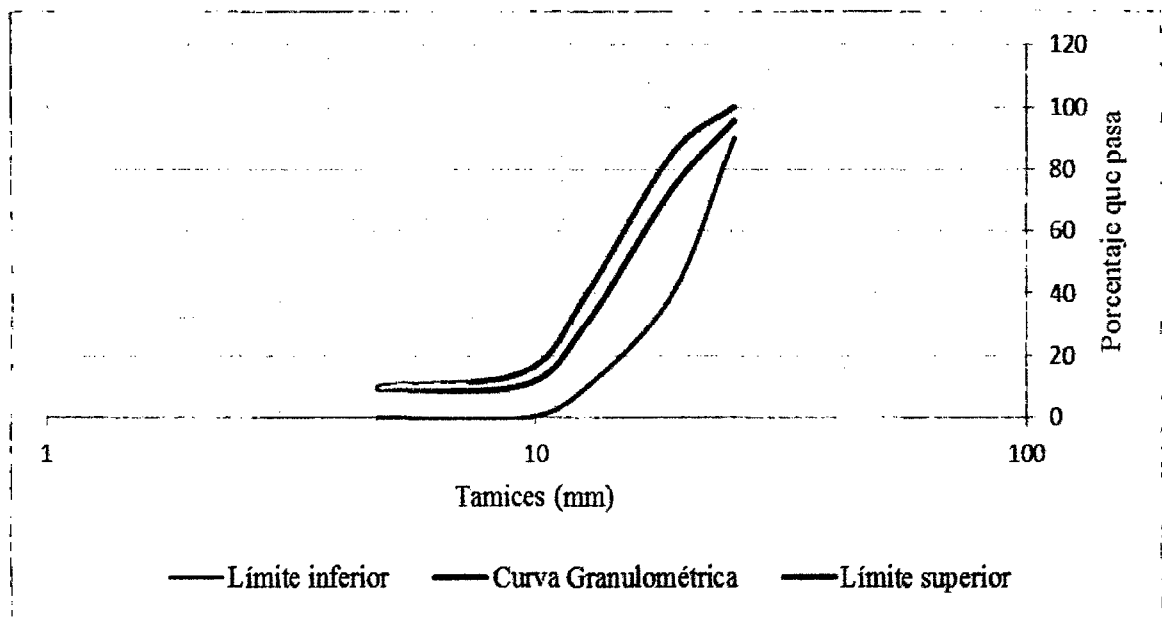
**Tabla N° 13: Ensayo granulométrico del agregado grueso de la cantera El Chonta.**

MALLA		Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acumul. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N°	(mm)				
1 1/2"	37.5	0	0	0	0
1"	25.4	3681.5	53.399	53.399	46.601
3/4"	19	2653	38.481	91.880	8.120
1/2"	12.7	555.5	8.057	99.938	0.062
3/8"	9.51	3.5	0.051	99.988	0.012
N° 4	4.76	0	0	99.988	0.012
Cazoleta		0.8	0.012	100	0

Fuente: Lezama (1996).

$$M.F. = \frac{91.880 + 99.988 + 99.988 + 500}{100}$$

$$M.F. = 7.919$$



**Gráfica N° 2: Curva Granulométrica del agregado grueso.**

En la gráfica observamos que el agregado grueso cumple con los requisitos granulométricos establecidos en la tabla N° 04, de acuerdo al huso 56; por lo que el material es óptimo para ser utilizado en la mezcla de concreto.

### **3.7.3. Peso unitario. NTP 400.017.**

#### **3.7.3.1 Peso unitario compactado del agregado fino.**

##### **Materiales.**

- Agregado fino completamente mezclada y seca a temperatura ambiente.

##### **Equipo.**

- Balanza electrónica precisión 1 gr.
- Varilla de acero liso de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Recipiente cilíndrico y de metal.
- Cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.

##### **Procedimiento.**

##### **Método de apisonado.**

- Llenamos el recipiente hasta la tercera parte y nivelamos la superficie con la mano. Apisonar la muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.
- Llenamos hasta 2/3 partes del recipiente y compactamos nuevamente con 25 golpes como antes.
- Luego llenamos la medida hasta rebosar golpeándola 25 veces con la varilla de acero.
- Se enraza el recipiente utilizando la barra compactadora como regla y desechando el material sobrante.
- Cuando se apisona la primera capa se procurará que la barra no golpee el fondo con fuerza en las últimas capas, solo se empleará una fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre en la última capa del agregado colocada en el recipiente.
- Seguidamente determinamos el peso neto del agregado en el recipiente ( $G-T$ ), ver ecuación (6).
- Finalmente obtenemos el peso unitario compactado del agregado utilizando la ecuación (6).

**Peso unitario compactado del agregado fino. NTP 400.017.**

PROYECTO	: Elaboración de Tesis Profesional
UBICACIÓN	: Cajamarca
FEHA	: 26/ 09 / 14
REALIZADO POR	: Cristina Jhoani Primo Cubas

**Tabla N° 14: Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino de la cantera El Chonta.**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (g)	8563	8563	8563
Peso del recipiente + material (g)	13956	13924	13941.5
Peso del material (g)	5393	5361	5378.5
Factor (f)	324.412	324.412	324.412
Peso Unit. Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1749.554	1739.173	1744.850
<b>Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m<sup>3</sup>) =</b>	<b>1744.526</b>		

**Fuente: Lezama (1996).**



### **3.8.3.2. Peso unitario suelto del agregado fino.**

#### **Procedimiento.**

- Llenamos el recipiente con una pala hasta rebosar, dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm, por encima del borde superior del recipiente. Tomar las precauciones necesarias para impedir en lo posible la segregación de las partículas.
- Eliminar el excedente del agregado con una reglilla.
- Determinar el peso neto del agregado en el recipiente ( $G-T$ ), ver ecuación (6).
- Obtener el peso unitario suelto del agregado, utilizando la ecuación (6).

**Peso unitario suelto del agregado fino. NTP 400.017.**

PROYECTO	: Elaboración de Tesis Profesional
UBICACIÓN	: Cajamarca
FEHA	: 26 / 09 / 14
REALIZADO POR	: Cristina Jhoani Primo Cubas

**Tabla N° 15: Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino de la cantera El Chonta.**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (g)	8564	8564	8564
Peso del recipiente + material (g)	13472.5	13523	13553.5
Peso del material (g)	4908.5	4959	4989.5
Factor (f)	324.412	324.412	324.412
Peso Unit. Suelto seco (kg/m <sup>3</sup> )	1592.376	1608.759	1618.654
<b>Peso Unitario suelto Promedio (kg/m<sup>3</sup>) =</b>		<b>1606.596</b>	

**Fuente: Lezama (1996).**

### **3.8.3.3. Peso unitario compactado del agregado grueso.**

#### **Materiales.**

- Agregado grueso completamente mezclado y seco a temperatura ambiente.

#### **Equipo.**

- Balanza electrónica precisión 1 gr.
- Varilla de acero liso de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Recipiente cilíndrico y de metal.
- Cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.

#### **Procedimiento.**

#### **Método de apisonado.**

- Llenamos el recipiente hasta la tercera parte y nivelamos la superficie con la mano. Apisonar la muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.
- Llenamos hasta 2/3 partes del recipiente y compactamos nuevamente con 25 golpes como antes.
- Luego se llenará la medida hasta rebosar golpeándola 25 veces con la varilla de acero.
- Se enraza el recipiente utilizando la barra compactadora como regla y desechando el material sobrante.
- Cuando se apisona la primera capa se procurará que la barra no golpee el fondo con fuerza en las últimas capas, solo se empleará una fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre en la última capa del agregado colocada en el recipiente.
- Seguidamente determinamos el peso neto del agregado en el recipiente ( $G-T$ ), ver ecuación (6).
- Finalmente obtenemos el peso unitario compactado del agregado utilizando la ecuación (6).

**Peso unitario compactado del agregado grueso. NTP 400.017.**

PROYECTO	: Elaboración de Tesis Profesional
UBICACIÓN	: Cajamarca
FEHA	: 26 / 09 / 14
REALIZADO POR	: Cristina Jhoani Primo Cubas

**Tabla N° 16: Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso de la cantera El Chonta.**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (g)	8563	8563	8563
Peso del recipiente + material (g)	13445.5	13385	13519
Peso del material (g)	4882.5	4822	4956
Factor (f)	324.412	324.412	324.412
Peso Unit. Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1583.942	1564.315	1607.786
<b>Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m<sup>3</sup>) =</b>		<b>1585.347</b>	

**Fuente: Lezama (1996).**

#### **3.8.3.4. Peso unitario suelto del agregado grueso.**

##### **Procedimiento.**

- Llenamos el recipiente con una pala hasta rebosar, dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm, por encima del borde superior del recipiente. Tomar las precauciones necesarias para impedir en lo posible la segregación de las partículas.
- Eliminar el excedente del agregado con una reglilla.
- Determinar el peso neto del agregado en el recipiente ( $G-T$ ), ver ecuación (6).
- Obtener el peso unitario suelto del agregado, utilizando la ecuación (6).

**Peso unitario suelto del agregado grueso. NTP 400.017.**

PROYECTO	: Elaboración de Tesis Profesional
UBICACIÓN	: Cajamarca
FEHA	: 26 / 09 / 14
REALIZADO POR	: Cristina Jhoani Primo Cubas

**Tabla N° 17: Ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso de la cantera El Chonta.**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (g)	8564	8564	8564
Peso del recipiente + material (g)	13112	13136.5	13248.5
Peso del material (g)	4548	4572.5	4684.5
Factor (f)	324.412	324.412	324.412
Peso Unit. Suelto seco (kg/m <sup>3</sup> )	1475.426	1483.374	1519.708
<b>Peso Unitario suelto Promedio (kg/m<sup>3</sup>) =</b>		<b>1492.836</b>	

**Fuente: Lezama (1996).**

### **3.7.4. Contenido de humedad NTP 339.185.**

#### **Agregado fino.**

#### **Materiales.**

- Agregado fino.
- Agua.

#### **Equipo.**

- Balanza electrónica digital con precisión de 1 gr.
- Taras.
- Estufa a una temperatura de 105 °C a 110 °C.

#### **Procedimiento.**

- Colocamos la muestra húmeda a ensayar en un depósito adecuado.
- Determinamos dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda).
- Llevamos el recipiente con la muestra húmeda a una estufa para secarla durante 24 horas a una temperatura de 110 °C +/- 5 °C.
- Pesamos el recipiente con la muestra seca (peso del recipiente + muestra seca) y determinamos la cantidad de agua evaporada mediante la ecuación (8).

**Contenido de humedad para agregado fino. NTP 339.185.**

PROYECTO	: Elaboración de Tesis Profesional
UBICACIÓN	: Cajamarca
FEHA	: 29 / 09 / 14
REALIZADO POR	: Cristina Jhoani Primo Cubas

**Tabla N° 18: Ensayo de contenido de humedad del agregado fino de la cantera El Chonta.**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (g)	99	100.5	102
Peso de (M. húmeda + recipiente) (gr)	944.5	922.5	951.5
Peso de (M. seca + recipiente) (gr)	850.5	832	856.5
Peso del agua (gr)	94	90.5	95
Peso de la muestra seca (gr)	751.5	731.5	754.5
Contenido de humedad (%)	12.508	12.372	12.591
<b>Promedio de contenido de humedad (%) =</b>		<b>12.490</b>	

**Fuente: Lezama (1996).**



## **Agregado grueso.**

### **Materiales.**

- Agregado grueso.
- Agua.

### **Equipo.**

- Balanza electrónica digital con precisión de 1 gr.
- Taras.
- Estufa a una temperatura de 105 °C a 110 °C.

### **Procedimiento.**

- Colocamos la muestra húmeda a ensayar en un depósito adecuado.
- Determinamos dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda).
- Llevamos el recipiente con la muestra húmeda a una estufa para secarla durante 24 horas a una temperatura de 110 °C +/- 5 °C.
- Pesamos el recipiente con la muestra seca (peso del recipiente + muestra seca) y determinamos la cantidad de agua evaporada mediante la ecuación (8).

**Contenido de humedad para agregado grueso. NTP 339.185.**

PROYECTO	: Elaboración de Tesis Profesional
UBICACIÓN	: Cajamarca
FEHA	: 29 / 09 / 14
REALIZADO POR	: Cristina Jhoani Primo Cubas

**Tabla N° 19: Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de la cantera El Chonta.**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (g)	82.5	78	83
Peso de (M. húmeda + recipiente) (gr)	1371.5	1379.5	1350.5
Peso de (M. seca + recipiente) (gr)	1366	1372	1343
Peso del agua (gr)	5.5	7.5	7.5
Peso de la muestra seca (gr)	1283.5	1294	1260
Contenido de humedad (%)	0.429	0.580	0.595
<b>Promedio de contenido de humedad (%) =</b>		<b>0.534</b>	

**Fuente: Lezama (1996).**

### 3.8. Diseño de mezcla por el método ACI (Comité 211).

- 1) Se seleccionó el asentamiento: 3"

**Tabla N° 20: Asentamientos recomendados para estructuras.**

Tipo de Estructura	Slump	
	Máximo	Mínimo
Zapatasy muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y pavimentos		
Concreto ciclópeo	2"	1"

**Fuente: Comité 211 del American Concrete Institute (1998).**

- 2) Se seleccionó el tamaño máximo nominal TNM: 1"  
 3) Se seleccionó el contenido de agua y contenido de aire atrapado.

**Tabla N° 21: Volumen de agua por m3. Agua en litros/m3 para TNM de agregados y consistencia indicada.**

Asentamiento (1"= 25mm)	Tamaño Máximo del Agregado Grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205		181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175		160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	--

**Fuente: Comité 211 del American Concrete Institute (1998).**

**Contenido de agua = 193 litros**

**Tabla N° 22: Contenido de aire atrapado.**

TNM Agregado Grueso	Aire Atrapado %	
3/8"	9.5 mm	3.0
1/2"	12.5 mm	2.5
3/4"	19.0 mm	2.0
1"	25.0 mm	1.5
1 1/2"	37.5 mm	1.0
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

Fuente: Comité 211 del American Concrete Institute (1998).

Contenido de aire atrapado = 1.5%

4) Se determinó la relación agua/cemento por resistencia a compresión.

**Tabla N° 23: Relación agua/cemento por resistencia a compresión, para f'cr.**

f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
420	0.41	
450	0.38	

Fuente: Comité 211 del American Concrete Institute (1998).

La resistencia promedio se determinó en la tabla 24, por no contarse con registros de ensayos anteriores.

**Tabla N° 24: Resistencia a la compresión promedio.**

f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'cr
Menor de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
Mayor de 350	f'c + 98

Fuente: Comité 211 del American Concrete Institute (1998).

Por lo que tenemos (tabla N° 24):

$$f'_{cr} = f'_c + 84 \dots \dots \dots (12)$$

En el estudio se propuso una resistencia de:

$$f'_c = 210 \frac{kg}{cm^2}$$

Reemplazando en la ecuación (12):

$$f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

Se determinó la relación agua/ cemento para  $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$ .

280	0.57
294	a/c
300	0.55

$$\frac{280 - 300}{294 - 300} = \frac{0.57 - 0.55}{\frac{a}{c} - 0.55}$$

$$\frac{a}{c} = 0.556$$

5) Se calculó el contenido de cemento.

$$cemento = \frac{193}{0.556} = 347.122 \text{ kg}$$

$$cemento = 8.17 \text{ bolsas/m}^3$$

6) Se seleccionó el peso del agregado grueso.

**Tabla N° 25: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/bo).**

TNM Tamaño Nominal	Módulo de finura del Agregado Fino	Módulo de finura del Agregado Fino			
		2.40	2.60	2.80	3.00
Máx. Agregado Grueso					
3/8"	9.5 mm	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	12.5 mm	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	19.0 mm	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	25.0 mm	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	75.0 mm	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	150.0 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Comité 211 del American Concrete Institute (1998).

Según dato obtenido en laboratorio:

$$\text{Módulo de finura agregado fino} = 2.59$$

Entonces tenemos:

$$2.40 \quad 0.71$$

$$2.59 \quad b/bo$$

$$2.60 \quad 0.69$$

$$\frac{2.40 - 2.60}{2.59 - 2.60} = \frac{0.71 - 0.69}{\frac{b}{bo} - 0.69}$$

$$\frac{b}{bo} = 0.691 \text{ m}^3$$

Según la ecuación tenemos:

$$\text{Agregado grueso} = \frac{b}{bo} * P.U.C.A.G \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

$b/bo$  = Dato obtenido de la tabla 24.

$P.U.C.A.G$  = Peso unitario compactado del agregado grueso.

Según dato obtenido en laboratorio:

$$P.U.C.A.G = 1585.347 \text{ kg/m}^3$$

Reemplazando en la ecuación (13):

$$Agregado grueso = 1095.475 \text{ kg}$$

7) Se calculó el volumen del agregado fino utilizando el método del volumen absoluto.

Método del volumen absoluto.

Datos obtenidos anteriormente.

Cemento	347.122	kg
Agua	193	litros
A. Grueso	1095.475	kg
Aire	1.5	%

Se determinó el volumen de los materiales que forman el m<sup>3</sup> de concreto, faltando determinar el volumen del agregado fino. Por lo que tenemos según la ecuación.

$$Volumen = \frac{\text{Peso material}}{\text{Peso específico material}} \dots \dots \dots (14)$$

Según datos obtenidos en laboratorio tenemos:

$$P.e.s.s.s \text{ agregado grueso} = 2.603$$

$$P.e.s.s.s \text{ agregado fino} = 2.428$$

Hallamos la cantidad de agregado fino:

Materiales	Peso Seco (kg)	Peso Específico kg/m <sup>3</sup>	Volumen Absoluto m <sup>3</sup>
Cemento	347.122	3150	0.110
Agua	193	1000	0.193
A. fino	P. A. fino = P.e. A. fino * Vol. A. fino		
A. grueso	1095.475	2603	0.421
Aire	1.5	100	0.015

Entonces tenemos:

$$C + A + A.G. + A.F. + Aire atrapado = 1 \dots \dots \dots (15)$$

Reemplazando en la ecuación (15):

$$0.110 + 0.193 + 0.421 + A.F. + 0.015 = 1$$

$$A.F. = 0.261 \text{ m}^3$$

Reemplazando en la ecuación (14) tenemos:

$$A.F. = 633.512 \text{ kg}$$

Por lo que tenemos los materiales por m<sup>3</sup>.

**Tabla N° 26: Cantidad de materiales por m<sup>3</sup>.**

Cemento =	347.122	kg
Agua =	193.000	litros
A. Grueso =	1095.475	kg
A. Fino =	633.512	kg
Aire =	1.500	%

8) Corrección por humedad.

*Agregado Fino.*

Contenido de humedad = 12.49 %

Absorción = 2.354 %

Entonces tenemos:



$$633.512 * \left(1 + \frac{12.490 - 2.354}{100}\right) = 697.725kg$$

*Agregado grueso.*

Contenido de humedad = 0.534 %

Absorción = 0.968 %

Entonces tenemos:

$$1095.475 * \left(1 + \frac{0.534 - 0.968}{100}\right) = 1090.720kg$$

*Agua efectiva.*

$$193 - \left(633.512 * \left(\frac{12.49 - 2.354}{100}\right)\right) - \left(1095.475 * \left(\frac{0.534 - 0.968}{100}\right)\right) = 133.521litros$$

**Tabla N° 27: Cantidad de materiales corregidos por humedad por m3.**

Cemento =	347.122	kg
Agua efectiva =	133.521	l
A. Grueso húmedo=	1090.720	kg
A. Fino húmedo =	697.725	kg

9) Cantidad de materiales por tanda de 9 probetas para el concreto convencional.

Para 1 probeta de dimensiones de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura (ver ANEXO A, Figura 3) el volumen calculado es de 0.0053 m3.

Considerando un 25% de desperdicio.

Entonces tenemos para 9 probetas un volumen de:

$$V = V(9 \text{ probetas}) + 25\%V(9 \text{ probetas})$$

$$V = 0.0053 * 9 + 0.25 * 0.0053 * 9$$

$$V = 0.060 \text{ m}^3$$

Basándonos en la tabla N° 26 se calculó las cantidades de materiales para 0.060 m<sup>3</sup>.

Hallamos la cantidad de cemento para 0.060 m<sup>3</sup>:

$$\text{Cemento} = 0.060 * 347.122 = 20.827 \text{ kg}$$

Hallamos la cantidad de agua para 0.060 m<sup>3</sup>:

$$\text{Agua} = 0.060 * 193 = 11.580 \text{ litros}$$

Hallamos la cantidad de agregado grueso para 0.060 m<sup>3</sup>:

$$A. \text{grueso} = 0.060 * 1095.475 = 65.729 \text{ kg}$$

Hallamos la cantidad de agregado fino para 0.060 m<sup>3</sup>:

$$A. \text{fino} = 0.060 * 633.512 = 38.011 \text{ kg}$$

Corrección por humedad:

*Agregado fino:*

$$38.011 * \left(1 + \frac{12.490 - 2.354}{100}\right) = 41.860 \text{ kg}$$

*Agregado grueso:*

$$65.729 * \left(1 + \frac{0.534 - 0.968}{100}\right) = 65.444 \text{ kg}$$

*Agua efectiva:*

$$11.580 - \left(38.011 * \frac{12.49 - 2.354}{100}\right) - \left(65.729 * \frac{0.534 - 0.968}{100}\right) = 8.012 \text{ lt}$$

**Tabla N° 28: Cantidad de materiales corregidos por humedad para 0.060 m3 (9 probetas).**

Cemento =	20.827	kg
Agua efectiva =	8.012	litros
A. Grueso húmedo=	65.444	kg
A. Fino húmedo =	41.860	kg

10) Cantidad de materiales por tanda de 9 probetas para el concreto convencional elaborado con adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 1% en peso de cemento.

La cantidad de materiales que se utilizaron fueron las calculadas anteriormente para el concreto convencional.

Calculamos la cantidad de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 1% en peso de cemento.

Peso del cemento = 20.827 kg

Entonces el 1% en peso de cemento =  $0.01 * 20.827 = 0.20827 \approx 0.208$  kg

Por lo tanto tenemos:

**Tabla N° 29: Cantidad de materiales corregidos por humedad para 0.060 m3 (9 probetas) con extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 1% en peso de cemento.**

Cemento =	20.827	kg
Agua efectiva =	8.012	l
A. Grueso húmedo=	65.444	kg
A. Fino húmedo =	41.86	kg
Extracto de paleta de tuna ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) al 1% en peso cemento	0.280	kg

11) Cantidad de materiales por tanda de 9 probetas para el concreto convencional elaborado con adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 3% en peso de cemento.

La cantidad de materiales que se utilizaron fueron las calculadas anteriormente para el concreto convencional.

Calculamos la cantidad de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 3% en peso de cemento.

Peso del cemento = 20.827 kg

Entonces el 3% en peso de cemento =  $0.03 * 20.827 = 0.6248 \approx 0.625$  kg

Por lo tanto tenemos:

**Tabla N° 30: Cantidad de materiales corregidos por humedad para 0.060 m<sup>3</sup> (9 probetas) con extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 3% en peso de cemento.**

Cemento =	20.827	kg
Agua efectiva =	8.012	l
A. Grueso húmedo=	65.444	kg
A. Fino húmedo =	41.86	kg
Extracto de paleta de tuna ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) al 3% en peso cemento	0.625	kg

12) Cantidad de materiales por tanda de 9 probetas para el concreto convencional elaborado con adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 5% en peso de cemento.

La cantidad de materiales que se utilizaron fueron las calculadas anteriormente para el concreto convencional.

Calculamos la cantidad de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 5% en peso de cemento.

Peso del cemento = 20.827 kg

Entonces el 5% en peso de cemento =  $0.05 * 20.827 = 1.0414 \approx 1.041$  kg

Por lo tanto tenemos:

**Tabla N° 31: Cantidad de materiales corregidos por humedad para 0.060 m<sup>3</sup> (9 probetas) con extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 5% en peso de cemento.**

Cemento =	20.827	kg
Agua efectiva =	8.012	l
A. Grueso húmedo=	65.444	kg
A. Fino húmedo =	41.86	kg
Extracto de paleta de tuna ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) al 5% en peso cemento	1.041	kg

### **3.9. Elaboración del extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus indica*).**

Esta obtención se basó en la manera doméstica.

#### **Materiales.**

- Paleta de tuna (*Opuntia ficus indica*).

#### **Equipo.**

- Licuadora.
- Cuchillo.
- Recipientes.
- Guantes.

#### **Procedimiento.**

- Sacamos las espinas de la paleta de tuna (*Opuntia ficus indica*) con la utilización del cuchillo.
- Lavamos bien las paletas de tuna y vamos colocándolas en un recipiente.
- Con la utilización del cuchillo pelamos la paleta de tuna (*Opuntia ficus indica*), y cortamos en trozos.
- Licuamos los trozos por aproximadamente 2 minutos.
- Vertimos en un recipiente.

### **3.10. Elaboración de las probetas de concreto.**

#### **3.10.1. Elaboración de las probetas de concreto convencional. NTP 339.033.**

#### **Materiales.**

- Cemento Portland tipo I.
- Agregado fino.
- Agregado grueso.
- Agua.
- Aceites derivados del petróleo.

### **Equipo.**

- Balanza electrónica digital precisión 1 gr.
- Trompo.
- Moldes de acero de 6"x 12".
- Varilla de acero liño de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Mazo de goma.
- Cuchara de muestreo y plancha de albañilería.

### **Procedimientos.**

- Pesamos los materiales obtenidos en el diseño de mezcla para una tanda de 9 probetas (0.060m<sup>3</sup>).
- Agregamos los materiales, pesados anteriormente, en el trompo para obtener el concreto que se verterá en los moldes.
- Antes de verter el concreto en los moldes verificamos el asentamiento mediante el ensayo con el cono de Abrams NTP 339.035. Método que describiremos más adelante.
- Verificamos que los moldes con sus bases se encuentren limpios y su superficie interior debe estar cuidadosamente aceitada.
- Colocamos el molde sobre una superficie rígida, horizontal, nivelada y libre de vibración.
- Colocamos el concreto en el interior del molde, depositándolo con cuidado alrededor del borde para asegurar la correcta distribución del concreto y una segregación mínima.
- Llenamos el molde hasta un tercio de su altura, compactando a continuación de manera energética con la varilla mediante 25 golpes verticales, uniformemente repartidos en forma de espiral, comenzando por el borde y terminando en el centro. El proceso se repite en las 2 capas siguientes, de manera que la varilla penetre hasta la capa precedente no más de 1". En la última capa se coloca material en exceso, para enrazar a tope con el borde superior del molde, sin agregar material.
- Después de consolidar cada capa, procedemos a golpear de 10 a 15 veces las paredes del molde ligeramente con el mazo de goma para liberar las burbujas de aire que puedan

estar atrapadas (es usual dar pequeños golpes con la varilla de fierro en caso de no contar con el mazo de goma).

- Enrasar el exceso de concreto con la varilla de compactación. Debe darse el menor número de pasadas para obtener una superficie lisa y acabada.
- Identificar los especímenes con la información correcta respecto a la fecha, tipo de mezcla y lugar de colocación. Hay que proteger adecuadamente la cara descubierta de los moldes con telas humedecidas o películas plásticas para evitar la pérdida de agua por evaporación.
- Después de elaboradas las probetas se transportarán al lugar de almacenamiento donde deberán permanecer sin ser perturbados durante el periodo de curado inicial. Si la parte superior de la probeta se daña durante el traslado se debe dar nuevamente el acabado.

### **Desmoldeo**

- Las probetas se retirarán de los moldes entre las 18 y 24 horas después de moldeadas. Se marcarán en la cara circular de la probeta las anotaciones de la tarjeta de identificación del molde. Luego de esto deben pasar a curado.

### **Curado**

- Después de desmoldar las probetas y antes de que transcurran 30 minutos después de haber removido los moldes, almacenamos las probetas en condiciones adecuadas de humedad, siempre cubiertas por agua a una temperatura de entre 23°C y 25°C. El agua utilizada será potable y limpia, no se encontraran en movimiento y cubrirá por completo todas las caras de la probeta.

### **3.10.2. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams. NTP 339.035.**

#### **Materiales.**

- Muestras de Concreto.

## **Equipo.**

- Cono de Abrams de metal, con un espesor mínimo de 1.5 mm, con forma de un tronco de cono abierto en sus extremos. Las bases paralelas entre sí con 20 cm de diámetro en la base inferior y 10 cm de diámetro en la base superior formando un ángulo recto con el eje del cono. Con una altura de 30 cm y con agarraderas de aleta de pie. Ver ANEXO A, Figura 5.
- Varilla de acero liso de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.

## **Procedimiento.**

- Moje el molde y colóquelo sobre una superficie plana no absorbente. Se mantiene inmóvil pisando firmemente las aletas.
- Seguidamente se llena vaciando el concreto en tres capas, de modo que cada capa ocupe la tercera parte del volumen del molde.
- Cada capa se compacta dando 25 golpes, con la varilla de acero, distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección. En la capa inferior es necesario inclinar un poco la varilla y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro, acercándose progresivamente en espiral hacia el centro de la sección. La capa inferior se compacta en todo su espesor. Las capas siguientes se compactan de igual modo procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.
- El molde se llena en exceso antes de compactar la última capa. Si después de compactar hubiera una deficiencia de material, se añadirá la cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del molde. Luego se procede a enrasar utilizando una plancha de albañilería o la varilla de acero.
- Una vez terminada la operación anterior, se levanta el molde cuidadosamente en dirección vertical.<sup>1</sup>Inmediatamente después se mide el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono deformado.

---

<sup>1</sup> Esta operación se hará aproximadamente en 5s a 10s evitándose los movimientos laterales o torsionales. La operación completa desde el principio de llenado hasta la remoción del molde se hará sin interrupción, y en un tiempo no mayor de 2.5 min.



- En caso de que se presente una falla por corte, como se muestra en el ANEXO A, Figura 7 donde se aprecia una separación de una parte de la masa<sup>2</sup>, este ensayo será desechado y debe realizarse uno nuevo con otra parte de la muestra.

### **3.10.3. Elaboración de las probetas de concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*). NTP 339.033.**

Para la elaboración de estas probetas nos basamos en la norma NTP 339.033, añadiendo el extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en los diferentes porcentajes establecidos anteriormente. El procedimiento se describe a continuación.

#### **Materiales.**

- Cemento Portland tipo I.
- Agregado fino.
- Agregado grueso.
- Agua.
- Extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus indica*).
- Aceites derivados del petróleo.

#### **Equipo.**

- Balanza electrónica digital precisión 1 gr.
- Trompo.
- Moldes de acero de 6"x 12".
- Varilla de acero liso de 5/8".
- Mazo de goma.

#### **Procedimientos.**

- Pesamos los materiales obtenidos en el diseño de mezcla.
- Agregamos los materiales, pesados anteriormente, en el trompo; vertimos el 1% de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus indica*) en peso cemento, a la mezcla para

---

<sup>2</sup> Si esto ocurre dos veces consecutivas en una mezcla de concreto presumiblemente ésta carece de la plasticidad y cohesión necesaria para la validez de este ensayo.

obtener el concreto que se verterá en los moldes. Hacemos lo mismo con el 3% y 5% de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus indica*) en peso cemento.

- Verificamos que los moldes y bases se encuentren limpios y aceitados.
- Colocamos el molde sobre una superficie rígida, horizontal, nivelada y libre de vibración.
- Colocamos el concreto en el interior del molde, depositándolo con cuidado alrededor del borde para asegurar la correcta distribución del concreto y una segregación mínima.
- Llenamos el molde hasta un tercio de su altura, compactando a continuación de manera enérgica con la varilla mediante 25 golpes verticales, uniformemente repartidos en forma de espiral, comenzando por el borde y terminando en el centro. El proceso se repite en las 2 capas siguientes, de manera que la varilla penetre hasta la capa precedente no más de 1". En la última capa se coloca material en exceso, para enrasar a tope con el borde superior del molde, sin agregar material.
- Después de consolidar cada capa, procedemos a golpear de 10 a 15 veces las paredes del molde ligeramente con el mazo de goma para liberar las burbujas de aire que puedan estar atrapadas (es usual dar pequeños golpes con la varilla de fierro en caso de no contar con el mazo de goma).
- Enrasar el exceso de concreto con la varilla de compactación. Debe darse el menor número de pasadas para obtener una superficie lisa y acabada.
- Identificar los especímenes con la información correcta respecto a la fecha, tipo de mezcla y lugar de colocación. Hay que proteger adecuadamente la cara descubierta de los moldes con telas humedecidas o películas plásticas para evitar la pérdida de agua por evaporación.
- Después de elaboradas las probetas se transportarán al lugar de almacenamiento donde deberán permanecer sin ser perturbados durante el periodo de curado inicial. Si la parte superior de la probeta se daña durante el traslado se debe dar nuevamente el acabado.

### **Desmoldeo**

- Las probetas se retirarán de los moldes entre las 18 y 24 horas después de moldeadas. Se marcarán en la cara circular de la probeta las anotaciones de la tarjeta de identificación del molde. Luego de esto deben pasar a curado.

## **Curado**

- Después de desmoldar las probetas y antes de que transcurran 30 minutos después de haber removido los moldes, almacenamos las probetas en condiciones adecuadas de humedad, siempre cubiertas por agua a una temperatura de entre 23°C y 25°C. El agua utilizada será potable y limpia, no se encontraran en movimiento y cubrirá por completo todas las caras de la probeta.

### **3.10.4. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. NTP 339.034.**

#### **Materiales.**

- Probetas de concreto.

#### **Equipo.**

- Máquina de ensayo, de suficiente capacidad y capaz de mantener una velocidad de carga continua y uniforme.

#### **Procedimiento.**

- Antes de iniciar cada ensayo, se limpian cuidadosamente las superficies planas de contacto de los bloques superior e inferior de la máquina y también ambas bases de cada probeta.
- Se coloca la probeta sobre el bloque inferior de apoyo, y se centra sobre la superficie del mismo, tratando que la probeta quede centrada con el bloque superior.
- Se aplicará la velocidad de carga continua y constante, desde el inicio hasta producir la rotura de la probeta registrando el valor de la carga máxima y el tipo de rotura.
- Se podrá aplicar una velocidad de carga inicial mayor hasta llegar a la mitad de carga resistente esperada, luego reducirla a velocidad continua y constante, hasta producir la rotura de la probeta.
- En los momentos finales del ensayo, cuando la probeta se deforma rápidamente, no se debe modificar la velocidad de aplicación de la carga.

### 3.11. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.

#### 3.11.1. Pruebas de resistencia a compresión.

Presentamos los resultados obtenidos en laboratorio del ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

#### Concreto Convencional.

**Tabla N° 32: Resistencia a la compresión del concreto convencional a los 7 días.**

Edad: 7 días

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada		f <sub>c</sub> a 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> promedio	
				(kN)	(kg)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)
CC1	15.13	30.00	179.791	302.000	30795.430	171.285		
CC2	15.12	30.10	179.553	297.580	30344.715	169.001	169.449	16.617
CC3	15.10	30.10	179.079	295.140	30095.904	168.060		

**Tabla N° 33: Resistencia a la compresión del concreto convencional a los 14 días.**

Edad: 14 días

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada		f <sub>c</sub> a 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> promedio	
				(kN)	(kg)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)
CC1	15.12	30.20	179.553	345.400	35220.998	196.159		
CC2	15.16	30.00	180.505	350.140	35704.343	197.803	197.805	19.398
CC3	15.14	30.00	180.029	352.130	35907.267	199.453		

**Tabla N° 34: Resistencia a la compresión del concreto convencional a los 28 días.**

Edad: 28 días

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada		f <sub>c</sub> a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> promedio	
				(kN)	(kg)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)
CC1	15.15	30.00	180.267	454.890	46385.871	257.318		
CC2	15.17	30.10	180.743	449.390	45825.027	253.537	255.371	25.043
CC3	15.14	30.10	180.029	450.650	45953.511	255.257		

#### Concreto con adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*).

**Tabla N° 35: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) al 1% en peso cemento a los 7 días.**

Edad: 7 días

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada		f <sub>c</sub> a 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> promedio	
				(kN)	(kg)		(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)
CE1	15.11	30.20	179.316	340.120	34682.588	193.416		
CE2	15.14	30.20	180.029	337.140	34378.712	190.962	192.745	18.902
CE3	15.14	30.10	180.029	342.250	34899.787	193.857		

**Tabla N° 36: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) al 1% en peso cemento a los 14 días.**

Edad: 14 días

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada		f <sub>c</sub> a 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) (MPa)	
				(kN)	(kg)			
CE1	15.12	30.20	179.553	398.740	40660.164	226.452		
CE2	15.11	30.10	179.316	395.180	40297.145	224.727	226.454	22.208
CE3	15.13	30.20	179.791	402.320	41025.223	228.183		

**Tabla N° 37: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) al 1% en peso cemento a los 28 días.**

Edad: 28 días

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada		f <sub>c</sub> a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) (MPa)	
				(kN)	(kg)			
CE1	15.00	30.10	176.715	534.000	54452.846	308.140		
CE2	15.10	30.20	179.079	535.980	54654.750	305.200	307.977	30.202
CE3	15.00	30.20	176.715	538.250	54886.225	310.592		

**Tabla N° 38: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) al 3% en peso cemento a los 7 días.**

Edad: 7 días

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada		f <sub>c</sub> a 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) (MPa)	
				(kN)	(kg)			
CE1	15.15	30.20	180.267	258.150	26323.974	146.028		
CE2	15.14	30.30	180.029	262.140	26730.841	148.481	147.093	14.425
CE3	15.14	30.20	180.029	259.120	26422.887	146.770		

**Tabla N° 39: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) al 3% en peso cemento a los 14 días.**

Edad: 14 días

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada		f <sub>c</sub> a 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) (MPa)	
				(kN)	(kg)			
CE1	15.10	30.00	179.079	304.100	31009.570	173.162		
CE2	15.12	30.20	179.553	303.190	30916.776	172.187	173.439	17.009
CE3	15.14	30.20	180.029	308.900	31499.034	174.967		

**Tabla N° 40: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) al 3% en peso cemento a los 28 días.**

Edad: 28 días

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada		f <sub>c</sub> a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) (MPa)	
				(kN)	(kg)			
CE1	15.12	30.20	179.553	405.150	41313.802	230.092		
CE2	15.14	30.00	180.029	403.890	41185.318	228.771	230.362	22.591
CE3	15.12	30.10	179.553	408.900	41696.196	232.222		

**Tabla N° 41: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) al 5% en peso cemento a los 7 días.**

Edad: 7 días

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada		f <sub>c</sub> a 7 días (kg/ cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> promedio (kg/ cm <sup>2</sup> ) (MPa)	
				(kN)	(kg)			
CE1	15.11	30.00	179.316	235.140	23977.607	133.717		
CE2	15.10	30.00	179.079	228.960	23347.422	130.375	132.396	12.984
CE3	15.10	30.10	179.079	233.740	23834.847	133.097		

**Tabla N° 42: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) al 5% en peso cemento a los 14 días.**

Edad: 14 días

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada		f <sub>c</sub> a 14 días (kg/ cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> promedio (kg/ cm <sup>2</sup> ) (MPa)	
				(kN)	(kg)			
CE1	15.12	30.10	179.553	258.470	26356.605	146.790		
CE2	15.12	30.10	179.553	260.140	26526.898	147.738	146.417	14.359
CE3	15.13	30.20	179.791	255.170	26020.099	144.724		

**Tabla N° 43: Resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) al 5% en peso cemento a los 28 días.**

Edad: 28 días

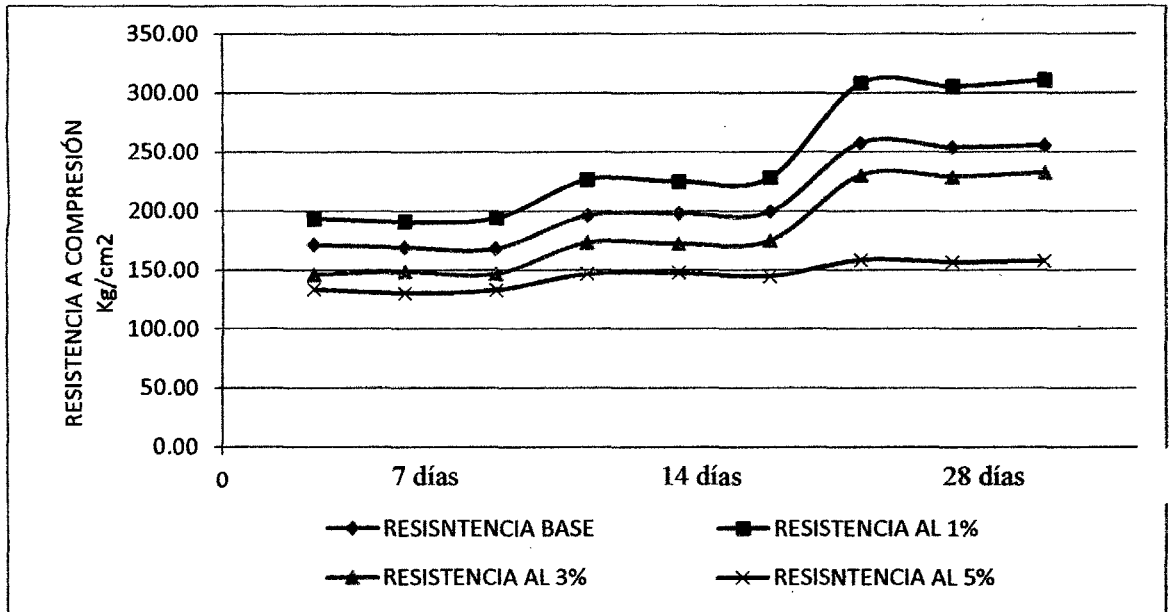
Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga aplicada		f <sub>c</sub> a 28 días (kg/ cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> promedio (kg/ cm <sup>2</sup> ) (MPa)	
				(kN)	(kg)			
CE1	15.11	30.00	179.316	278.470	28396.037	158.358		
CE2	15.12	30.00	179.553	275.560	28099.300	156.496	157.519	15.447
CE3	15.11	30.10	179.316	277.320	28278.770	157.704		

**Tabla N° 44: Resumen de datos de los ensayos a resistencia a la compresión obtenidos en laboratorio.**

Resumen de concreto	Concreto Convencional		Concreto con extracto de paleta de tuna al 1% en base cemento		Concreto con extracto de paleta de tuna al 3% en base cemento		Concreto con extracto de paleta de tuna al 5% en base cemento		
	(kg/cm2)	Promedio	(kg/cm2)	Promedio	(kg/cm2)	Promedio	(kg/cm2)	Promedio	
7 días	C1	171.285		193.416		146.028		133.717	
	C2	169.001	169.449	190.962	192.745	148.481	147.093	130.375	132.396
	C3	168.060		193.857		146.770		133.097	
14 días	C1	196.159		226.452		173.162		146.790	
	C2	197.803	197.805	224.727	226.454	172.187	173.439	147.738	146.417
	C3	199.453		228.183		174.967		144.724	
28 días	C1	257.318		308.140		230.092		158.358	
	C2	253.537	255.371	305.200	307.977	228.771	230.362	156.496	157.519
	C3	255.257		310.592		232.222		157.704	
Coeficiente de correlación				0.998		0.999		0.960	
$\delta=$	50.524								

**Tabla N° 45: Grado de porcentaje de las resistencias de los concretos con extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) con respecto a la resistencia del concreto convencional.**

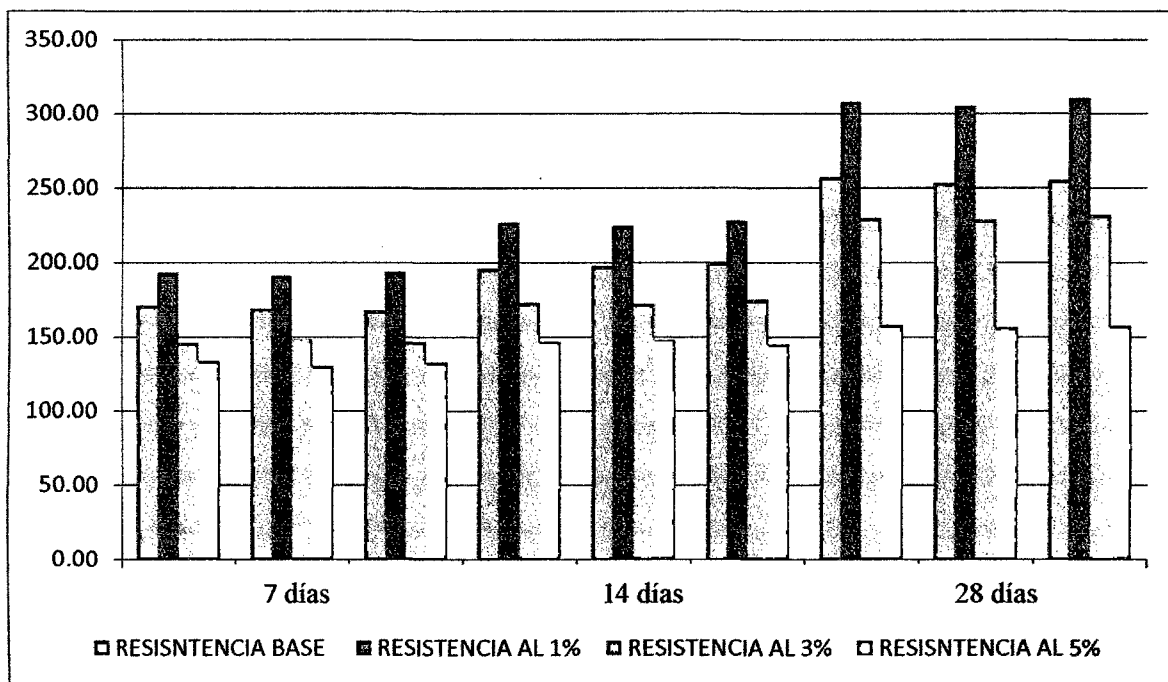
Tiempo de ensayo	Resistencia a Compresión			
	CC	CE1%	CE2%	CE3%
28 días	255.371	307.977	230.362	157.519
	Grado de porcentaje (%)			
	0	20.6	-9.79	-38.32



**Gráfica N° 3: Gráfica de las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas a los 7, 14 y 28 días.**

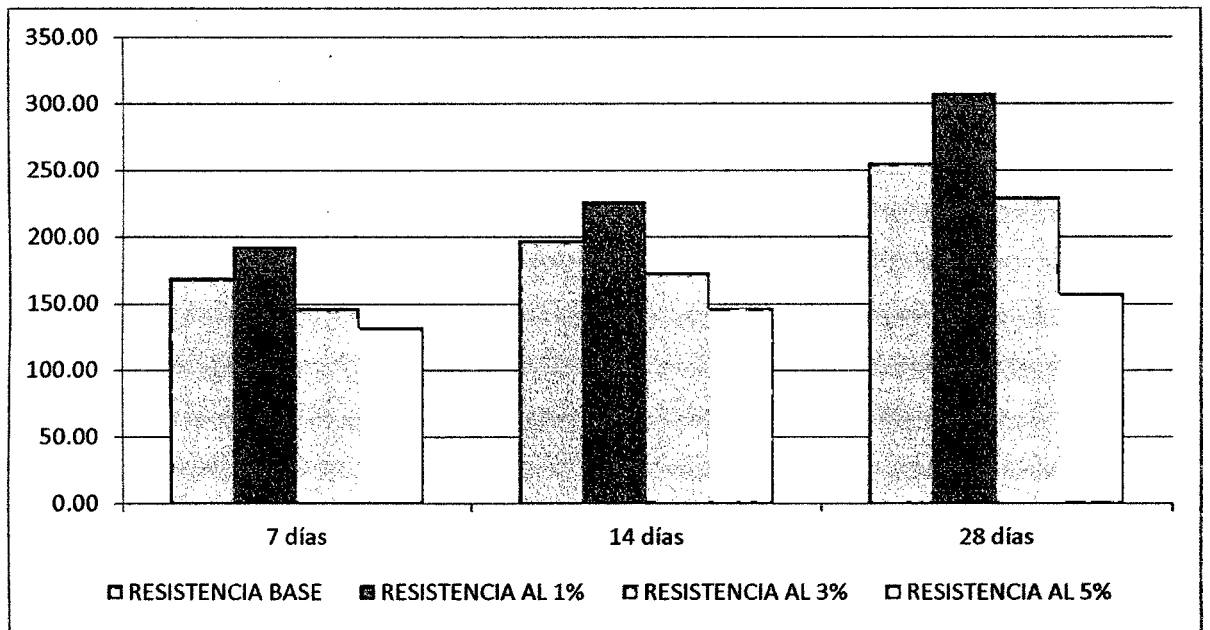
En el gráfico observamos como va variando las resistencias a compresión de las probetas elaboradas con extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 1%, 3% y 5% en peso cemento con respecto a la resistencia base en los diferentes días de ensayo. Así tenemos que a los 28 días la resistencia al 1% se incrementa en un 21% con respecto a la resistencia base, la resistencia al 3% disminuye en un 10% con respecto a la resistencia base y la resistencia al 5% disminuye en un 38% con respecto a la resistencia base.





**Gráfica N° 4: Gráfica de barras de las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas a los 7, 14 y 28 días.**

Del gráfico deducimos que la adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) al 1% en peso cemento aumenta la resistencia en los diferentes días de ensayo, en tanto que al 3% y 5% en peso cemento decrece la resistencia con respecto a la resistencia base de 255 kg/cm<sup>2</sup>.



**Gráfica N° 5: Gráfica resumen de las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas a los 7, 14 y 28 días.**

En resumen deducimos que el efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) es positivo cuando se agrega el 1% en peso cemento de este mismo, cumpliéndose en un 30% con la hipótesis planteada. Mientras que cuando se agrega el 3% y 5% en peso cemento, de este extracto, contradice nuestra hipótesis.

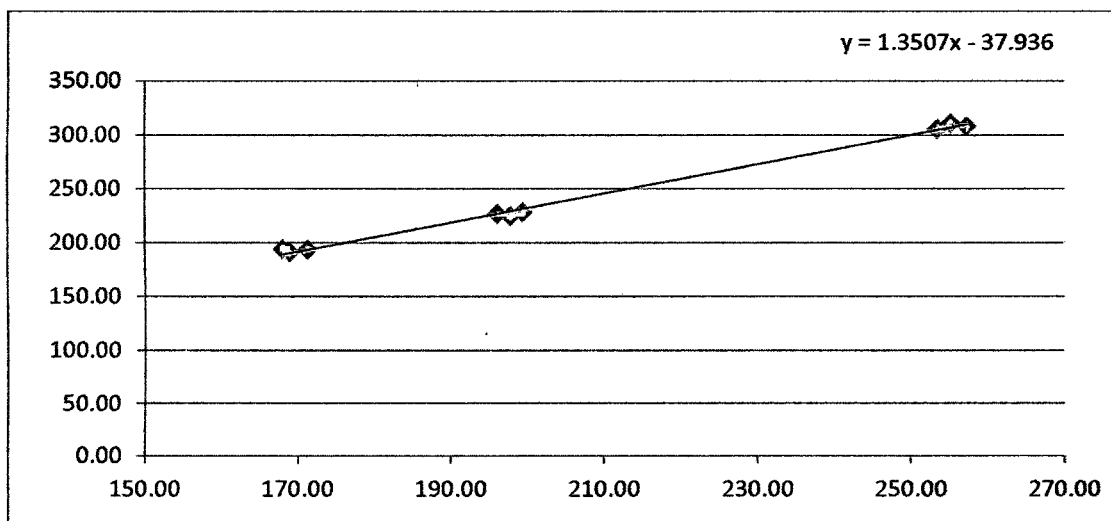
### 3.11.2. Análisis estadístico de datos.

Con el fin de analizar estadísticamente los datos, se utilizó el programa de informática Microsoft office Excel y el programa estadístico Minitab 15.

#### 3.11.2.1. Programa Microsoft office Excel.

Tabla N° 46: Regresión Lineal de la resistencia base vs la resistencia al 1%.

Días	Probetas	Resistencia base	Probetas	Resistencia al 1%
7 días	CC1	171.28	CE1	193.42
	CC2	169.00	CE2	190.96
	CC3	168.06	CE3	193.86
14 días	CC1	196.16	CE1	226.45
	CC2	197.80	CE2	224.73
	CC3	199.45	CE3	228.18
28 días	CC1	257.32	CE1	308.14
	CC2	253.54	CE2	305.20
	CC3	255.26	CE3	310.59

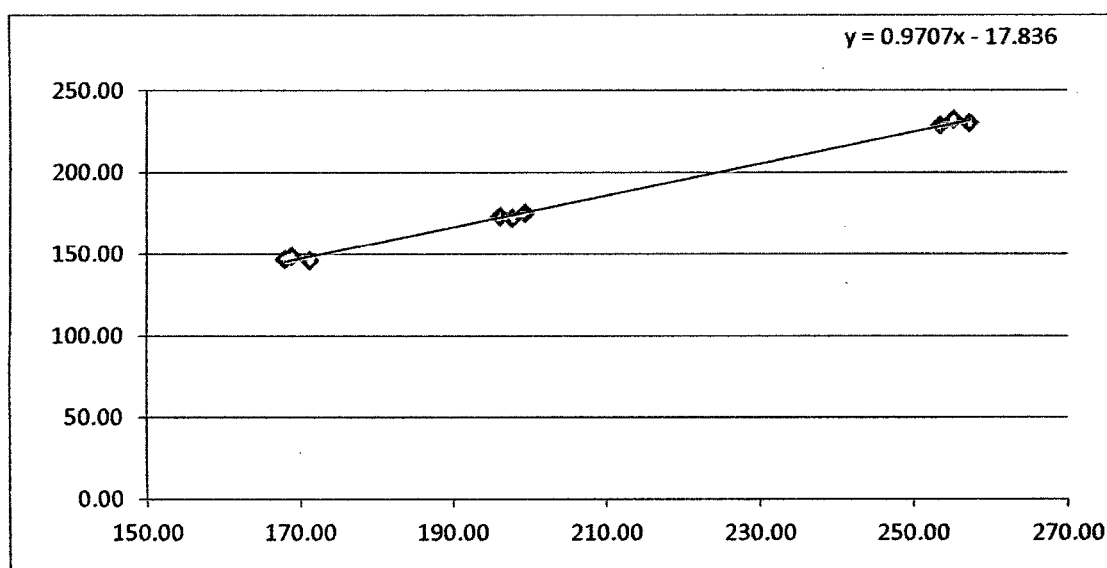


Gráfica N° 6: Regresión Lineal de la resistencia base vs la resistencia al 1%.

Como observamos en la gráfica existe una relación de crecimiento entre la resistencia base y la resistencia al 1%, ya que a medida que la resistencia base aumenta en el tiempo también lo hace la resistencia al 1% con un coeficiente de correlación de 0.998.

**Tabla N° 47: Regresión Lineal de la resistencia base vs la resistencia al 3%.**

Días	Probetas	Resistencia base	Probetas	Resistencia al 3%
7 días	CC1	171.28	CE1	146.03
	CC2	169.00	CE2	148.48
	CC3	168.06	CE3	146.77
14 días	CC1	196.16	CE1	173.16
	CC2	197.80	CE2	172.19
	CC3	199.45	CE3	174.97
28 días	CC1	257.32	CE1	230.09
	CC2	253.54	CE2	228.77
	CC3	255.26	CE3	232.22

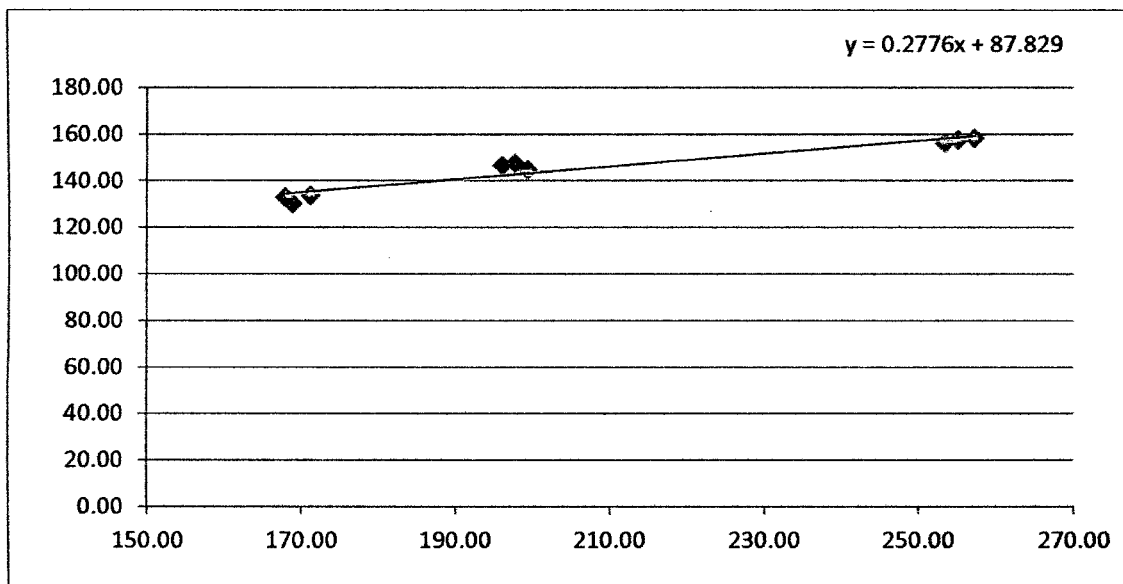


**Gráfica N° 7: Regresión Lineal de la resistencia base vs la resistencia al 3%.**

Como observamos en la gráfica existe una relación de crecimiento entre la resistencia base y la resistencia al 3%, ya que a medida que la resistencia base aumenta en el tiempo también lo hace la resistencia al 3% con un coeficiente de correlación de 0.999.

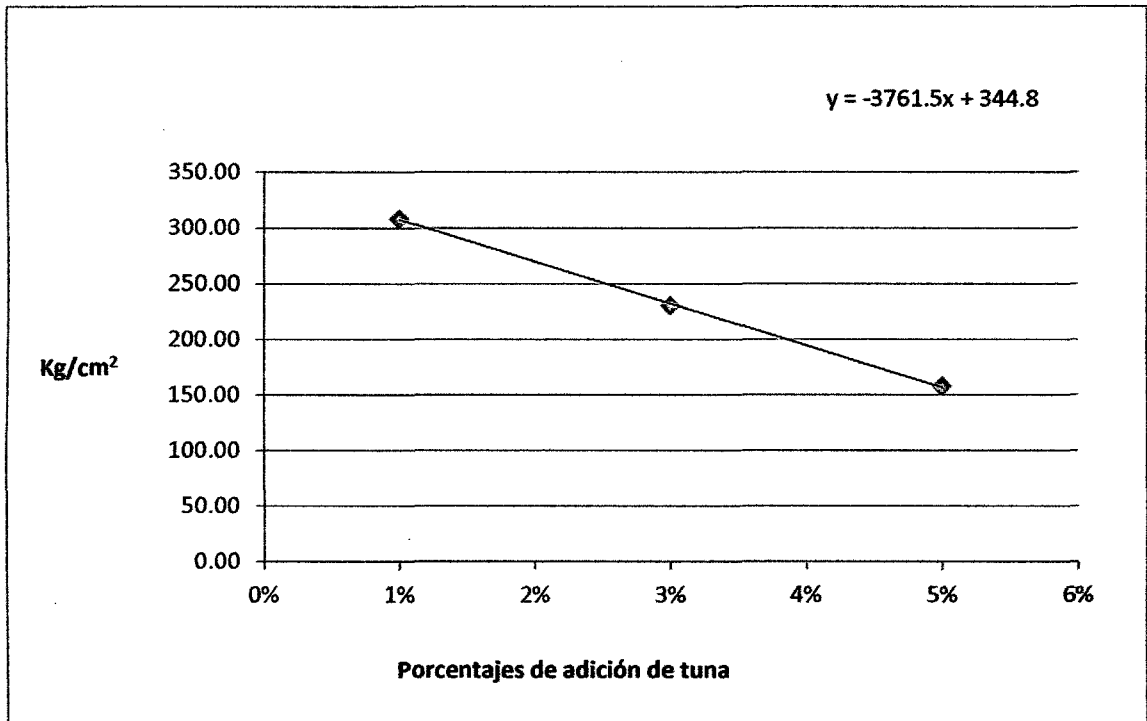
**Tabla N° 48: Regresión Lineal de la resistencia base vs la resistencia al 5%.**

Días	Probetas	Resistencia base	Probetas	Resistencia al 5%
7 días	CC1	171.28	CE1	133.72
	CC2	169.00	CE2	130.38
	CC3	168.06	CE3	133.10
14 días	CC1	196.16	CE1	146.79
	CC2	197.80	CE2	147.74
	CC3	199.45	CE3	144.72
28 días	CC1	257.32	CE1	158.36
	CC2	253.54	CE2	156.50
	CC3	255.26	CE3	157.70



**Gráfica N° 8: Regresión Lineal de la resistencia base vs la resistencia al 5%.**

Como observamos en la gráfica existe una relación de crecimiento entre la resistencia base y la resistencia al 5%, ya que a medida que la resistencia base aumenta en el tiempo también lo hace la resistencia al 5% con un coeficiente de correlación de 0.960.

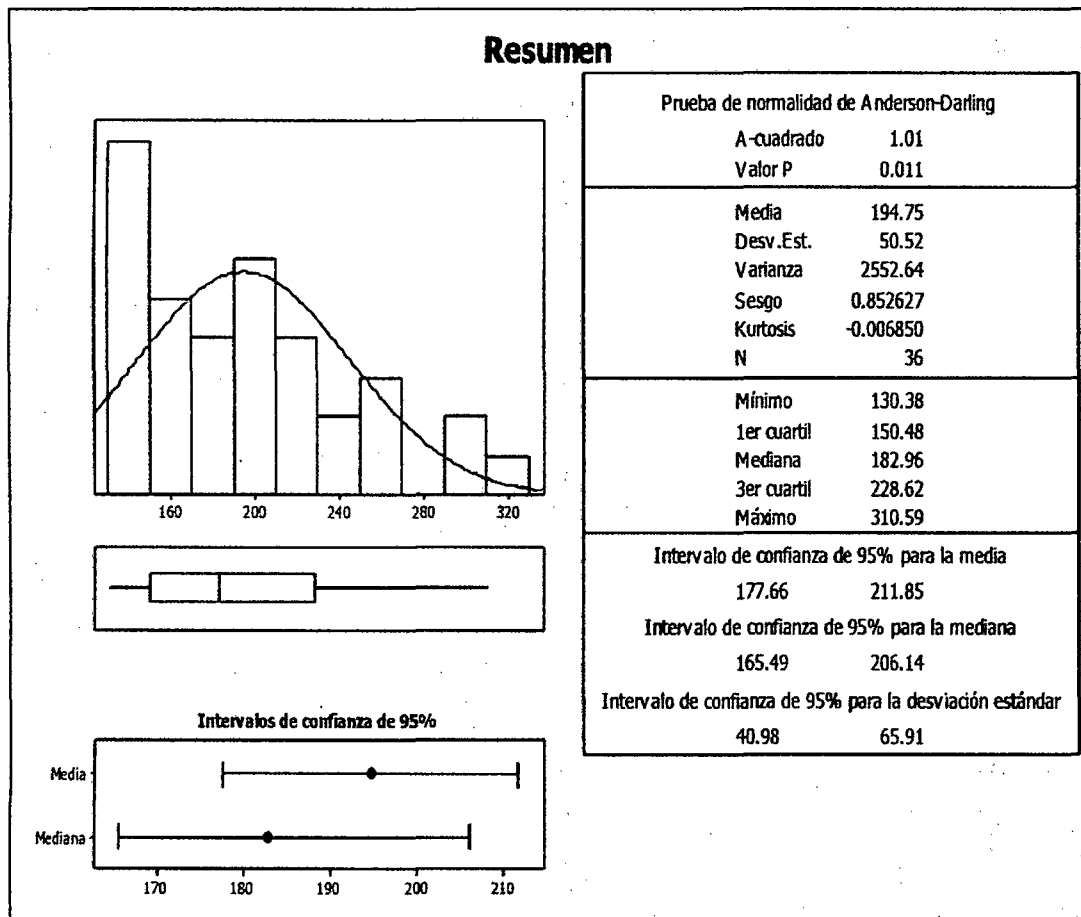


**Gráfica N° 9: Correlación de la adición de extracto de paleta tuna (*Opuntia ficus –indica*) al 1%, 3% y 5% en peso cemento.**

En la gráfica observamos que existe una relación decreciente en la resistencia a compresión del concreto cuando se aumenta el porcentaje de adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*). Rechazándose por esta razón la hipótesis planteada.

### 3.11.2.2. Programa Minitab 15.

Con la utilización de este programa hacemos un resumen estadístico.



Gráfica N° 10: Resumen estadístico en Minitab 15.

Con el software Minitab 15 se calculó el valor de  $P = 0.011$  menor al  $\alpha = 0.05$ , concluyendo que la hipótesis se rechaza.

## **CAPITULO IV ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. Calidad de la investigación.**

El objetivo de la investigación es el de determinar el efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) en la resistencia a compresión del concreto. Para esta determinación se procedió a elaborar un concreto convencional que sirvió de línea base, dicho concreto se diseñó con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, luego se procedió a elaborar concretos con adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) al 1%, 3% y 5% en peso cemento. Una vez realizado esto y después del curado de las probetas se procedió a medir su resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días para luego comparar los resultados obtenidos en laboratorio. Todos estos procedimientos se realizaron basándose en las normas técnicas peruanas.

### **4.2. Validez interna.**

Los resultados obtenidos en la investigación son válidos y confiables por las siguientes razones:

Para la realización de los ensayos de agregados se utilizaron las normas técnicas peruanas como la NPT 400.021, NPT 400.022, NPT 400.012, NPT 400.017, 339.185; respaldadas por la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales Indecopi – Perú.

Para el diseño de mezcla se utilizó el método ACI-211, método empírico desarrollado por el American Concrete Institute cuyos resultados han sido confirmados por una amplia información experimental.

Para determinar el número de probetas cilíndricas a ensayar nos basamos en la Norma E-060 y NTP 339.114 respaldadas por la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales Indecopi – Perú.

Para la elaboración y curado de las probetas cilíndricas se utilizó la NTP 339.033 respaldada por la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales Indecopi – Perú.

Para la elaboración del extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) y los porcentajes utilizados, nos basamos en investigaciones anteriores realizadas en México. Dichas investigaciones se encuentran descritas en los antecedentes teóricos.

Para los ensayos de la resistencia a la compresión de las muestras cilíndricas nos basamos en la NTP 339.034 respaldada por la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales Indecopi – Perú.



### **4.3. Validez externa.**

La presente investigación sirve como base para profundizar futuras investigaciones sobre la adición del extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) como aditivo natural que mejore la resistencia a compresión del concreto, así como otras propiedades fisico-mecánicas del concreto.

La investigación también sirve como base para analizar si el extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) es económicamente beneficioso en la industria de la construcción, de ser positivo el resultado conllevaría a incentivar su producción hasta llegar a su industrialización.

### **4.4. Comparación con la bibliografía.**

Según investigaciones anteriores tenemos:

Efecto del mucilago de nopal en la resistencia del cemento CPC-30R, en donde se observa la gran efectividad del nopal al aumentar la resistencia del cemento con las concentraciones 0.1 y 0.3%, comparado con el cemento sin aditivo (Contreras *et al.* 2011). Se concluye que coincide con el resultado obtenido en laboratorio para el 1% de adición de extracto de paleta tuna (*Opuntia ficus-indica*), pero diverge de nuestros resultados obtenidos en laboratorio al 3% y 5% de adición de extracto de paleta tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas, el nopal y la sábila. Los descubrimientos iniciales sugieren que adicionando cantidades pequeñas como 1%, 2% y 4% de nopal, como remplazo de cemento, puede ser una opción para mejorar las propiedades físicas- mecánicas de los materiales base cemento (Torres *et al.* 2010). Observamos con respecto a esta investigación que al añadir el 1% de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en peso cemento mejora la resistencia a compresión del concreto lo que no ocurre cuando agregamos el 3% y 5% en peso cemento, observándose una disminución de la resistencia a compresión. Estos resultados se dan debido a que en la investigación previa la tuna, llamada nopal, ha sido deshidratada en cambio en la investigación realizada se trabaja con el extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Según Felipe Cano, investigador del Instituto Politécnico Nacional de la ciudad de México, ensayó la adición del extracto de nopal en el material de construcción para incrementar su resistencia a la compresión y reducir la permeabilidad. La investigación mostró que el extracto de nopal es altamente efectivo para incrementar tanto la resistencia a la compresión del concreto como reducir la permeabilidad. Esta investigación coincide con la nuestra al

adicionar el 1% de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en peso cemento, pero diverge al incrementar el extracto en 3% y 5%.

Se concluye que el extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) aumenta la resistencia a compresión del concreto, cuando se agrega en dosis pequeñas como el 1%. Pero a medida que se va aumentando la dosis la resistencia a compresión empieza a decaer por lo que se debería hacer un estudio para determinar el rango en que esta dosis de extracto es factible.

#### **4.5. Contrastación de la hipótesis.**

Hipótesis: La resistencia a compresión del concreto se incrementa conforme se incrementa la concentración al 1%, 3% y 5% del extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en peso cemento.

De los datos obtenidos en laboratorio y de los análisis realizados, se concluye que la resistencia a compresión del concreto aumenta al adicionar el 1% de extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en peso cemento, en cambio al adicionar el 3% y 5% de dicho extracto la resistencia a compresión empieza a disminuir rechazándose, por este motivo, la hipótesis.

De estos resultados obtenidos surge la necesidad de seguir investigando entre que rangos (máximo y mínimo) es posible utilizar el extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) para aumentar la resistencia a compresión del concreto.

## **CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

- Se determinó el efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) al 1%, 3% y 5% en peso cemento en la resistencia a compresión del concreto concluyéndose lo siguiente.
- Al adicionar el 1% de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) en peso cemento, la resistencia a compresión aumenta en un 21% respecto a nuestra resistencia base.
- Al adicionar el 3% de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) en peso cemento, la resistencia a compresión disminuye en un 10% respecto a nuestra resistencia base.
- Al adicionar el 5% de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) en peso cemento, la resistencia a compresión disminuye en un 38% respecto a nuestra resistencia base.
- Se concluye que el efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) es positivo en dosis pequeñas, pero al ir aumentando la dosis nos muestra un efecto negativo.

### **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda continuar investigando este tema para determinar el porcentaje máximo y mínimo de extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) a fin de obtener rangos establecidos en donde aumente la resistencia a compresión del concreto.
- Se recomienda seguir con las investigaciones del extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) y sus efectos en las propiedades físico – mecánicas del concreto.
- Se recomienda realizar evaluaciones económicas para determinar si el extracto de paleta de tuna (*opuntia ficus-indica*) es rentable en el rubro de la construcción.
- En base a esta investigación se recomienda hacer investigaciones con otra adición orgánica, que aporten mayor resistencia a la estructuras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Torres Acosta, AA; Celis Martínez, CE; Martínez Molina, W; Lomelí González, MG. 2010. Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas. (en línea). Queretaro, M. Consultado el 4 ago. 2014. Disponible en <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt326.pdf>
- Contreras Bermúdez, RE; Córdoba Ceballos, A; García Elías, A; Gonzales Peredez, RO; Sánchez Amador, JL; García Hernández, A. 2011. Efecto del mucilago de nopal en la resistencia del cemento CPC-30R. (en línea). Veracruz, M. Consultado el 4 de ago. 2014. Disponible en <http://www.uv.mx/personal/acordova/files/2010/11/Resumen-CARTEL-mucilago-de-nopal.pdf>
- Ramírez Arellanes, P; Cano Barrita, PF; Julián Caballero, F; Gómez Yáñez, C. 2012. Propiedades de la durabilidad en hormigón y análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucilago de nopal como aditivo natural. *Materiales de Construcción*. Vol. 62 (N 307): 328 - 341 pp.
- Merrit, FS. 1992. *Manual del ingeniero civil*. Tercera edición.
- De León Castillo, R. 2012. Evaluación del mucilago de nopal como reductor de retracción en concreto auto-consolidable. Tesis Mg. Nuevo León, M, Universidad Autónoma de Nuevo León. 171 p.
- Acha Palomares, A. 2009. Evaluación del mucilago de nopal como reductor de retracción en concreto auto-consolidable. Tesis Ing. Civil. Michoacán, M, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 75p.
- Torres Acosta, AA; Cano Barrita, PF de J. Bondades del nopal. México. Consultado el 6 de ago. 2014. Disponible en <http://www.imcyc.com/ct2007/oct07/tecnologia.htm>
- Cano, F. 2007. Enriquecen el concreto con nopal. *Arq. Com. Mx*. Disponible en <http://noticias.arq.com.mx/Detalles/9043.html#.UTf6v15NiM>
- Guzmán Loayza, D; Chávez, J. Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. Arequipa, P. Consultado el 22 de ago. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v73n1/a05v73n1.pdf>

- Osorio, JD. 2013. Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión. Consultado el 24 de ago. Disponible en <http://360gradosblog.com/index.php/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>.
- Molina Castro, M. 2004. Uso de la goma de tuna como impermeabilizante en morteros de tierra. Tesis Ing. Agr.. Lima, P.UNALM. 107 p.
- Flores Bustamante, A; Gonzáles Díaz, F; Rocha Chiu, L; Vásquez Rojas, A. 2000. Concreto de alta resistencia. Revista Construcción y tecnología del Instituto mexicano del cemento y del concreto. México. Consultado 25 de ago. Disponible en <http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/resistencia.htm>
- Sánchez Puerta, KY. 2010. Propuesta de aditivos naturales y microfibras de papel para reparar fisuras en muros de monumentos históricos de tierra. Tesis Lic. Ing. Civil. Lima, P. Pontificia Universidad Católica del Perú. 92 p.
- Céspedes García, MA. 2003. Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido. Tesis Ing. Civil. Piura, P, Universidad de Piura. 105 p.
- Harmsen, TE. 2005. Diseño de estructuras de concreto armado. Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. 4ta. Edición. Lima, P. 677 p.
- Orteaga García, J. 2001. Concreto armado I basado en la Norma ACI 318-99. Editorial Macro E.I.R.L. 6ta. Edición. Lima, P. 308 p.
- Lezama Leiva, JL. 1996. Tecnología del concreto. Cajamarca, P. Universidad Nacional de Cajamarca. 82 p.
- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.060 Concreto Armado. 2009. Lima, P.
- Norma Técnica Peruana 339.033. HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto de campo. 2009. Lima, P.
- Norma Técnica Peruana 339.034. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 2008. Lima, P.
- Norma Técnica Peruana 339.088. HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. 2006. Lima, P.
- Norma Técnica Peruana 339.185. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. 2013. Lima, P.

- Norma Técnica Peruana 350.001. Tamices de ensayo. 2012. Lima, P.
- Norma Técnica Peruana 400.010. AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras. 2001. Lima, P.
- Norma Técnica Peruana 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 2001. Lima, P.
- Norma Técnica Peruana 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. 1999. Lima, P.
- Norma Técnica Peruana 400.021. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 2013. Lima, P.
- Norma Técnica Peruana 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. 2013. Lima, P.
- Norma Técnica Peruana 400.041. AGREGADOS: índice de espesor del agregado grueso. 2011. Lima, P.
- Instituto de la construcción y Gerencia. 2013.

## ANEXO A: FIGURAS

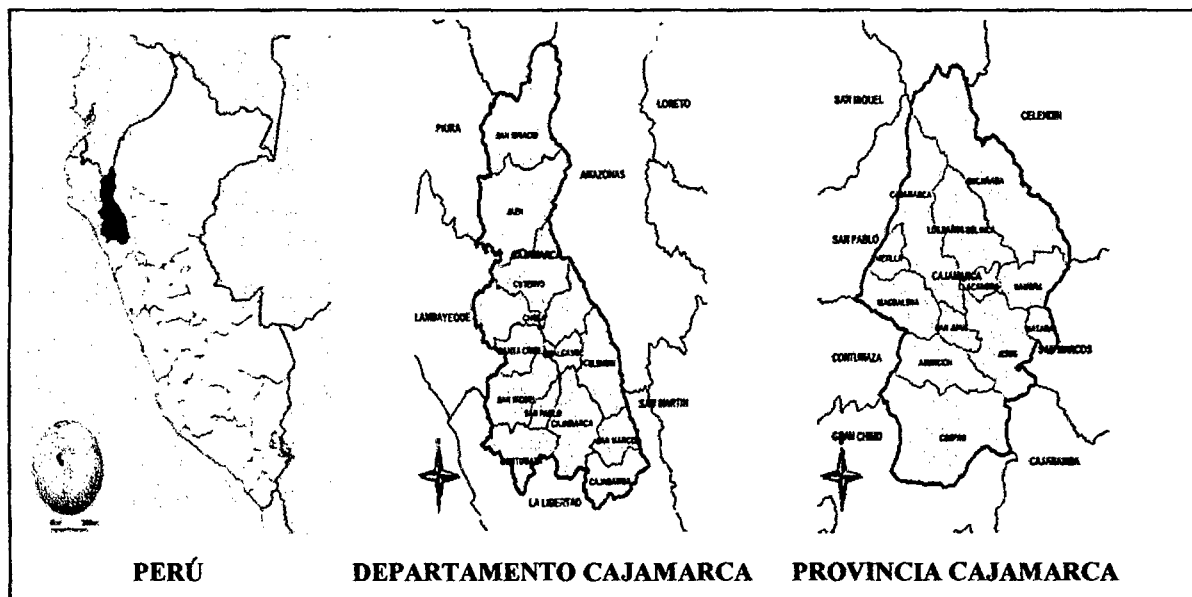


Figura N° 1: Ubicación de Cajamarca.



Figura N° 2: Ubicación de la cantera El Chonta y la Hualanga Baja.

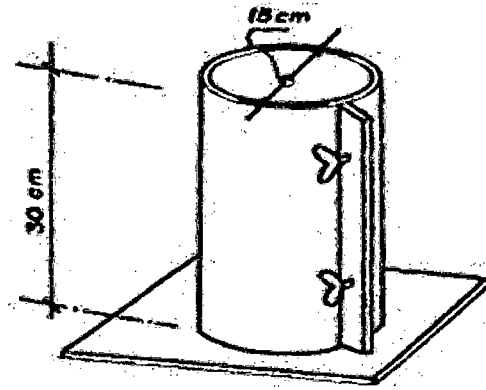


Figura N° 3: Molde de acero, para elaboración de probetas de ensayo.

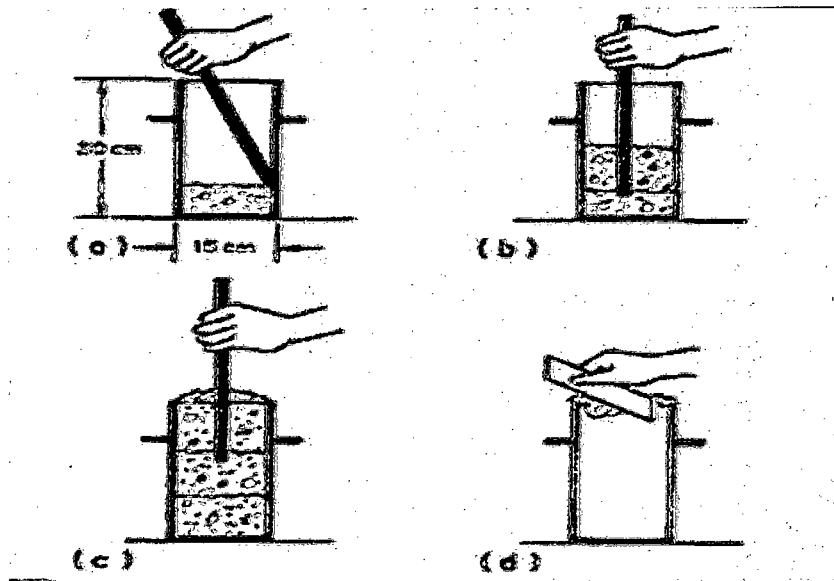


Figura N° 4: Elaboración de las probetas de concreto.

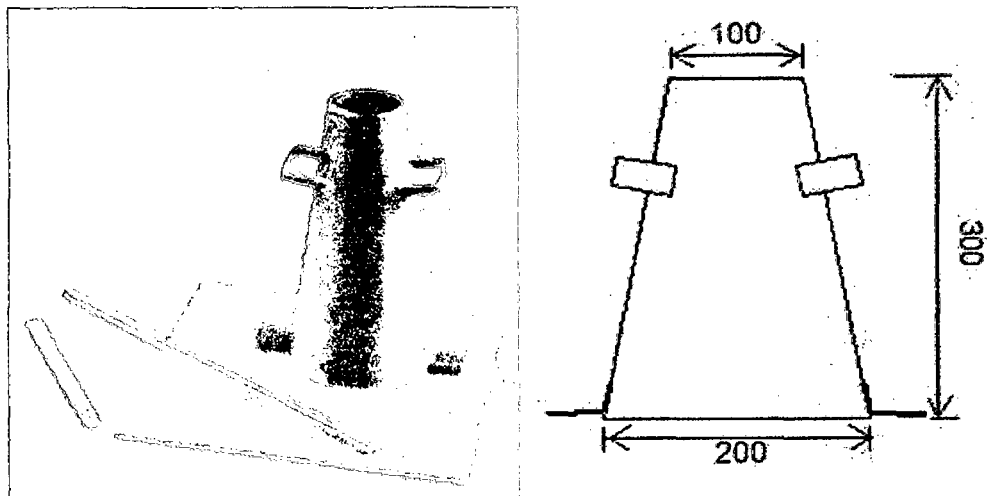


Figura N° 5: Cono de Abrams, para medir el asentamiento del concreto.



### CONO DE ABRAMS

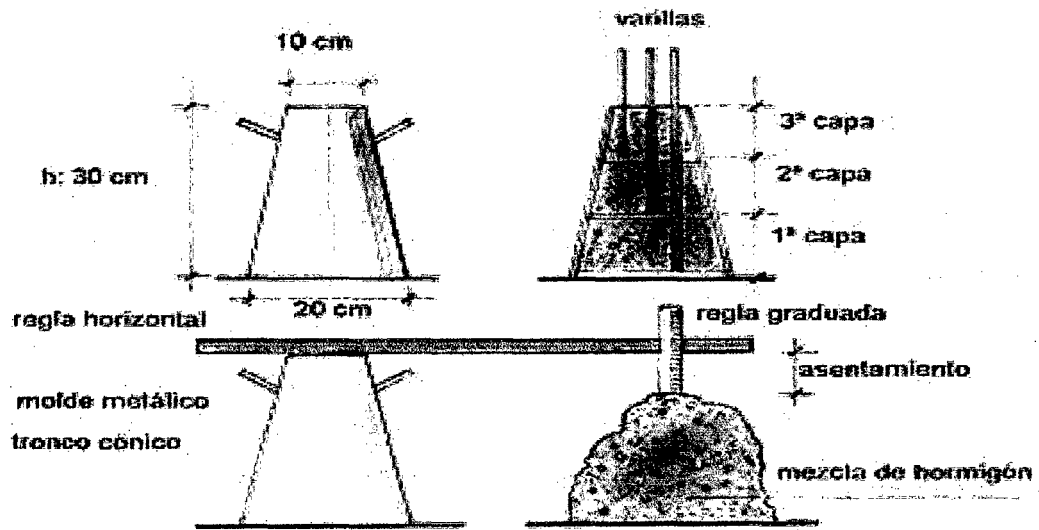


Figura N° 6: Procedimiento para medir el asentamiento.



Figura N° 7: Croquis referencial de los asentamientos.

## ANEXO B: PANEL FOTOGRÁFICO



**Fotografía N° 1: Cantera El Chonta ubicado en Baños del Inca- Cajamarca**



**Fotografía N° 2: Agregado fino procedente de la cantera El Chonta.**



**Fotografía N° 3: Agregado grueso procedente de la cantera El Chonta.**



**Fotografía N° 4: Tamizando el agregado fino.**



**Fotografía N° 5: Tamizando el agregado grueso.**



**Fotografía N° 6: Preparando el agregado fino para el ensayo de peso específico.**



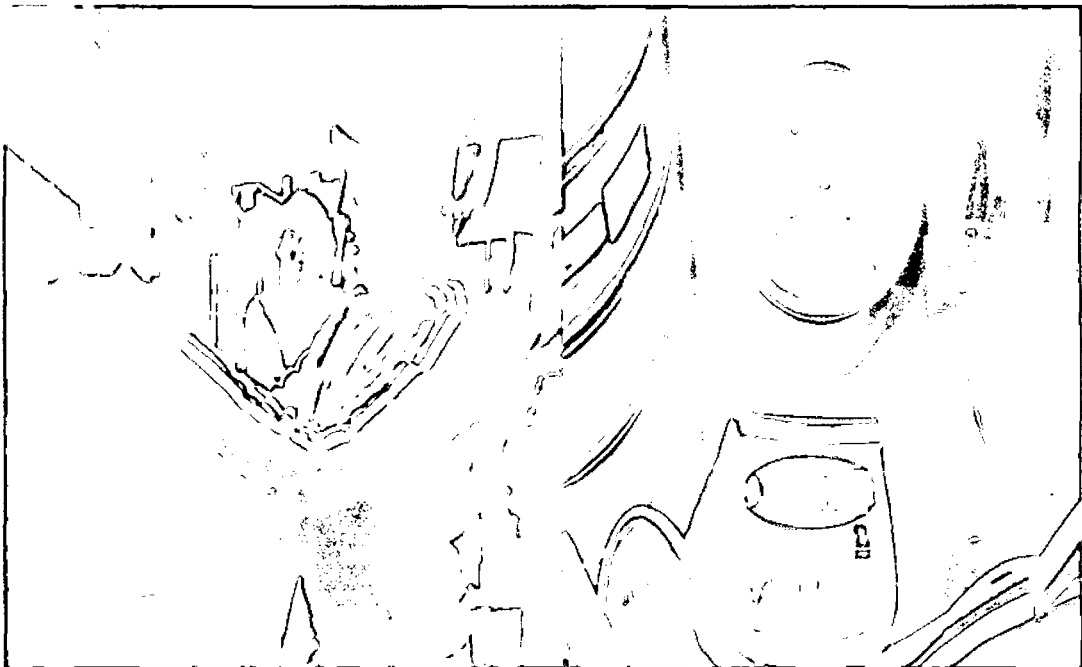
**Fotografía N° 7: Realizando el ensayo de peso específico del agregado fino.**



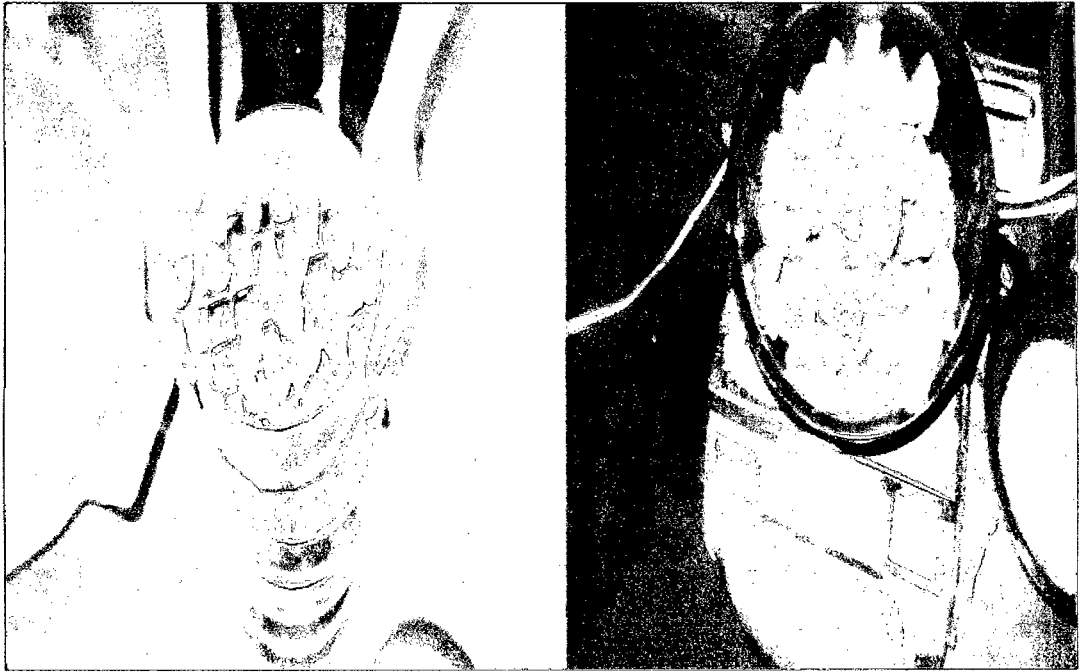
**Fotografía N° 8: Preparando el agregado grueso para el ensayo de peso específico.**



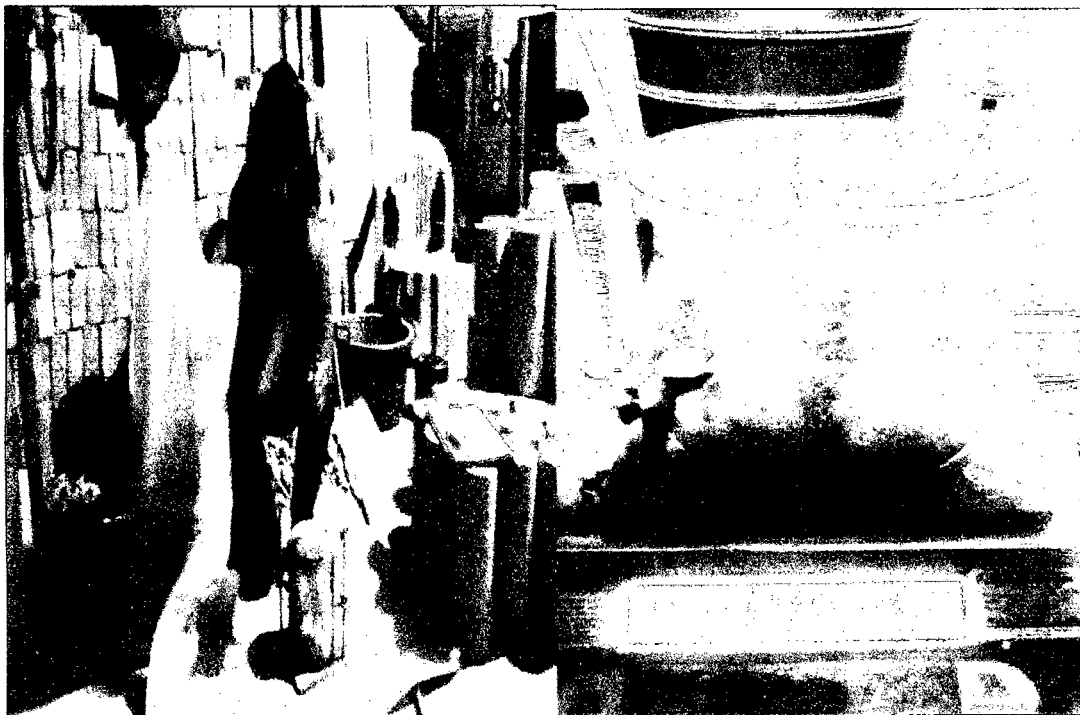
**Fotografía N° 9: Realizando el ensayo de peso específico del agregado grueso.**



**Fotografía N° 10: Realizando el ensayo de granulometría del agregado fino.**



**Fotografía N° 11: Realizando el ensayo de granulometría del agregado grueso.**



**Fotografía N° 12: Realizando el ensayo de peso unitario compactado del agregado fino.**



**Fotografía N° 13: Realizando el ensayo de peso unitario suelto del agregado fino.**



**Fotografía N° 14: Realizando el ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.**

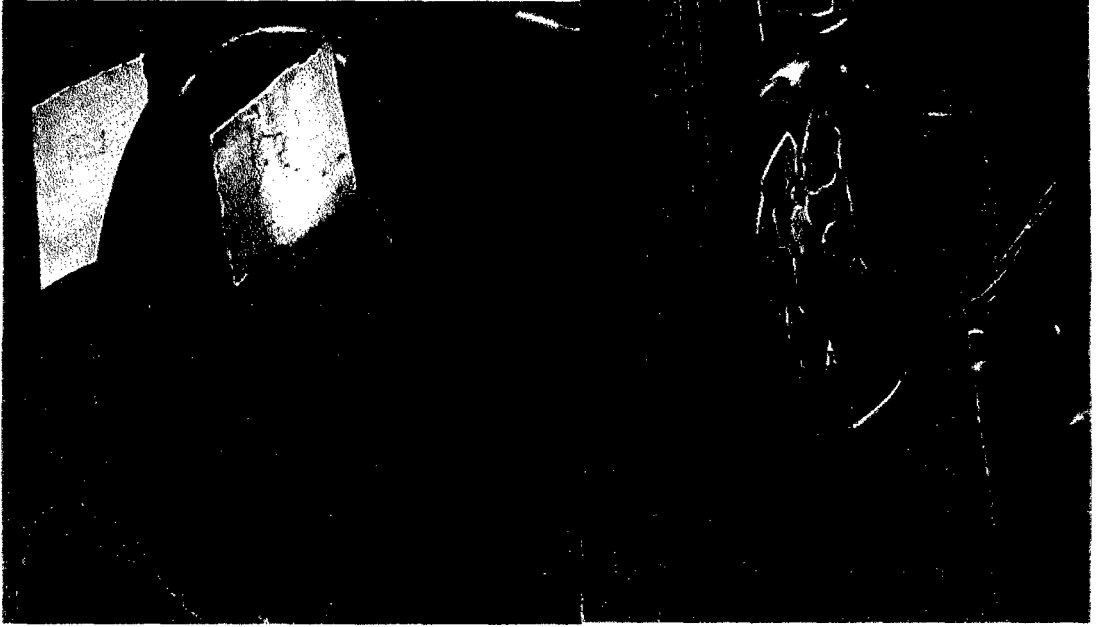




**Fotografía N° 15: Realizando el ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso.**



**Fotografía N° 16: Agregado fino y grueso en el horno para realizar los ensayos de contenido de humedad.**



**Fotografía N° 17: Agregado fino y grueso después de 24 horas en el horno para determinar el contenido de humedad.**



**Fotografía N° 18: Recolección de las paletas de tuna de la Hualanga Baja.**



**Fotografía N° 19: Realizando el extracto de la paleta de tuna (*Opuntia ficus indica*).**



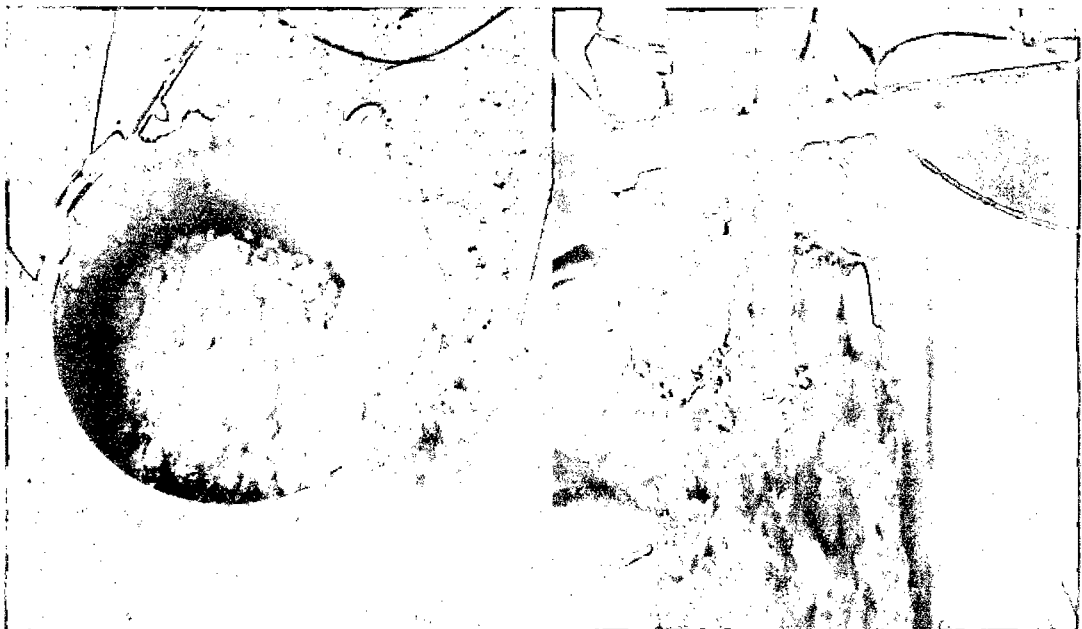
**Fotografía N° 20: Limpiando y aceitando a las probetas en laboratorio.**



**Fotografía N° 21: Pesando los materiales para la elaboración de las probetas.**



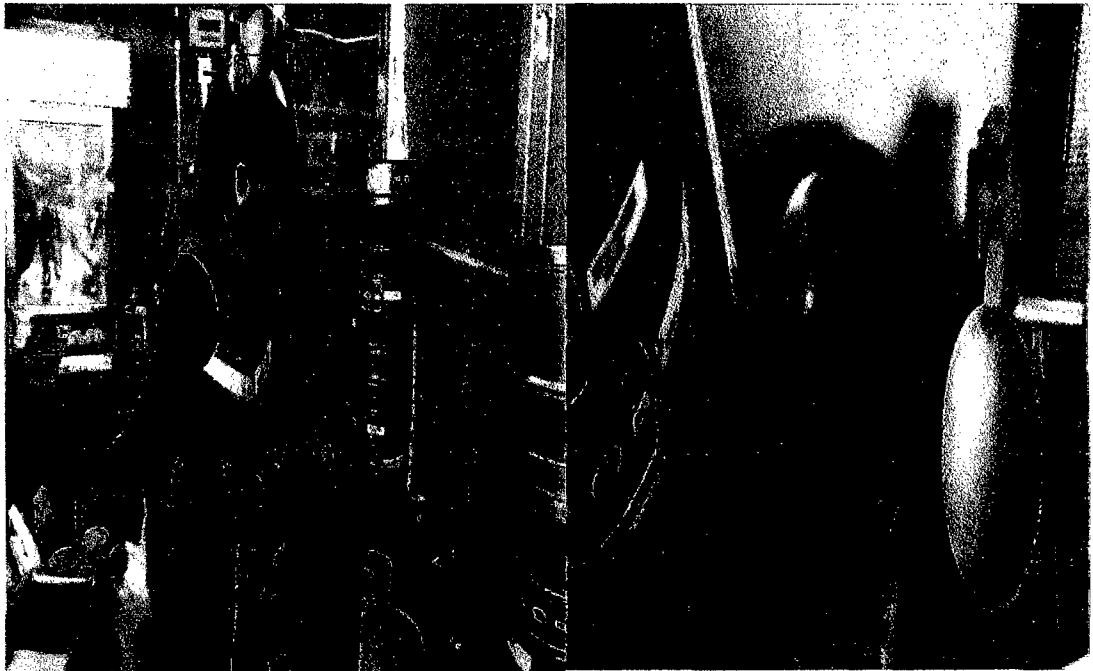
**Fotografía N° 22: Realizando la mezcla de concreto convencional.**



**Fotografía N° 23: Realizando la prueba del cono de Abrams para determinar el slump.**



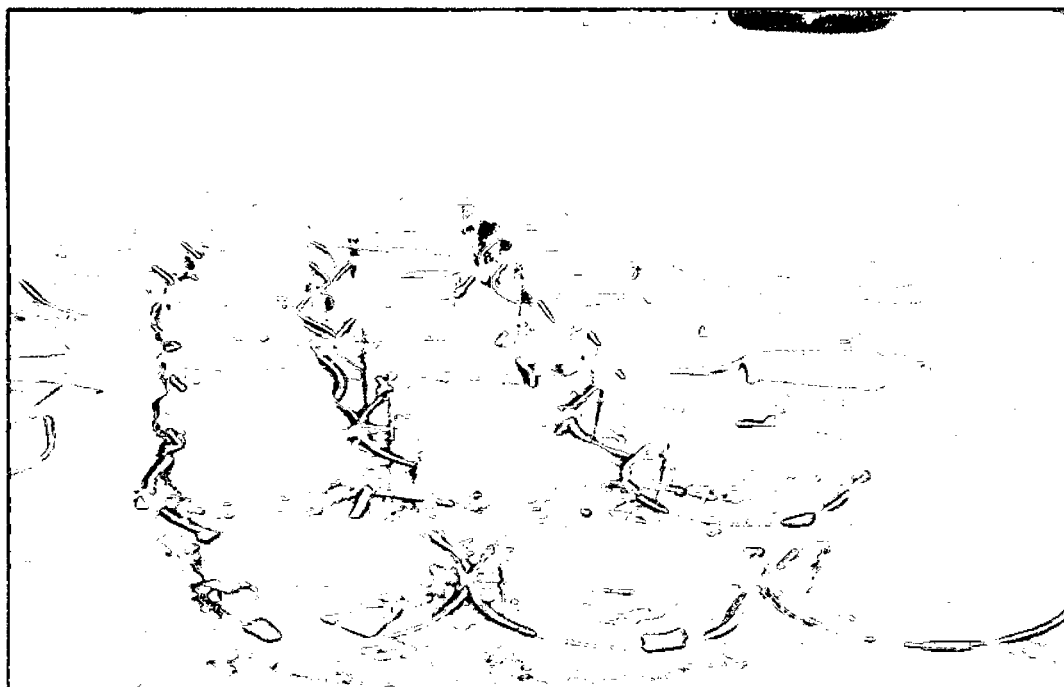
**Fotografía N° 24: Vaciando la pasta de concreto en los moldes.**



**Fotografía N° 25: Pesando el extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus indica*) que será agregado en la mezcla de concreto.**



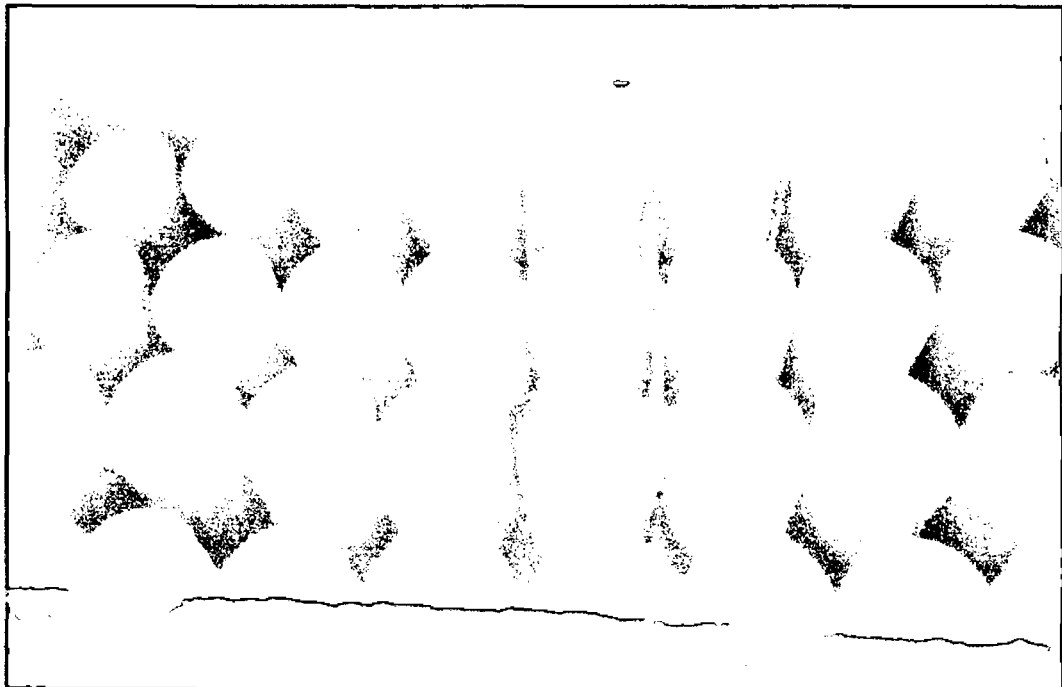
**Fotografía N° 26: Agregando el extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus indica*) a la mezcla de concreto.**



**Fotografía N° 27: Conjunto de probetas para ser sometidas a ensayos a resistencia a compresión.**

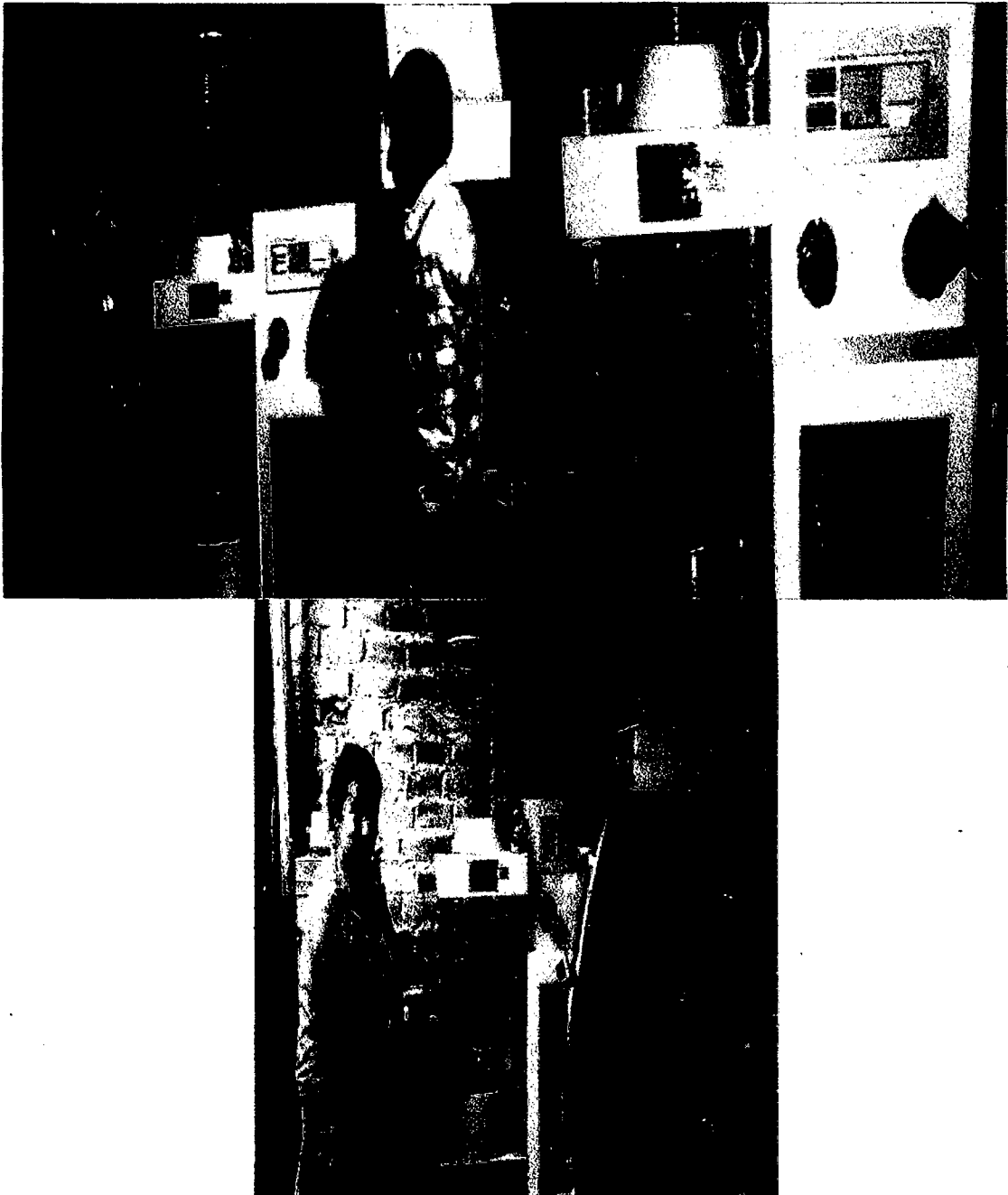


**Fotografía N° 28: Desmoldando las probetas para someterlas a curado.**



**Fotografía N° 29: Curado de probetas en agua.**





**Fotografía N° 30: Realizando el ensayo para el esfuerzo a la compresión de las muestras cilíndricas de concreto.**