

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN EDIFICACIONES APLICANDO LOS METODOS DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA, CURADO CON AGUA, CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL Y SIN CURADO EN LA CIUDAD DE JULIACA OCTUBRE - DICIEMBRE 2015”**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER:**

**VALENTINA VIRGINIA CHOQUE MAMANI**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Juliaca – PERÚ**

**2015**

## ACTA DE TITULACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En Juliaca, siendo las 12:00 horas del día 17 de enero del 2016, en el Salón de Grados de la Universidad Alas Peruanas y bajo la Presidencia del **Ing. LIZANDRO VLADIMIR APAZA CANAZA**, se inició la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación correspondiente para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la modalidad de **Sustentación de Tesis**.

En la que la Bachiller: **CHOQUE MAMANI, VALENTINA VIRGINIA**

Sustentó la **Tesis de Ingeniería**:

*Tesis*

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN EDIFICACIONES APLICANDO LOS MÉTODOS DE CURADO CON AGUA ARPILLERA, CURADO CON AGUA, CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL Y SIN CURADO EN LA CIUDAD DE JULIACA OCTUBRE - DICIEMBRE 2015”


Ante el jurado integrado por los señores catedráticos:

Ing. LIZANDRO VLADIMIR APAZA CANAZA	(Presidente)
Ing. EDWIN RENE PARI PARI	(Miembro)
Ing. WILHEM ROGGER LIMACHI VIAMONTE	(Secretario)

Sustentado el mismo, la graduando obtuvo el siguiente resultado:

APROBADO POR UNANIMIDAD

En fe de lo cual se asentó la presente Acta que firman el señor Presidente y los demás miembros del Jurado.

  
Ing. LIZANDRO VLADIMIR APAZA CANAZA  
Presidente

  
Ing. WILHEM ROGGER LIMACHI  
VIAMONTE  
Secretario

  
Ing. EDWIN RENE PARI PARI  
Miembro

## DEDICATORIA

- ❖ A mis queridos padres (t) por haberme forjado como la persona que soy en lá actualidad; muchos de mis logros se lo debo a ellos, me formaron con reglas y algunas libertades, pero al fin de cuentas en vida siempre me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos

Há sido un privilegio ser su hija

- ❖ Con amor y cariño a mis dos lindas hijas Tatiana A. y Camila J. por su afecto y cariño que han sido los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo de mis ganas de buscar los mejor para ellas, a un a sus cortas edades me han enseñado y me siguen enseñando muchas cosas de esta vida. Les agradezco por ayudarme a encontrar el lado dulce y no amargo de la vida. fueron mi motivacion mas grande para concluir con êxito este proyecto de Tesis.
- ❖ Para mis queridos Hermanos Ester, Percy, Carlos, Javier, Maria y Vilma
- ❖ A una persona muy especial en mi vida por su apoyo incondicional

VALENTINA VIRGINIA

## **AGRADECIMIENTO**

Dedico de manera especial a mi hermana Maria Jesus pues ella fue el principal cimiento para la construcción de este objetivo, sento en mi un reto de superación, en ella tengo un espejo en el cual me quiero reflejar pues son sus virtudes infinitas y su gran corazón me lleva admirarla cada dia mas.

Gracias dios por concederme la mejor de las Hermanas.

VALENTINA VIRGINIA

## RESUMEN

La presente investigación es importante y está referido a los diferentes tipos de curado en el concreto en edificaciones; ya que los que se han experimentado nos han permitido confirmar nuestra hipótesis de tesis. El curado significa simplemente mantener el agua en el concreto que influye en la combinación o reacción química del cemento y agua finalmente se transforme en un material duro que ayude a desarrollar un concreto resistente y durable.

La calidad del concreto debe garantizarse con un correcto curado luego del vaciado y fraguado los que indican en los planos estructurales ( $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$  siendo la resistencia de diseño de la tesis), cumpliéndose que la estructura se comportará adecuadamente ante las sollicitaciones de fuerzas externas (sismos), obteniendo en el tiempo buenos resultados en las edificaciones y que cumplan con el principio de seguridad. Observando en la mayoría de construcciones nuevas no se realiza un curado adecuado por la falta de conocimiento sobre el curado, por lo cual se consideró cuatro condiciones de curado siendo:

- ✓ Método de curado con agua y protegida con arpillera
- ✓ Método de curado con agua.
- ✓ Método de curado con aditivo Sika Antisol
- ✓ Sin la aplicación de curado.

Luego de la aplicación de los métodos de curado, en laboratorio se procedió con los ensayos de Resistencia a la compresión bajo las Normas Técnicas: ASTM C – 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034, considerando la resistencia especificada para el concreto corresponde a la resistencia de diseño  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ , la edad del concreto elegida es a los 28 días por cuanto debe tener el 100% de la resistencia a la compresión de diseño.

Finalmente se procedió a contrastar los resultados y técnicamente podemos concluir: Que siendo la Resistencia de diseño de  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ , al que comparamos según cada condición de curado, únicamente el método de curado con agua y colocación de arpillera es el que supera la resistencia de diseño, y que en las condiciones de curado método de curado con agua, método de curado con aditivo Sika Antisol y sin la aplicación de curado, es decir que ninguno de estos métodos cumple y alcanzan la resistencia de diseño.

## ABSTRAC

This research is important and is referred to different types of curing concrete in buildings; since those who are experienced we have allowed us to confirm our hypothesis thesis. Curing simply means keeping the water in the concrete influencing the combination or chemical reaction of cement and water finally becomes a hard material to help develop a strong and durable concrete.

The quality of the concrete must would guarantee a correct then curing the casting and curing those stated in the structural plans (  $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$  being the design strength of the thesis) , fulfilling the structure will behave appropriately to the solicitations of external forces (earthquakes ) , obtaining good results in time in buildings and comply with the principle of security. Observing in most new construction proper curing it is performed by the lack of knowledge about curing, thus curing four conditions being considered:

- ✓ Water curing method and protected with burlap
- ✓ Water curing method.
- ✓ Method of curing additive Sika Antisol.
- ✓ Without the application curing.

After application of curing methods, laboratory we proceeded with the tests of resistance to compression under the Technical Standards: ASTM C - 39; AASHTO T-22 , NTP 339-034, considering the strength specified for concrete corresponds to the design strength  $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$  , concrete age is chosen because 28 days should have 100 % of the compressive strength design.

Finally we proceeded to compare the results and technically we can conclude: That being the design strength of  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , which compare as each curing condition, only water curing method and placement is the burlap exceeds the design strength, and in curing conditions with water curing method, curing method Antisol Sika additive and curing without the application, namely that none of these methods meet and achieve the design strength.

## INDICE

<b>1. CAPITULO I :PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO</b>	
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	13
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL	14
1.2.2. DIMENSIÓN SOCIAL	14
1.2.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL	14
1.2.4. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL	14
1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	17
1.3.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.5. FORMULACION DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	19
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	19
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	20
1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES	20
1.6.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	20
1.7. VIABILIDAD	21
1.7.1. VIABILIDAD ECONÓMICA	21
1.7.2. VIABILIDAD TÉCNICA	21
1.7.3. VIABILIDAD OPERATIVA	21
1.8. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.8.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	22
A. TIPO DE INVESTIGACIÓN	22
B. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	22
1.8.2. DISEÑOS Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	22
A. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	22
B. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	22
1.9. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN	23
1.9.1. POBLACIÓN	23
1.9.2. MUESTRA	23
1.10. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	23
1.10.1. TÉCNICAS	23

1.10.2. INSTRUMENTOS	24
1.11. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE INVESTIGACIÓN	24
A. JUSTIFICACIÓN	24
B. IMPORTANCIA	24
C. LIMITACIONES	25
<b>2. CAPITULO II: MARCO TEORICO</b>	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	26
2.2. BASES TEÓRICAS	26
2.2.1. EL CONCRETO	26
A. CEMENTO	29
B. AGREGADOS	40
C. AGUA	54
2.2.2. ADITIVO	67
A. DEFINICIÓN	67
B. CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS	69
C. ADICIONES PARA CONCRETO	72
2.2.3. CURADO	75
A. CONSIDERACIONES GENERALES	75
B. DEFINICIÓN	75
C. REQUISITOS BÁSICOS DEL CURADO.	76
D. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CURADO	78
2.2.4. ENSAYOS Y PRUEBAS DE LABORATORIO	84
A. DISEÑO DE MEZCLAS: NORMAS: ACI 211.1.74, ACI 211.1.81	84
B. ENSAYO DE REVENIMIENTO ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN CON EL CONO DE ABRAMS. NORMA: NTP 339 - 035	87
C. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN METODO ESTANDAR DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO.	90
<b>3. CAPITULO III: PROPUESTA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
3.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROBLEMA	94
3.2. PROPUESTA TÉCNICA EXPERIMENTAL	95
3.2.1. FUNDAMENTACIÓN	95
3.3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA	96



3.3.1. MATERIALES E INSUMOS	96
3.3.2. EQUIPOS E INDUMENTARIA NECESARIA	96
3.3.3. MATERIALES Y COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	96
3.3.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	98
A. TOMA DE MUESTRAS	98
B. CURADO	100
C. ENSAYO DE LABORATORIO	100
D. COMPARACIÓN O CONTRASTE DE RESULTADOS	105
<b>4. CAPITULO IV: PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	
4.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	106
4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	107
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFIA	115
ANEXOS	116

## INDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

TABLA N° 01: COMPONENTES DEL CONCRETO	28
TABLA N° 02: COMPUESTOS QUÍMICOS DEL CEMENTO	31
TABLA N° 03: FABRICAS DE CEMENTO EN EL PERÚ	37
TABLA N° 04: FABRICAS DE CEMENTO Y SU CAPACIDAD EN EL PERÚ	38
TABLA N° 05: TIPOS DE CEMENTOS EN EL PERÚ	38
TABLA N° 06: PORCENTAJES PERMISIBLES DEL AGREGADO FINO	42
TABLA N° 07: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO	44
TABLA N° 08: REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO	46
TABLA N° 09: LÍMITES PERMISIBLES PARA EL AGUA DE MEZCLA Y CURADO SEGÚN LA NORMA NTP 339.088	56
TABLA N° 10: PORCENTAJE DE IÓN CLORURO MÁXIMO SEGÚN EL TIPO DE CONCRETO	59
TABLA N° 11: ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	90
TABLA N° 12: CLASES DE ASENTAMIENTOS	90
TABLA N° 13: FACTORES DE CORRECCIÓN	92
TABLA N° 14: PRESUPUESTOS	97
TABLA N° 15: MUESTRAS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	99
TABLA N° 16: PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN N.T: ASTM C – 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034 MÉTODO DE CURADO CON AGUA.	101
TABLA N° 17: PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN N.T: ASTM C – 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034 MÉTODO DE CURADO CON AGUA Y ARPILLERA.	102
TABLA N° 18: PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN N.T: ASTM C – 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034 MÉTODO DE CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL	103
TABLA N° 19: PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN N.T.:	104

ASTM C – 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034 SIN LA APLICACIÓN DE CURADO	
TABLA Nº 20: RESUMEN DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	105
TABLA Nº 21: COMPARACIÓN DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y CURADO CON AGUA	108
TABLA Nº 22: COMPARACIÓN DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL	109
TABLA Nº 23: COMPARACIÓN DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y SIN CURADO	110
GRAFICO Nº 01: COMPARACIONES DE RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup> (edad=28 días) ENTRE MÉTODOS DE CURADO	107
GRAFICO Nº 02: COMPARACIÓN DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y CURADO CON AGUA	108
GRAFICO Nº 03: COMPARACIÓN DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL	109
GRAFICO Nº 04: COMPARACIÓN DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y SIN CURADO	110

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación está referido al concreto en edificaciones; haciendo notar que el uso del concreto con fines estructurales, hace poco más de un siglo, se observaron los problemas que afectan al material cuando el fraguado es rápido. En mediados del siglo XX se estudian las causas físicas y químicas que explican por qué el concreto no alcanza su máxima resistencia a la compresión según el  $f'c$  diseñado y especificado en términos de sus propiedades mecánicas, cuando pierde humedad en forma acelerada después de su colocación.

El curado del concreto es la parte del procedimiento constructivo que busca mantener el material en condiciones húmedas para promover que las reacciones químicas entre el cemento y el agua continúen por el tiempo suficiente para aprovechar el potencial aglutinante del cemento.

El término curado se utiliza tanto para describir el proceso natural por medio del cual el concreto de cemento hidráulico madura y desarrolla sus propiedades mecánicas típicas del material en estado endurecido, como para describir las acciones tomadas por el constructor para mantener el concreto húmedo y dentro de un rango de temperatura adecuada, de tal manera que se promueva la hidratación del cemento. En el primer sentido, el tiempo de curado del concreto se refiere al lapso en el cual se desarrollan las reacciones químicas del cemento con el agua, sin que se realice acción alguna; mientras que en el segundo sentido, se refiere al tiempo durante el cual se ejecutan acciones específicas para mantener el concreto en las condiciones favorables de humedad y temperatura.

La calidad del concreto debe garantizarse con un correcto curado luego del vaciado y fraguado los que indican en los planos estructurales, cumpliéndose que la estructura se comportará adecuadamente ante las sollicitaciones de fuerzas externas (sismos), obteniendo en el tiempo buenos resultados en las edificaciones y que cumplan con el principio de seguridad.

En la ciudad de Juliaca, el clima se presenta en forma variada, que oscila entre cambios bruscos entre muy frío y muy cálido a la vez. En el primer caso, la principal preocupación es que los compuestos del cemento no reaccionen con el agua (o que lo hagan en forma muy lenta), o que incluso, ésta se congele. Mientras que en el segundo caso, la principal preocupación es que el agua del concreto se evapore rápidamente, lo que permite que una parte significativa del cemento no se hidrate.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La presente investigación es importante debido a que nos permite tener una visión amplia acerca de los métodos del curado; ya que los que se han experimentado nos han permitido confirmar nuestra hipótesis de trabajo. El curado significa simplemente mantener el agua en el concreto donde pueda hacer su trabajo al combinarse químicamente con el cemento para que se transforme en un material adherente duro que ayude a desarrollar un concreto resistente y durable. Buen curado significa mantener el concreto húmedo y a 21°C (70°F) hasta que el concreto sea lo suficientemente resistente para hacer su trabajo. La práctica recomendada es un curado mínimo de 7 días para una temperatura ambiente por encima de los 4°C (50°F), o durante el tiempo necesario para obtener el 70% de la resistencia a la compresión o flexión especificado, cualquiera de los dos periodos que sea menor; lo que permitirá mejorar la calidad del concreto en las construcciones de la ciudad de Juliaca; mientras que un curado inapropiado puede fácilmente disminuir la resistencia del mejor concreto hasta en un 50%.

La calidad del concreto debe garantizarse con un correcto curado luego del vaciado y fraguado los que indican en los planos estructurales, cumpliéndose que la estructura se comportará adecuadamente ante las sollicitaciones de fuerzas externas (sismos), obteniendo en el tiempo buenos resultados en las edificaciones y que cumplan con el principio de seguridad.

La ciudad de Juliaca es una zona frígida con clima variado, entre frío, seco, lluvioso y excesivo calor al mediodía, con presencia permanente de heladas, y que presenta cambios de temperatura brusca. Es por ello que el concreto no alcanza una óptima resistencia porque no existe un tipo de curado adecuado.

Observando en la mayoría de construcciones nuevas no se realiza un curado adecuado por la falta de conocimiento sobre el curado.

El concreto debe tener un adecuado curado para obtener la resistencia diseñada. Un concreto adecuadamente curado es mejor desde todo punto de

vista: se contrae menos, se agrieta menos y desprende menos polvo. Es más fuerte, más durable y tiene mayor resistencia al desgaste superficial.

Un concreto que no se cura inmediatamente después de las 3 horas de vaciado, tienden a perder del 3% al 5% de humedad en dicho lapso, pero ella es recuperable si se les aplica alguno de los procedimientos de curado por humedad indicados.

La mezcla ya compactada debe ser mantenida tan húmeda como sea posible a fin de garantizar la presencia de agua que pueda combinarse con el cemento y asegure la hidratación del mismo. Las pérdidas de agua que ocurren después del inicio del fraguado

Un curado inapropiado puede fácilmente disminuir la resistencia del mejor concreto hasta en un 50%.

## **1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL**

La investigación se realiza en el espacio territorial de la ciudad de Juliaca, Distrito de Juliaca y Provincia de San Román de la Región Puno; donde existen edificaciones en construcción.

Geográficamente se encuentra ubicado en su coordenada es 15°29'24" de Latitud Sur y 70°08'00" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, con una altitud promedio de 3824.00 m.s.n.m.; con vías de acceso interregional.

### **1.2.2. DIMENSIÓN SOCIAL**

La investigación se realiza en el contexto social del ámbito de la ciudad de Juliaca, donde la autoconstrucción prima sobre las construcciones edificadas por profesionales que garanticen la inversión realizada.

### **1.2.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL**

La investigación tendrá una duración de 03 meses, donde el periodo de la misma comprende desde el mes de octubre- diciembre del 2015; tiempo que permitirá el desarrollo de las tomas de las muestras y los ensayos de laboratorio correspondiente.

#### 1.2.4. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL

##### CONCRETO:

El concreto es el material constituido por la mezcla de ciertas proporciones de cemento agua y agregados opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable y que posteriormente adquiere un consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes lo que lo hace un material ideal para la construcción.

##### CEMENTO:

Según la Norma Técnica Peruana, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, Es decir:

Cemento Pórtland = Clinker Pórtland + Yeso

##### ADITIVO:

Un aditivo es definido, tanto por el Comité 116R del ACI como por la Norma ASTM C 125, como “un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”.

##### FRAGUADO:

El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón (o mortero de cemento), producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos —procedentes de la reacción química del agua de amasado— con los óxidos metálicos presentes en el Clinker que compone el cemento.

También se denomina fraguado al proceso de endurecimiento de la pasta de yeso o del mortero de cal.

En el proceso general de endurecimiento del concreto se presenta un estado de fraguado inicial en que la mezcla pierde su plasticidad. Se denomina fraguado final al estado en el cual la consistencia ha alcanzado

un valor muy apreciable. El tiempo comprendido entre estos dos estados se llama tiempo de fraguado de la mezcla que se estima en unas diez horas, aunque varía dependiendo de la humedad relativa, temperatura ambiente, etc.

Se pueden añadir aditivos retardantes o acelerantes del fraguado que permiten su mejor manejo en obra.

#### CURADO:

El curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado comienza inmediatamente después del vaciado (colado) y el acabado, de manera que el concreto pueda desarrollar la resistencia y la durabilidad deseada.

#### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

En ingeniería, el ensayo de compresión es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión. En la mayoría de los casos se realiza con concretos y metales (sobre todo aceros), aunque puede realizarse sobre cualquier material.

El ensayo más universalmente reconocido para ejecutar pruebas de resistencia mecánica a la compresión simple es el ensayo de probetas cilíndricas, las cuales se funden en moldes especiales de acero o hierro fundido que tienen 150mm de diámetro por 300mm de altura (relación diámetro: altura 1:2). Los procedimientos relativos a este ensayo se encuentran especificados en las normas NTC 550 y 673 que hacen referencia a la confección de cilindros y al ensayo de resistencia compresión.



### 1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.3.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son los efectos de la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando los métodos de curado con agua-arpillera, curado con agua, curado con aditivo Sika Antisol y sin curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015?

#### 1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- a) ¿Cuáles es el efecto de la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando los métodos de curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015?
- b) ¿Cuál es el efecto de la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con agua-arpillera, en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015?
- c) ¿Cuál es el efecto de la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con agua, en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015?
- d) ¿Cuál es el efecto de la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con aditivo Sika Antisol en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015?
- e) ¿Cuál es el efecto de la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones sin aplicar un método de curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015?

## 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos de la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando los métodos de curado con agua-arpillera, curado con agua, curado con aditivo Sika Antisol y sin curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015

### 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Comparar la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando los métodos de curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.
- b) Determinar el efecto de la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con agua-arpillera, en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015
- c) Determinar el efecto de la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con agua, en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.
- d) Determinar el efecto de la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con aditivo Sika Antisol en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.
- e) Determinar el efecto de la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicar un método de curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.

## 1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los efectos de la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones serán diferentes aplicando los métodos de curado con agua-arpillera, curado con agua, curado con aditivo Sika Antisol y sin curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015

### 1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- a) La resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con agua-arpillera, será diferente en comparación a los métodos de curado con agua, curado con aditivo Sika Antisol y sin curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.
- b) La resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con agua, será diferente en comparación a los métodos de curado con agua-arpillera, con aditivo Sika Antisol y sin curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.
- c) La resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con aditivo Sika Antisol, será diferente en comparación a los métodos de curado con agua-arpillera, con agua y sin curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.
- d) La resistencia a la compresión del concreto en edificaciones sin aplicar un método de curado, será diferente en comparación a los métodos de curado con agua-aditivo, con agua y con aditivo Sika Antisol en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.

## 1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Método de curado del concreto.

### 1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Resistencia a la compresión del concreto en edificaciones.

### 1.6.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

( VER ANEXO)

## 1.7. VIABILIDAD

### 1.7.1. VIABILIDAD ECONÓMICA

La determinación del tipo de curado adecuado para el concreto utilizado en edificaciones requiere un presupuesto aproximado de S/. 4,500.00, que básicamente corresponde a toma de muestras, curado y ensayos de laboratorio, la que será asumido completamente por el investigador y de ese modo hace que la ejecución del presente estudio sea económicamente viable.

### 1.7.2. VIABILIDAD TÉCNICA

Los materiales y ensayos empleados para la investigación se encuentran acorde a lo recomendado por el Reglamento Nacional de Edificaciones y ASTM (American Standard For Testing Materials), así como la certificación de los resultados en laboratorios de concreto, y en nuestro medio existen los alcances técnicos necesarios los cuales hacen que técnicamente sean viables.

### 1.7.3. VIABILIDAD OPERATIVA

La presente investigación será implementada en edificaciones de la ciudad de Juliaca y verificadas en laboratorios de concreto, con lo que se determinará la mejor condición de curado a través de métodos existentes y comparados en función de la resistencia a la compresión de diseño  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ; estas consideraciones en su conjunto hacen que la investigación sea operativamente viable.

## 1.8. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.8.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

#### A. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación por sus características se enmarca dentro del enfoque cualitativo, debido a que se determinarán las resistencias a la compresión según la aplicación de un método de curado del concreto.

#### B. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de la investigación es descriptivo – comparativo, porque se compararán resultados del ensayo de resistencia a la compresión para probetas o testigos con diferentes métodos de curado y en diferentes edificaciones.

### 1.8.2. DISEÑOS Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

#### A. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño corresponde a una investigación descriptivo – comparativo, dado que se manipula la variable independiente en contexto natural para después analizarlos; es decir, se manipulo la variable en estudio. Así mismo, es de corte transversal, porque toma una instantánea de una población en un momento determinado, lo que permite extraer conclusiones.

#### B. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método para el presente caso de investigación es la de lógico – inductivo incompleto, porque se inicia de un caso particular y que los elementos del objeto de investigación no pueden ser numerados y estudiados en su totalidad, obligando al sujeto de investigación a recurrir a tomar una muestra representativa, que permita hacer generalizaciones.

## 1.9. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

### 1.9.1. POBLACIÓN

La población total de la presente investigación son las edificaciones en proceso de construcción de la ciudad de Juliaca, y será veinte edificaciones.

### 1.9.2. MUESTRA

La muestra de estudio se conformará por 4 edificaciones en proceso constructivo en las que se tomarán 08 muestras en cada una para aplicar 04 formas de curado es decir 02 muestras para cada caso, haciendo un total de 32 ensayos de prueba a la resistencia a la compresión del concreto, donde para determinar la muestra se utilizó el muestreo probabilístico a juicio del investigador debido a las características de estudio.

## 1.10. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 1.10.1. TÉCNICAS

#### a) Medición.

Se realizaron mediciones directas en campo, para lo cual se elaboraron fichas de monitoreo con la finalidad de contar con la lectura de datos in situ de los valores de pH de los efluentes de agua cruda y tratada según requería el caso.

#### b) Observación.

Se realizaron las observaciones correspondientes en campo, con respecto a la funcionalidad de sistema implementado y como también a los resultados obtenidos de los valores de pH en el sistema experimental de neutralización instalado.

### 1.10.2. INSTRUMENTOS

- a) Ensayo de resistencia a la compresión por medio de briquetas de concreto NORMA: NTP 339 - 034 y ASTM C – 39 AASHTO T-22.
- b) Ficha de Observación. Instrumento que permite el registro de los métodos de curado en campo, así como las observaciones durante los procedimientos realizados.

### 1.11. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE INVESTIGACIÓN

#### A. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación es importante debido a que nos permite tener una visión amplia acerca de los métodos del curado; ya que los que se han experimentado nos han permitido confirmar nuestra hipótesis de trabajo. El curado significa simplemente mantener el agua en el concreto donde pueda hacer su trabajo al combinarse químicamente con el cemento para que se transforme en un material adherente duro que ayude a desarrollar un concreto resistente y durable. Buen curado significa mantener el concreto húmedo y a 21°C (70°F) hasta que el concreto sea lo suficientemente resistente para hacer su trabajo. La práctica recomendada es un curado mínimo de 7 días para una temperatura ambiente por encima de los 4°C (50°F), o durante el tiempo necesario para obtener el 70% de la resistencia a la compresión o flexión especificado, cualquiera de los dos periodos que sea menor; lo que permitirá mejorar la calidad del concreto en las construcciones de la ciudad de Juliaca; mientras que un curado inapropiado puede fácilmente disminuir la resistencia del mejor concreto hasta en un 50%.

#### B. IMPORTANCIA

La presente investigación es de carácter muy importante y debe ser difundido debido a que en las autoconstrucciones con lleva ha edificaciones inadecuadas estructuralmente y por lo tanto la inversión no es retribuida con la función estructural para la que fue diseñada.



La calidad del concreto debe garantizarse con un correcto curado luego del vaciado y fraguado los que indican en los planos estructurales, cumpliéndose que la estructura se comportará adecuadamente ante las sollicitaciones de fuerzas externas (sismos), obteniendo en el tiempo buenos resultados en las edificaciones y que cumplan con el principio de seguridad.

### C. LIMITACIONES

Una de las grandes limitantes es que el área de conocimiento de la tecnología del concreto es amplia y de cambios e investigaciones constantes, por lo que los temas a investigar son puntuales en concepto y/o propiedad.

No se encontró experiencias similares en otros espacios geográficos, que sirvan como referencia para la presente investigación; ni de las entidades públicas ni de las ONGs competentes, y si se encontraron con este problema lo más probable es que lo hayan pasado por alto y no lo mencionan dentro de sus experiencias.

## CAPITULO II

### MARCO TÉORICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El Ing. Flavio, Abanto Castillo en una de sus publicaciones sobre tecnología del concreto, En su libro desarrolla sobre los métodos de curados.

El primer antecedente de los aditivos químicos modernos se encuentran en el empleo ocasional del sulfanato naftaleno, que fue utilizado en 1930 para actuar como dispersante en concretos con adiciones negro de humo, destinados a carriles de pavimentos que por su coloración pudieran llamar la atención de los conductores de vehículos.

Si bien en 1932 se registró una patente de los EE.UU. no se aplicó por su elevado costo y exceder los requerimientos de las construcciones de concreto de esa época.

#### 2.2 BASES TÉORICAS

##### 2.2.1 EL CONCRETO:

HISTORIA:

El empleo de los aglomerantes se remonta a través del tiempo hasta épocas muy antiguas la historia nos proporciona antecedentes de su utilización en construcciones famosas como por ejemplo

En las pirámides de Egipto donde se utilizó algún tipo de aglomerante para unir los inmensos bloques de piedra que se utilizaron, los romanos utilizaron con frecuencia el ladrillo partido como agregado en una mezcla de cal con polvo de estructuras, caminos acueductos, templos y palacios es decir a partir de los conocimientos del fuego que el hombre observa que al deshidratar algunas rocas y convertirlas en polvo, estos en contacto con el agua adquieren propiedades de aglomerantes aéreos .por muchos años no se lograba encontrar el material capaz de aglomerar con el contacto del agua (aglomerantes hidráulico) muchos años después John Aspdin un investigador francés, utilizando rocas de la Isla Portland logro obtener el cemento portland,

y su hijo W. Aspdin mejoro la calidad del material creando un horno de altas temperaturas donde se lograba la sintetización de las materia primas.

La industria del cemento se desarrolla en un mayor grado por los años 1900. Los antiguos peruanos tuvieron amplios conocimientos de ingeniería y sobre todo en astronomía, carreteras, construcciones de canales de irrigaciones construcción en piedra, no existe indicios que se haya conocido los materiales cementantes. El empleo de materiales cementantes de dos pisos, los cimientos eran de piedras grandes de rio y con mezclas de cal y arena también conocidas como calicanto.

En el mundo John Aspdin 1824, había patentado un proceso de calcinación de caliza arcillosa que producía un cemento que al hidratarse alcanzaba resistencias altas, en 1850 empieza a llegar al Perú los barriles de cemento desde Europa, la primera planta cementera se había instalado en Francia en 1840, luego en Inglaterra en 1845, en los EEUU en 1871.

En nuestro país al igual que en el mundo el cemento es el aglomerante más utilizado de ahí la importancia que el ingeniero civil conozca algunos métodos de evaluación y control de calidad.

#### GENERALIDADES:

El concreto es el material constituido por la mezcla de ciertas proporciones de cemento agua y agregados opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable y que posteriormente adquiere un consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes lo que lo hace un material ideal para la construcción.

De esta definición se desprende que se obtiene un producto hibrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original en consecuencia, `para poder dominar el uso de este material, hay que conocer no solo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componente y su interrelación ya que son en primera instancia los que confieren su particularidad.

Como cualquier material. Se contrae al bajar la temperatura, se dilata si esta aumentas, se ve afectado por sustancias agresivas y se rompe si es sometido a esfuerzos que superan sus posibilidades, por lo que responde perfectamente a las leyes físicas y químicas. Luego pues, la explicación a sus diversos comportamientos siempre responde a alguna de estas leyes; y la no obtención de los resultado esperados, se debe al desconocimiento de la manera como actual en el material, lo que constituye la utilización artesanal del mismo (por lo que el barco de la práctica si el timón de la ciencia nos lleva a rumbos que no se puede predecir ) o por que durante su empleo no se respetaron o se obviaron las consideraciones técnicas que nos da el conocimiento científico sobre él.

#### DEFINICIÓN DEL CONCRETO:

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

#### COMPONENTES DEL CONCRETO:

Los componentes esenciales del concreto son los siguientes:

**TABLA Nº 01  
COMPONENTES DEL CONCRETO**

<b>AIRE = 1% - 3%</b>
<b>CEMENTO = 7% - 15%</b>
<b>AGUA = 15% - 22%</b>
<b>AGREGADOS = 60% - 75%</b>

**FUENTE:** Tecnología del Concreto

## A. CEMENTO: DEFINICIÓN

Según la Norma Técnica Peruana, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, Es decir:

$$\text{Cemento Pórtland} = \text{Clinker Pórtland} + \text{Yeso}$$

El Clinker Portland es un producto semi acabado de forma de piedras negruzcas de tamaños de  $\frac{3}{4}$ " aproximadamente, obtenido de la calcinación de una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos en proporciones convenientes, hasta llegar a una fusión incipiente (Clinkerización) a 1450 °C. Está compuesto químicamente por Silicatos de calcio, aluminatos de calcio, ferroaluminatos de calcio y otros en pequeñas cantidades, los cuales se forman por la combinación del Óxido de Calcio (CaO) con los otros óxidos: dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

El Clinker Portland se enfría rápidamente y se almacena en canchas al aire libre.

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

## FABRICACIÓN DEL CEMENTO

Los dos materiales principales con los que se fabrica el cemento Portland son: un material calcáreo, tal como piedra caliza, conchas, greda o margas, y un material arcilloso (en el cual la sílice es el constituyente importante) tales como arcilla, pizarra o escoria de altos hornos. Algunas veces los materiales calcáreos y arcillosos se encuentran combinados en depósitos naturales. Debe mantenerse la dosificación de las materias primas en proporciones muy precisas.

Las materias primas, finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta principio de la fusión (alrededor de 1500°C), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200m de longitud y 5.50m de diámetro. Al material parcialmente fundido que sale del horno se le denomina "Clinker". El Clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que constituye el cemento Portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 ó 4 por ciento) para controlar las propiedades de fraguado. Para los cementos con aire incluido, el material necesario para impartir las propiedades del aire incluido, se añade durante la molienda del Clinker.

## **MATERIAS PRIMAS DEL CEMENTO PORTLAND**

Las principales materias primas necesarias para la fabricación del cemento Portland son:

- a) **Materiales calcáreos:** Deben tener un adecuado contenido de carbonato de calcio ( $\text{Co}_3\text{Ca}$ ) que será entre 60% a 80%, y no deberá tener más de 1.5% de magnesia. Aquí tenemos a las margas, cretas y calizas en general estos materiales suministran el óxido de calcio o cal.
- b) **Materiales arcillosos:** Deben contener sílice en cantidad entre 60% y 70%. Estos materiales proveen el dióxido de silicio o sílice y también el óxido de aluminio o atúnina, aquí tenemos a las pizarras, esquistos y arcillas en general
- c) **Minerales de fierro:** Suministran el óxido férrico en pequeñas cantidades. En algunos casos éstos vienen con la arcilla.
- d) **Yeso:** Aporta el sulfato de calcio.

**Nota:** El yeso se añade al Clinker para controlar (retardar y regular) la fragua. Sin el yeso, el cemento fraguaría muy rápidamente debido a la hidratación violenta del aluminato tricálcico y el ferro aluminato tetracálcico.

## **COMPOSICIÓN QUÍMICA**

### **a) Componentes Químicos**

Los componentes químicos del cemento Portland se expresan por el contenido de óxidos, en porcentajes. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de éstos del 95% al 97%. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia.

### b) Compuestos Químicos

Los compuestos químicos formados por la combinación de los óxidos entre si por la cocción a altas temperaturas. Los principales compuestos que constituyen aproximadamente el 95% del cemento, también se presentan en menores cantidades, otros compuestos secundarios.

**TABLA N° 02**  
**COMPUESTOS QUÍMICOS DEL CEMENTO**

DESIGNACION	FORMULA	ABREVIATURA	PORCENTAJE
Silicato tricálcico	$3CaO.SiO_2$	C3S	30% a 50%
Silicato dicálcico	$2CaO.SiO_2$	C2S	15% a 30%
Aluminato	$3CaO.A1_2O_3$	C3A	4% a 12%
Ferro aluminato	$4CaO.A1_2O_3.Fe_2O_3$	C4AF	8% a 13%
Cal libre	CaO		
Magnesia libre (Periclusa)	MgO		

FUENTE: Manual de la Tecnología del Concreto

### PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS PRINCIPALES

#### a) El silicato tricálcico, C3S

Se hidrata y endurece rápidamente y es responsable en gran medida del fraguado inicial y de la resistencia temprana. En general la resistencia temprana del concreto de cemento portland es mayor con porcentajes superiores de C3S.

- Es el más importante de los compuestos del cemento
- Determina la rapidez o velocidad de fraguado
- Determina la resistencia inicial del cemento

- El calor de hidratación es equivalente a 120 cal/gr. Este compuesto tiene mucha importancia en el calor de hidratación de los cementos
- Contribuye una buena estabilidad de volumen
- Contribuye a la resistencia al intemperismo

#### **b) El silicato dicálcico c2s**

Se hidrata y endurece lentamente y contribuye en gran parte al incremento de resistencia a edades mayores de una semana.

- Es el segundo en importancia
- Endurece con lentitud
- Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo (después de prolongado endurecimiento)
- El valor de hidratación es equivalente a 63 cal/gr
- Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al C3S
- Su contribución a la estabilidad de volumen es regular

#### **c) El aluminato tricalcico c3a**

Libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento. También contribuye levemente al desarrollo de la resistencia temprana. El yeso, que se agrega al cemento durante la molienda final, retrasa la velocidad de hidratación del C3A. Sin el yeso, un cemento que contuviera C3A fraguaría rápidamente. Los cementos con bajos porcentajes de C3A son particularmente resistentes a los suelos y aguas que contienen sulfatos.

- Es el primero en hidratarse, o sea fragua con mucha rapidez (hidratación violenta)
- Tiene poca resistencia mecánica (no incide en la resistencia a la compresión)
- Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo)
- Tiene mala estabilidad de volumen



- Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos.
- Calor de hidratación equivalente a 207 cal /gr

#### **d) El aluminio ferrito tetracálcico, C4AF,**

Reduce la temperatura de formación del clinker, ayudando por tanto a la manufactura del cemento. Se hidrata con cierta rapidez pero contribuye mínimamente a la resistencia. La mayoría de efectos de color se debe al C4AF y a sus hidratos.

- Tiene relativa trascendencia en la velocidad de hidratación (es relativamente rápida)
- El calor de hidratación es equivalente a 100 caUgr (moderado)
- En la resistencia mecánica no está definida su influencia
- La estabilidad de volumen es mala
- Nota: El Silicato Tricálcico (C3S) y el Silicato Dicálcico (C2S) constituye el 75% del cemento. Por eso la resistencia mecánica se debe a éstos dos compuestos.

### **PROPIEDADES DEL CEMENTO**

#### **a) Finura o Fineza**

Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en  $\text{m}^2/\text{kg}$ . En el laboratorio existen 2 ensayos para determinarlo

- Permeabilímetro de Blaine
- Turbidímetro de Wagner

**Importancia:** A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen..

#### **b) Peso Específico**

Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm<sup>3</sup>. En el laboratorio se determina por medio de:

Ensayo del Frasco de Le Chatelier (NTP 334.005)

Método de Ensayo para Determinar la Densidad del Cemento Portland (Peso Específico)

**Importancia:** Usado en diseño de mezclas

### **c) Tiempo de Fraguado**

Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de Fraguado Inicial y El tiempo de Fraguado Final. En el laboratorio existen 2 métodos para calcularlo

- Agujas de Vicat : NTP 334.006 (97)  
Método de Ensayo para la Determinación del Tiempo de Fraguado del Mortero de Cemento Portland con Aguja Vicat Modificada
- Agujas de Gillmore : NTP 334.056(97)  
Método de ensayo para determinar los tiempos de fraguado de pasta de cemento portland por medio de las agujas de Gillmore. 2a. Ed.

**Importancia:** Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros.

### **d) Estabilidad de Volumen**

Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos, se expresa en %. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo en Autoclave: NTP 334.004 (99)

### **e) Resistencia a la Compresión**

Mide la capacidad mecánica del cemento. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en Kg/cm<sup>2</sup>. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo de compresión en probetas cúbicas de 5 cm (con mortero cemento-arena normalizada): NTP 334.051 (98)

Se prueba a diferentes edades : 3,7,14,21 y 28 días.

**Importancia:** Propiedad que decide la calidad de los cementos

#### **f) Contenido de aire**

Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total En el laboratorio se determina mediante:

- Pesos y volúmenes absolutos de mortero C-A en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048 (97)

**Importancia:** Concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5% por cada 1 %)

#### **g) Calor de Hidratación**

Mide el calor desarrollado por la reacción exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo del Calorímetro de Langavant o el de la Botella Aislante. Se emplea morteros estándar: NTP 334.064

### **TIPOS DE CEMENTO**

#### **a) Cementos Portland sin adición**

Constituidos por Clinker Portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las Normas Técnicas:

- **Tipo I:** Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo
- **Tipo II:** Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación
- **Tipo III:** Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales
- **Tipo IV:** Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación
- **Tipo V:** Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

#### **b) Cementos Pórtland Adicionados**

Contienen además de Clinker Pórtland y Yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento. (Ej.: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire).

Aquí tenemos según Normas técnicas:

- Cementos Portland Puzolánicos (NTP 334.044)
- Cemento Pórtland Puzolánico Tipo IP: Contenido de puzolana entre 15% y 40%.
- Cemento Pórtland Puzolánico Modificado Tipo I (PM): Contenido de puzolana menos de 15%.
- Cementos Pórtland de Escoria ( NTP 334.049 )
- Cemento Pórtland de Escoria Tipo IS : Contenido de escoria entre 25% y 70%
- Cemento Pórtland de Escoria Modificado Tipo I(SM) : Contenido de escoria menor a 25%
- Cementos Pórtland Compuesto Tipo 1 (Co) (NTP 334.073): Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Pórtland y materiales calizos (travertino), hasta un 30% de pesa

- Cemento de Albañilería (A) (NTP 334.069): Cemento obtenido por la pulverización de Clinker Pórtland y materiales que mejoran la plasticidad y la retención de agua.
- Cementos de Especificaciones de la Performance (NTP 334.082): Cemento adicionado para aplicaciones generales y especiales, donde no existe restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos específicos: Alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos, calor de hidratación  
Sus tipos son:
  - GU: De uso general. Se usa para cuando no se requiera propiedades especiales
  - HH : De alta resistencia inicial
  - MS : De moderada resistencia a los sulfatos
  - HS : De alta resistencia a los sulfatos
  - MH: De moderado calor de hidratación
  - LH : De bajo calor de hidratación
  - En el Perú, actualmente tenemos las siguientes empresas cementeras:

**TABLA Nº 03**  
**FABRICAS DE CEMENTO EN EL PERÚ**

NOMBRE	UBICACIÓN
Cementos Lima S A	Atocongo – Lima
Cementos Pacasmayo S A A	Pacasmayo - La Libertad
Cemento Andino S A	Condorcocha - Tarma ( Junin )
Yura SA	Yura – Arequipa
Cemento Sur S A	Caracoto - Juliaca ( Puno )
Cemento Rioja	Pucallpa – Ucayali

**FUENTE:** Tópicos del Concreto

**Nota:** El cemento en el Perú se comercializa en bolsas de 42.5 kg. Las bolsas son de papel tipo Klupac, entre 2 a 4 según el caso.

La **capacidad** instalada (Tn/Alío), así como los mercados de cada uno de estas fábricas de cemento se muestra a continuación:

**TABLA N° 04**  
**FÁBRICAS DE CEMENTO Y SU CAPACIDAD EN EL PERÚ**

<b>EMPRESA</b>	<b>CAP. INST.</b>	<b>MERCADO</b>
Cementos Lima S A	4'300,000	Lima. Callao. Ica Ancash
Cementos Pacasmayo S A A	2'300,000	La Libertad, Amazonas. Cajamarca, Lambayeque, Piura, Tumbes. Ancash
Cemento Andino S A	1'060,000	Lima, Callao, Junín, Huancavelica, Páseo, Loreto, Ucayali, San Martín. Ayacucho
Yura SA	600,000	Arequipa, Moquegua, Tacna, Apurímac
Cemento Sur S A	155,000	Puno, Cusco, Apurímac, Madre de Dios. Moquegua, Tacna

**FUENTE:** Tópicos del Concreto

En relación a los tipos de cementos por empresa producidos actualmente en el Perú, tenemos:

**TABLA N° 05**  
**TIPOS DE CEMENTOS EN EL PERÚ**

Cementos Lima S A	Sol 1, Sol II, Atlas II'
Cementos Pacasmayo S A A	Pacasmayo I, Pacasmayo II, Pacasmayo V, Pacasmayo MS, Pacasmayo IP, Pacasmayo ICo
Cemento Andino S A	Andino 1, Andino II, Andino V, Andino II'M
Yura SA	Yura I, Yura II', Yura II'M, Cemento de Albañilería
Cemento Sur S A	Rumi 1, Rumi II, Rumi V, Rumi II'M
Cemento Rioja S.A.	Cemento Pórtland Tipo II'M

**FUENTE:** Tópicos del Concreto

## **USOS Y APLICACIONES DE LOS CEMENTOS PORTLAND**

### **a) Cementos Pórtland estándar (Sin adición)**

- **Tipo I:** Para construcciones de concreto y mortero en general, donde no se requiera propiedades específicas
- **Tipo II:** En obras donde se requiera resistencia moderada a la acción de los sulfatos y/o moderado Calor de hidratación y reducción de agrietamientos (consecuencia de la hidratación del cemento). Se recomienda en edificaciones. Estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general a todas aquellas obras que soportan la acción de suelos ácidos y/o aguas subterráneas
- **Tipo III:** Para obras que requiera alta resistencia inicial (adelanto de la puesta en servicio) y también en obras de zonas frías
- **Tipo IV:** Para obras donde se requiera bajo Calor de Hidratación, caso de represas, centrales hidroeléctricas y obras de grandes masas de concreto.
- **Tipo V:** Además de las cualidades del Tipo II, es recomendado para obras donde se requiera elevada resistencia a los sulfatos. Es el caso de obras portuarias expuesta al agua de mar También en canales, alcantarillas, túneles, suelos con alto contenido de sulfatos.

#### **b) Cementos Pórtland Adicionados**

- **Tipo IP y IPM :** En general, para uso similar al del Tipo 1, especialmente en obras de masivas y en donde se recibe ataques de aguas agresivas, aguas negras, en cimentaciones en todo terreno, en obras sanitarias, trabajos de albañilería, pre-fabricados, baldosas y adoquines, fabricación de bloques de albañilería.
- **Tipo MS:** Más resistente a la agresión química, se puede utilizar en estructuras en ambientes y suelos húmedos - salitrosos, para estructuras en cimientos y pisos.

- **Tipo ICo** : Corresponde al cemento tipo 1 mejorado con mayor plasticidad, se puede utilizar en obras de concreto y de concreto armado en general, morteros en general, especialmente para tarrajeo y asentado de unidades de albañilería, pavimentos y cimentaciones

## **B. AGREGADOS:**

### **DEFINICIÓN**

Llamados también áridos, son un conjunto de partículas de origen natural o artificial; que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma Técnica Peruana 400.011.

Los agregados pueden constituir hasta las tres cuartas partes en volumen, de una mezcla típica de concreto; razón por la cual haremos un análisis minucioso y detenido de los agregados utilizados en la zona.

Los agregados deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

- a) Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m<sup>3</sup>) deberán cumplir con los requisitos de la NTP 400.037 o de la Norma ASTM C 33, así como los de las especificaciones del proyecto.
- b) Los agregados finos y gruesos deberán ser manejados como materiales independientes. Si se emplea con autorización del Proyectista, el agregado integral denominado "hormigón" deberá cumplir como lo indica la Norma E.060.
- c) Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados manipulados, almacenados y dosificados de manera tal de garantizar:
  - Que la pérdida de finos sea mínima;
  - Se mantendrá la uniformidad del agregado;
  - No se producirá contaminación con sustancias extrañas;
  - No se producirá rotura o segregación importante en ellos.



- d) Los agregados expuestos a la acción de los rayos solares deberán, si es necesario, enfriarse antes de su utilización en la mezcladora.

Si el enfriamiento se efectúa por aspersión de agua o riego, se deberá considerar la cantidad de humedad añadida al agregado a fin de corregir el contenido de agua de la mezcla y mantener la relación agua - cemento de diseño seleccionada.

Dependiendo de sus dimensiones la Norma Técnica Peruana, clasifica y denomina a los agregados en:

### **AGREGADO FINO**

Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm. (3/8") y queda retenido en el tamiz 74  $\mu$ m (Nº200) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

El agregado fino deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- a) El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente.
- b) El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas.
- c) El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la NTP 400.037. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:
- d) La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas Nº4, Nº8, Nº16, Nº30, Nº50 y Nº100 de la serie de Tyler.
- e) El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.

- f) En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites: NTP 400.037

**TABLA Nº 06**  
**PORCENTAJES PERMISIBLES DEL AGREGADO FINO**

<b>MALLA</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA</b>
3/8"	100
Nº4	95-100
Nº8	80-100
Nº16	50-85
Nº30	25-60
Nº50	10-30
Nº100	2-10

**FUENTE:** Tesis "Manual del Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto"

El porcentaje indicado para las mallas Nº50 y Nº100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente, si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado que contenga más de 225 kgs de cemento por metro cúbico, o si se emplea un aditivo mineral para compensar la deficiencia en los porcentajes mencionados.

- a) El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de  $\pm 0.2$  del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.35 y 3.15. Si excede el límite indicado de  $\pm 0.2$ , el agregado podrá ser rechazado por la Inspección, o alternativamente ésta podrá autorizar ajustes en las proporciones de la mezcla para compensar las variaciones en la granulometría. Estos ajustes no deberán significar reducciones en el contenido de cemento.
- b) El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica cuando ella es determinada de acuerdo a los requisitos de la NTP 400.013.

Podrá emplearse agregado fino que no cumple con los requisitos de la norma indicados siempre que:

- a) La coloración en el ensayo se deba a la presencia de pequeñas partículas de carbón, lignito u otras partículas similares; o
- b) Realizado el ensayo, la resistencia a los siete días de morteros preparados con dicho agregado no sea menor del 95% de la resistencia de morteros similares preparados con otra porción de la misma muestra de agregado fino previamente lavada con una solución al 3% de hidróxido de sodio.

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites:

- a) Lentas de arcilla y partículas desmenuzables.....3.0%
- b) Material más fino que la Malla N°200:
  - Concretos sujetos a abrasión.....3.0%
  - Otros concretos.....0.5%
- c) Carbón:
  - Cuando la apariencia superficial del concreto es importante.....0.5%
  - Otros Concretos.....1.0%

Finalmente, la granulometría deberá corresponder a la gradación C de la siguiente tabla (similar a la normalizada por el ASTM).

## GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO, NTP 400.037

TABLA N° 07

### GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

TAMIZ	PORCENTAJE DE PESO (MASA) QUE PASA				
	LIMITES TOTALES	*c	m	F	
9.5 (3/8) mm	100	100	100	100	
4.75 (N°4) mm	89 – 100	95 – 100	89 – 100	89 – 100	
2.36 (N°8) mm	65 – 100	80 – 100	65 – 100	80 – 100	
1.18 (N°16) mm	45 – 100	50 – 85	45 – 100	70 – 100	
600 (N°30) um	25 – 100	25 – 60	25 – 80	55 – 100	
300 (N°50) um	5 – 70	10 – 30	5 – 48	5 – 70	
150 (N°100) um	0 – 12	2 – 10	0 - 12*	0 – 12	

FUENTE: Manual De La Tecnología Del Concreto

\* Incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos.

### AGREGADO GRUESO

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm. (N° 4) y cumple los límites establecidos en la NTP 400.037.

El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial.

El agregado grueso deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- a) Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

- b) Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- c) Es recomendable tener en consideración lo siguiente: Según NTP400.037 ó la Norma ASTM C33
- La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.
  - La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
  - La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".

El agregado grueso debería estar graduado dentro de los límites especificados en la NTP 400.037, tal como sigue:

## REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO

**TABLA N° 08**  
**REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO**

A.S.T. M	NOMINA L	% que pasa por los tamices normalizados													
		100 m m	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25 mm	19 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	
		4"	3.5"	3"	2.5"	2"	1.5"	1"	¾"	½"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5						
2	2 1/2" a 1 1/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	2" a 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
357	2" a Nº4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	1 1/2" a ¾"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5				
467	1 1/2" a Nº4					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	1" a ½"						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	1" a 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	1" a Nº4						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	¾" a 3/8"							100	90 a 10	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	¾" a Nº4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	½" a Nº4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
9	3/8" a Nº8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	

FUENTE: Manual de Tecnología de Concreto

d) Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño nominal máximo del agregado grueso sea el mayor que pueda ser económicamente disponible, siempre que él sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. Se considera que, en ningún caso el tamaño nominal máximo del agregado no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o
- Un tercio del peralte de las losas; o
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzos; paquetes de barras; torones; o ductos de pres fuerza.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura; se podrá con autorización de la Inspección reducir el tamaño nominal máximo del agregado grueso, siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad y se cumpla con el asentamiento requerido, y se obtenga las propiedades especificadas para el concreto.

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder de los siguientes valores:

- Arcilla .....0.25%
- Partículas deleznales.....5.00%
- Material más fino que pasa la malla N ° 200.....1.00%
- Carbón y lignito:
- Cuando el acabado superficial del concreto es de importancia.....0.50%
- Otros concretos .....1.00%

El agregado grueso cuyos límites de partículas perjudiciales excedan a los indicados, podrá ser aceptado siempre que en un concreto preparado con agregado de la misma procedencia; haya dado un servicio satisfactorio cuando ha estado expuesto de manera similar al estudiado; o en ausencia de un registro de servicios siempre que el concreto preparado con el

agregado tenga características satisfactorias, cuando es ensayado en el laboratorio.

El agregado grueso empleado en concreto para pavimentos, en estructuras sometidas a procesos de erosión, abrasión o cavitación, no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión realizado de acuerdo a la NTP 400.019 ó NTP 400.020, ó a la Norma ASTM C 131.

El lavado de las partículas de agregado grueso se deberá hacer con agua preferentemente potable. De no ser así, el agua empleada deberá estar libre de sales, materia orgánica, o sólidos en suspensión.

## **ARENA**

La NTP 400.011 define a la arena como el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas.

También se define la arena como el conjunto de partículas o granos de rocas, reducidas por fenómenos mecánicos, naturales acumulados por los ríos y corrientes acuíferas en estratos aluviales y médanos o que se forman en in-situ por descomposición; o el conjunto de piedras producidas por acción mecánica artificial, las primeras son las arenas naturales; y las segundas, las arenas artificiales.

Se clasifican según la “Comisión de Normalización” de la Sociedad de Ingenieros del Perú como sigue:

- |                |      |   |      |     |
|----------------|------|---|------|-----|
| - Arena Fina   | 0.05 | a | 0.50 | mm. |
| - Arena Media  | 0.50 | a | 2.00 | mm. |
| - Arena gruesa | 2.00 | a | 5.00 | mm. |

## **GRAVA**

La NTP 400.011 define a la grava como el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándoseles



corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

### **PIEDRA TRITURADA O CHANCADA**

La NTP 400.011 define como el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

### **HORMIGON**

La NTP 400.011 define al hormigón como al material compuesto de grava y arena empleado en forma natural de extracción.

En lo que sea aplicable, se seguirá para el hormigón las recomendaciones correspondientes a los agregados fino y grueso.

El hormigón deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica, u otras sustancias dañinas para el concreto. Su granulometría deberá estar comprendida entre la malla de 2" como máximo y la malla N°100 como mínimo.

El hormigón deberá ser manejado, transportado y almacenado de manera tal de garantizar la ausencia de contaminación con materiales que podrían reaccionar con el concreto.

El hormigón deberá emplearse únicamente en la elaboración de concretos con resistencias en compresión, hasta de 100 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. El contenido mínimo de cemento será 255 kg/m<sup>3</sup>.

### **TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO**

La NTP 400.011 lo define como la abertura de la malla del tamiz que indica la Norma de malla menor, por lo cual el agregado grueso pasa del 95% al 100%.

## **MODULO DE FINEZA**

El denominado módulo de fineza, representa un tamaño promedio ponderado de la muestra de arena, pero no representa la distribución de las partículas.

Es un factor empírico obtenido por la suma dividida por cien de los porcentajes retenidos acumulados de los siguientes tamices NTP: 149 um (Nº 100), 297 um (Nº 50), 595um (Nº 30), 1.19mm (Nº 16), 2.38 mm (Nº 8), 4.76 mm (Nº4), 9.51 mm (3/8”), 19.00mm (3/4”), 38.1mm (11/2”), 76.2 mm (3”) y mayores incrementando en la relación de 2 a 1.

Nota.- Para el cálculo del módulo de fineza del agregado fino, se tomará sólo hasta el tamiz 9.51 mm(3/8”), según la NTP 400.011.

En la apreciación del módulo de fineza, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

## **MATERIAL QUE PASA Y MATERIAL RETENIDO**

La NTP 400.011 considera que un agregado “pasa” por un tamiz, siempre que éste no retenga más de un 5% en peso del material tamizado. Se dice que un agregado es “retenido” por un tamiz cuando éste no deja pasar más de un 5% en peso del material tamizado.

## **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.021 - NTP 400.022)**

### **PESO ESPECÍFICO**

El peso específico de los agregados es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que para bajos valores generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles.

## **PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022)**

La presente norma establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado fino.

Las definiciones que se sugieren en la presente norma son:

### **PESO ESPECÍFICO**

Es la relación a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas.

### **PESO ESPECÍFICO APARENTE**

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire, de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el material es un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

### **PESO ESPECÍFICO DE MASA**

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

### **PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO**

Es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

Nota: El peso específico anteriormente definido está referido a la densidad del material, conforme al Sistema Internacional de Unidades.

### **PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021)**

Es la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

### **ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022)**

La presente norma, establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de absorción (después de 24 horas en el agua).

Podemos definir la absorción, como la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas. Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco.

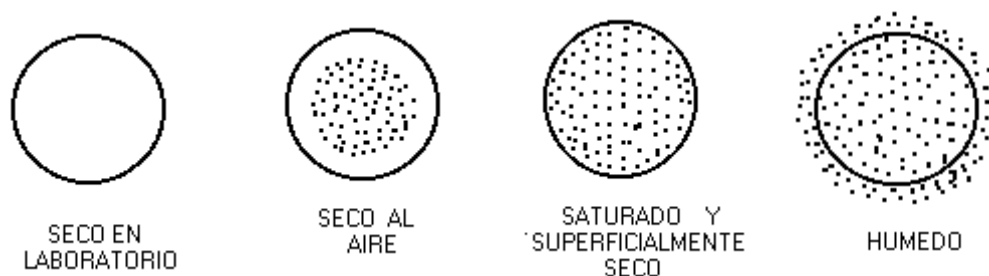
La absorción del agregado grueso se determina por la NTP 400.021.

### **CONTENIDO DE HUMEDAD (Ntp 400.010)**

La presente norma, establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad del agregado fino y grueso.

Los agregados se presentan en los siguientes estados: seco al aire, saturado superficialmente seco y húmedos; en los cálculos para el proporcionamiento de los componentes del concreto, se considera al agregado en condiciones de saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial.

Los estados de saturación del agregado son como sigue:



### **PESO VOLUMÉTRICO UNITARIO (NTP 400.017)**

La norma establece el método para determinar el peso unitario de agregados finos y gruesos.

Se denomina peso volumétrico del agregado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y para convertir cantidades en volumen y viceversa, cuando el agregado se maneja en volumen.

### **FORMA Y TEXTURA SUPERFICIAL**

La forma y textura de las partículas de agregados influyen grandemente en los resultados a obtenerse en las propiedades del concreto. Existiendo un efecto de anclaje mecánico que resulta más o menos favorable en relación con el tamaño, la forma, la textura superficial y el acomodo entre ellas, también se producen fenómenos de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, condicionados por estos factores; que contribuyen en el comportamiento de resistencia y durabilidad del concreto.

### **FORMA**

Por naturaleza los agregados tienen una forma irregularmente geométrica, compuesta por combinaciones aleatorias de caras redondeadas y angularidades.

Bryan Mather establece que la forma de las partículas está controlada por la redondez o angularidad y la esfericidad, dos parámetros relativamente independientes.

En términos meramente descriptivos, la forma de los agregados se define en:

- Angular : Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- Subangular : Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
- Subredondeada : Bordes casi eliminados.
- Muy redondeadas: Sin caras ni bordes.

La esfericidad resultante de agregados procesados, depende mucho del tipo de chancado y la manera como se opera.

La redondez está más en función de la dureza y resistencia al desgaste de la abrasión.

Los agregados con forma equidimensional producen un mejor acomodo entre partículas dentro del concreto, que los que tienen forma plana o alargada y requieren menos agua, pasta de cemento, o mortero para un determinado grado de trabajabilidad del concreto.

### **TEXTURA**

Representa qué tan lisa o rugosa es la superficie del agregado. Es una característica ligada a la absorción, pues los agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos; además que producen concretos menos plásticos pues se incrementan la fricción entre partículas dificultando el desplazamiento de la masa.

### **AGUA:**

#### **PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA DE MEZCLADO.**

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto.

Las impurezas excesivas en el agua no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de

eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad.

Permitir que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que:

En estado no endurecido faciliten La adecuada manipulación y colocación de la misma; y en estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad, se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozcan que pueden ser utilizadas en la preparación del concreto.

Debe recordarse, no todas las aguas inadecuadas para beber son inconvenientes para preparar concreto. En general, dentro de las limitaciones, el agua de mezclado deberá estar libre de sustancias colorantes, aceites y azúcares.

El agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, apariencia del concreto, o sobre los elementos metálicos embebidos en éste.

## **REQUISITOS DE CALIDAD**

El agua que a de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va. a emplearse.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

**TABLA N° 09**  
**LÍMITES PERMISIBLES PARA EL AGUA DE MEZCLA Y CURADO SEGÚN LA**  
**NORMA NTP 339.088**

DESCRIPCIÓN		LÍMITE PERMISIBLE	
Sólidos en suspensión	5,000	ppm	Máximo
(residuo Disoluble)	3	ppm	Máximo
Materia Orgánica			
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos ( ión S <sub>04</sub> )	600	ppm	Máximo
Cloruros ( ión Cl <sup>-</sup> )	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8		Máximo

**FUENTE:** Manual de Tecnología del Concreto

Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de hierro, expresado en ión férrico, será de 1 ppm.

El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.

Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de Laboratorio, deberá ser aprobada por la Supervisión.

La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basará en resultados en los que se ha utilizado en la preparación del concreto con el agua de la fuente elegida.

### **UTILIZACIÓN DE AGUAS NO POTABLES**

Cuando el agua a ser utilizada no cumpla con uno o varios de los requisitos indicados en la tabla anterior, se deberá realizar ensayos comparativos empleando el agua en estudio y agua destilada o potable, manteniendo similitud de materiales y procedimientos. Dichos ensayos se realizarán, de preferencia, con el mismo cemento que será usado. Dichos ensayos incluirán la determinación del tiempo de fraguado de las pastas y la resistencia a la compresión de morteros a edades de 7 y 28 días.



El tiempo de fraguado no es necesariamente un ensayo satisfactorio para establecer la calidad del agua empleada ni los efectos de la misma sobre el concreto endurecido. Sin embargo, la Norma NTP 339.084 acepta que los tiempos de fraguado inicial y final de la pasta preparada con el agua en estudio podrán ser hasta 25% mayores o menores, respectivamente, que los correspondientes a las pastas que contienen el agua de referencia.

Los morteros preparados con el agua en estudio y ensayados de acuerdo a las recomendaciones de la Norma ASTM C 109 deben dar a los 7 y 28 días, resistencias a la compresión no menor del 90% de la de muestras similares preparadas con agua potable. Es recomendable continuar los estudios a edades posteriores para certificar que no se presentan reducciones de la resistencia.

Cuando la concentración de sales, especialmente cloruros exceda los límites indicados en estas recomendaciones, se efectuarán ensayos de resistencia a la compresión a edades de 180 y 365 días.

No se permitirá en concretos pre-esforzados el empleo de aguas que superen los límites de sales especificados.

Ni el olor ni el sabor son índices de la calidad del agua.

Tampoco lo son los resultados de los ensayos de estabilidad de volumen.

Podrá utilizarse, previa autorización de la Supervisión, aguas no potables si, además de cumplir los requisitos anteriores se tiene que:

- ✓ Las impurezas presentes en el agua no alteran el tiempo de fraguado, la resistencia, durabilidad, o estabilidad de volumen del concreto; ni causan eflorescencias, ni procesos corrosivos en el acero de refuerzo.
- ✓ El agua es limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica, o sustancias que pueden ser dañinas al concreto, acero de refuerzo, acabados o elementos embebidos.
- ✓ La selección de las proporciones de la mezcla se basará en los resultados de ensayos de resistencia en compresión de concretos en cuya preparación se ha utilizado agua de la fuente elegida.

Sobre esta base se ha determinado que algunas aguas aparentemente inconvenientes no dan necesariamente un efecto dañino en el concreto. De acuerdo a los criterios expresados y previa realización de los ensayos correspondientes, las siguientes aguas podrían ser utilizadas en la preparación del concreto:

- ✓ Aguas de pantano y ciénaga, siempre que la tubería de toma esté instalada de manera tal que queden por lo menos 60 cm de agua por debajo de ella, debiendo estar la entrada de una rejilla o dispositivo que impida el ingreso de pasto, raíces, fango, barro o materia sólida.
- ✓ Agua de arroyos y lagos.
- ✓ Aguas con concentración máxima de 0.1% de  $SO_4^{2-}$
- ✓ Agua de mar, dentro de las limitaciones que en la sección correspondiente se indican.
- ✓ Aguas alcalinas con un porcentaje máximo de 0.15% de sulfates o cloruros.

## **AGUAS PROHIBIDAS**

Está prohibido emplear en la preparación del concreto:

- ✓ Aguas ácidas.
- ✓ Aguas calcáreas; minerales; carbonatadas; o naturales
- ✓ Aguas provenientes de minas o relaves Aguas que contengan residuos industriales
- ✓ Aguas con un contenido de cloruro de sodio mayor del 3%; o un contenido de sulfato mayor del 1%.
- ✓ Aguas que contengan algas: materia orgánica: humus; partículas de carbón; turba; azufre; o descargas de desagües.
- ✓ Aguas que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos. Aguas que contengan azúcares o sus derivados.
- ✓ Aguas con porcentajes significativos de sales de sodio o potasio disueltos, en especial en todos aquellos casos en que es posible la reacción álcali-agregado.

## LIMITACIONES

Las sales u otras sustancias dañinas que puedan estar presentes en los agregados y/o aditivos, deberán sumarse a la cantidad que pudiera aportar el agua d: mezclado a fui de evaluar el total de sustancias inconvenientes que pueden ser dañinas al concreto, el acero de refuerzo, o los elementos metálicos embebidos.

El agua empleada en la preparación del concreto para elementos pre esforzados, o en concretos que tengan embebidos elementos de aluminio o de fierro galvanizado, incluyendo la porción del agua de la mezcla con la que contribuyen la humedad libre del agregado o las soluciones de aditivos, no deberá contener cantidades de ión cloruro mayores del 0.6% en peso del cemento

La suma total de las cantidades de ión cloruro presentes en el agua, agregados y aditivos, no deberá nunca exceder, expresada en porcentajes en peso del cemento, de los porcentajes indicados a continuación:

**TABLA N° 10**  
**PORCENTAJE DE IÓN CLORURO MÁXIMO SEGÚN EL TIPO DE CONCRETO**

<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Concreto pre esforzado	0.06%
Concreto armado con elementos de aluminio o fierro galvanizado	0.06%
Concreto armado expuesto a la acción de cloruros	0.10%
Concreto armado sometido a un ambiente húmedo pero no expuesto a cloruros	0.15%
Concreto armado seco o protegido de la humedad durante su vida por medio de un recubrimiento impermeable	0.80%

**FUENTE:** Manual de Tecnología del Concreto

## REQUISITOS DEL COMITÉ 318 DEL ACI

- ✓ El agua empleada en el mezclado del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o el refuerzo.
- ✓ El agua de mezclado para concreto premezclado o para concreto que deberá contener elementos de aluminio embebidos, incluida la porción del agua de mezclado que es contribuida en forma de agua libre sobre el agregado, no deberá contener cantidades peligrosas de ión cloruro.
- ✓ No deberá emplearse en el concreto: aguas no potables, salvo que las siguientes condiciones sean satisfechas.
- ✓ La selección de las proporciones del concreto deberá basarse en mezclas de concreto en las que se ha empleado agua de la misma fuente.
- ✓ Los cubos de ensayo de morteros preparados con aguas de mezclado no potables deberán tener a los 7 y 28 días resistencias iguales a por lo menos el 90% de la resistencia de especímenes similares preparados con agua potable. Los ensayos de comparación de resistencia deberán ser preparados con morteros, idénticos con excepción del agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la Norma ASTM C 109 "Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar" (Empleando especímenes cúbicos de 2" ó 50 mm).

## **OBSERVACIONES**

- ✓ Casi todas las aguas naturales que son bebibles (potables) y que no tienen olor o sabor pronunciados, son satisfactorias para ser empleadas como aguas de mezclado en la preparación del concreto. Las impurezas, cuando son excesivas pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto, y la estabilidad de volumen (cambios de longitud, sino que también pueden causar eflorescencias o corrosión del refuerzo. Cuando ello sea posible, las aguas con altas concentraciones de sólidos disueltos deberán ser evitadas.
- ✓ Las sales u otras sustancias peligrosas, con las que contribuyen los agregados o aditivos. deben ser añadidas al volumen que puede ser

contenido en el agua de mezclado. Estos volúmenes adicionales deben ser considerados en la evaluación de la aceptación de las impurezas totales que pueden ser peligrosas para el concreto o acero.

## **ALMACENAMIENTO**

El agua a emplearse en la preparación del concreto se almacenará, de preferencia, en tanques metálicos. Se tomarán las precauciones que eviten su contaminación. No es recomendable almacenar el agua de mar en tanques metálicos.

## **MUESTREO**

El muestreo del agua de mezclado se efectuará de acuerdo en lo indicado en la Norma NTP 339,0 70 ó ASTM D 75. Se tendrá en consideración que:

- ✓ La Supervisión determinará la frecuencia de la toma de muestras.
- ✓ Las muestras remitidas al Laboratorio serán representativas del agua tal como será empleada. Una sola muestra de agua puede NO ser representativa si existen variaciones de composición en función del tiempo como consecuencia de las variaciones climáticas u otros motivos.
- ✓ Si se duda de la representatividad de la muestra, se deberán tomar muestras periódicas a distintas edades y días o, a la misma hora en distintos lugares, igualmente cuando se presume que haya variado la composición del agua.
- ✓ Cada muestra tendrá un volumen mínimo de 5 litros, se envasarán en recipientes de plástico o vidrio incoloro, perfectamente limpios cerrados herméticamente.

## **ENSAYOS**

El agua se ensayará de acuerdo a lo indicado en la Norma NTP 339.088, iniciado el proceso de construcción no son necesarios nuevos ensayos a intervalos regulares salvo que:

- ✓ Las fuentes de suministro sean susceptibles de experimentar variaciones apreciables entre la estación seca y la húmeda.

- ✓ Exista la posibilidad que el agua de la fuente de abastecimiento pueda haber sido contaminada con un volumen excesivo de materiales en suspensión debido a una crecida.
- ✓ El flujo de agua disminuya al punto que la concentración de sales o materia orgánica en el agua pueda ser excesiva.

Para el ensayo del agua se tendrán en consideración las siguientes Normas:

**NTP 339.070:** Toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Pórtland.

**NTP 339.071:** Ensayo para determinar el residuo sólido y el contenido de materia orgánica de las aguas.

**NTP 339.072:** Método de ensayo para determinar por oxidabilidad el contenido de materia orgánica de las aguas.

**NTP 339.073:** Método de ensayo para determinar el pH de las aguas.

**NTP 339.074:** Método de ensayo para determinar el contenido de sulfatos de las aguas.

**NTP 339.075:** Método de ensayo para determinar el contenido de hierro de las aguas.

**NTP 339.076:** Método de ensayo para determinar el contenido de cloruros de las aguas.

## **PROPIEDADES DEL CONCRETO**

### **CONCRETO FRESCO**

#### **TRABAJABILIDAD**

La facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado se denomina trabajabilidad.

El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar excesivamente. El sangrado es la migración del agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado provocada por el asentamiento de los materiales como arena y piedra dentro de la masa. El asentamiento es consecuencia del efecto combinado de la vibración y de la gravedad.

## RESISTENCIA

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm<sup>2</sup>) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo  $f'c$ .

La resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental, y es frecuentemente empleada en los cálculos para diseño de puente, de edificios y otras estructuras. El concreto de uso generalizado tiene una resistencia a la compresión entre 210 y 350 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia a la flexión del concreto se utiliza generalmente al diseñar pavimentos y otras losas sobre el terreno. La resistencia a la compresión se puede utilizar como índice de la resistencia a la flexión, una vez que entre ellas se ha establecido la relación empírica para los materiales y el tamaño del elemento en cuestión. La resistencia a la flexión, es también llamada módulo de ruptura.

El valor de la resistencia a la tensión del concreto es aproximadamente de 8% a 12% de su resistencia a compresión y a menudo se estima como 1.33 a 1.99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión.

La resistencia a la torsión para el concreto está relacionada con el módulo de ruptura y con las dimensiones del elemento de concreto.

La resistencia al cortante del concreto puede variar desde el 35% al 80% de la resistencia a compresión. La correlación existe entre la resistencia a la compresión y resistencia a flexión, tensión, torsión, y cortante, de acuerdo a los componentes del concreto y al medio ambiente en que se encuentre.

El modulo de elasticidad, denotando por medio del símbolo E, se puedes definir como la relación del esfuerzo normal la deformación correspondiente para esfuerzos de tensión o de compresión por debajo del límite de proporcionalidad de un material. Para concretos de peso normal, E fluctúa entre 140,600 y 422,000 kg/cm cuadrado.

Los principales factores que afectan a la resistencia son la relación Agua-Cemento y la edad, o el grado a que haya progresado la hidratación. Estos factores también afectan a la resistencia a flexión y a tensión, así como a la adherencia del concreto con el acero.

### **SEGREGACIÓN (Cangrejera)**

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.

Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc.

La segregación es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta y menor cuando más seca lo es.

En el proceso de diseño de mezclas, es necesario tener siempre presente el riesgo de segregación, pudiéndose disminuir este, mediante el aumento de finos (cemento o Agregado fino) de la consistencia de la mezcla.

Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la lechada asciende a la superficie.

Cuando se suelta el concreto de alturas mayores de 1/2 metro el efecto es similar.

También se produce segregación cuando se permite que el concreto corra por canaletas, sobre todo si estas presentan cambios de dirección.

El excesivo vibrado (meter y sacar) de la mezcla produce segregación.



## **EXUDACIÓN (Estado Plástico)**

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.

La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación.

La exudación es perjudicial para el concreto, pues como consecuencia de este fenómeno la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede disminuir su resistencia debido al incremento de la relación agua cemento en esta zona.

## **CONCRETO ENDURECIDO**

### **CONSISTENCIA**

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.

Es una propiedad relacionada con la fluidez y movilidad del concreto en estado fresco.

La prueba de revenimiento es el método más utilizado para medir esta propiedad del concreto.

### **DURABILIDAD**

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación.

## **RESISTENCIA**

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm<sup>2</sup>) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo  $f'c$ .

La resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental, y es frecuentemente empleada en los cálculos para diseño de puente, de edificios y otras estructuras. El concreto de uso generalizado tiene una resistencia a la compresión entre 210 y 350 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia a la flexión del concreto se utiliza generalmente al diseñar pavimentos y otras losas sobre el terreno. La resistencia a la compresión se puede utilizar como índice de la resistencia a la flexión, una vez que entre ellas se ha establecido la relación empírica para los materiales y el tamaño del elemento en cuestión. La resistencia a la flexión, es también llamada módulo de ruptura.

## 2.2.2 ADITIVO:

### A. DEFINICIÓN:

Un aditivo es definido, tanto por el Comité 116R del ACI como por la Norma ASTM C 125, como “un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”.

Los aditivos son materiales utilizados como componentes del concreto o el mortero, los cuales se añaden a éstos durante el mezclado a fin de:

- Interactuando con el sistema hidratante-cementante
- Modifican una o más de las propiedades del concreto o mortero fresco, fraguando, endureciéndose y endurecido.
- No se consideran como aditivos los suplementos del cemento como escorias, puzolanas naturales o humo de sílice, ni las fibras empleadas como refuerzo, los cuales pueden ser constituyentes del cemento, mortero o concreto.
- los aditivos, a diferencia del cemento, los agregados y el agua, no son componentes esenciales de la mezcla de concreto, son importantes y su uso se extiende cada vez más, por la aportación que hacen a la economía de la mezcla; por la necesidad de modificar las características del concreto de tal forma que éstas se adapten a las condiciones de la obra y a los requerimientos del constructor.
- El concreto debe ser trabajable, capaz de dársele acabado, resistente, durable, impermeable etc. Estas cualidades frecuentemente se pueden conseguir de una manera sencilla y económica seleccionando los materiales adecuados o cambiando las proporciones de la mezcla sin que se tenga que recurrir al uso de aditivos.
- Siempre se deberá comparar el costo de cambiar la mezcla básica del concreto, contra el costo al utilizar aditivos.

Las razones principales para el uso de aditivos son:

- ✓ Reducción del costo de la construcción de concreto

- ✓ Obtención de ciertas propiedades en el concreto de manera más efectiva que por otros medios
- ✓ Asegurar la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado
- ✓ Superación de ciertas emergencias durante las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado

A pesar de estas consideraciones, se debe observar que ningún aditivo de cualquier tipo o en cualquier cantidad se le puede considerar como un sustituto de las buenas prácticas de construcción.

La eficiencia de un aditivo depende de factores tales como: tipo, marca y cantidad del material cementante; contenido de agua; forma, granulometría y proporción de los agregados; tiempo de mezclado y temperatura del concreto.

## **B. LOS ADITIVOS SE PUEDEN CLASIFICAR SEGÚN SUS FUNCIONES EN:**

- Aditivos incorporadores de aire (inclusores de aire)
- Aditivos reductores de agua
- Plastificantes (fluidificantes)
- Aditivos aceleradores (acelerantes)
- Aditivos retardadores (retardantes)
- Aditivos de control de la hidratación
- Inhibidores de corrosión
- Reductores de contracción
- Inhibidores de reacción álcali-agregado
- Aditivos colorantes
- Aditivos diversos, tales como:
  - ✓ para mejorar la trabajabilidad
  - ✓ para mejorar la adherencia
  - ✓ a prueba de humedad
  - ✓ impermeabilizantes
  - ✓ para lechadas
  - ✓ formadores de gas

- ✓ anti-deslave
- ✓ auxiliares de bombeo
- ✓ expansor
- ✓ germicida

#### **CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS:** Norma: ASTM 494

- Tipo A Reductor de agua
- Tipo B Retardante
- Tipo C Acelerante de fraguado inicial
- Tipo C2 Acelerante de resistencia
- Tipo D Reductor de agua y retardante
- Tipo E Reductor de agua y acelerante
- Tipo F Reductor de agua de alto rango
- Tipo G Reductor de agua de alto rango y retardante
- Tipo F2 Superplastificante
- Tipo G2 Superplastificante y retardante
- Tipo AA Inclusor de aire

#### ○ **TIPO A: REDUCTOR DE AGUA**

Funciona por efecto de la dispersión de las partículas de cemento, se traduce en mayores resistencias con la misma cantidad de cemento o importantes ahorros de cemento para las mismas resistencias.

#### **Características y beneficios**

En estado plástico:

- ✓ Reduce el contenido de agua de mezcla por lo menos en 5 %.
- ✓ Mejora la trabajabilidad.
- ✓ Mejora la cohesión.
- ✓ Reduce la tendencia a la segregación y al sangrado.

En estado endurecido:

- ✓ Aumenta la resistencia a la compresión axial y a la flexión.
- ✓ Mejora la adherencia al acero de refuerzo.
- ✓ Reduce la tendencia al agrietamiento.

○ **TIPO B: RETARDANTE DE FRAGUADO**

- ✓ Actúa en el concreto como agente de fraguado extendido de forma controlada. Se dosifica para lograr un fraguado extendido, de hasta 30 horas.

○ **TIPO C: ACELERANTE DE FRAGUADO**

- ✓ El aditivo actúa mediante una reacción química con el cemento, acelerando el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión axial a temprana edad. Estos aditivos son compatibles con agentes inclusores de aire, ciertos aditivos superplastificantes y ciertos aditivos reductores de agua convencionales.
- ✓ Principales aplicaciones
- ✓ Colocación de concreto en climas fríos.
- ✓ Concreto convencional y estructural.
- ✓ Concretos para fabricación de tubos.
- ✓ Para la fabricación de elementos prefabricados, postensados o pretensados, el aditivo acelerante deberá estar exento de cloruros.
- ✓ Características y beneficios
- ✓ Reduce el tiempo de fraguado inicial una hora aproximadamente
- ✓ Mejora la trabajabilidad y produce un concreto más denso.
- ✓ Minimiza el sangrado y la segregación.
- ✓ Mejora el desarrollo de resistencia a la compresión a edades tempranas.

○ **Tipo D: REDUCTOR DE AGUA Y RETARDANTE.**

Acción físico-química con el cemento, favoreciendo la hidratación de las partículas de éste, reduciendo el agua de la mezcla y plastificando la masa del concreto.

El uso del aditivo reductor de agua y retardante, provee al concreto de una plasticidad y fluidez adecuada mejorando las características del concreto tanto en estado plástico como endurecido.

Principales aplicaciones

- ✓ Concreto colocado en climas cálidos.
- ✓ Concreto que se transporta a distancias largas.

- ✓ Concreto que requiere alta trabajabilidad: bombeo y colados en estructuras estrechas.
- ✓ El aditivo se puede utilizar como reductor de agua y retardante y como fluidificante.

#### Características y aplicaciones

- ✓ Reduce la cantidad de agua de mezcla por lo menos en 5 %.
- ✓ Retarda el tiempo de fraguado inicial por lo menos una hora
- ✓ Aumenta la resistencia a la compresión axial por lo menos en 110% a 28 días.
- ✓ Facilita el bombeo del concreto.
- ✓ Aumenta la durabilidad.

#### ○ TIPO E: REDUCTOR DE AGUA Y ACELERANTE

Resulta de la combinación de compuestos acelerantes y reductores de agua. Mejora las propiedades plásticas y de endurecimiento del concreto tales como la trabajabilidad, resistencia a la compresión y a la flexión.

- ✓ Principales aplicaciones
- ✓ Colocación de concreto en clima frío.
- ✓ Concreto estructural.
- ✓ Bloques de concreto.
- ✓ Fabricación de tubos de concreto y muchos elementos prefabricados.

#### Características y beneficios

- ✓ Reduce el tiempo de fraguado inicial
- ✓ Desarrolla alta resistencia a edad temprana, por lo que permite un tiempo más corto para descimbrar.
- ✓ Aumenta la densidad del concreto.
- ✓ Minimiza la tendencia al sangrado y a la segregación.

#### ○ TIPO F: REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO

Se recomienda para concreto pretensado o postensado. Es también muy compatible con agentes inclusores de aire, impermeabilizantes integrales y

muchos otros aditivos. Sin embargo, cada material debe ser agregado al concreto por separado.

○ **TIPO G: REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y RETARDANTE**

Para concretos de alta trabajabilidad (bombeo, estructuras estrechas o armado muy denso)

Formulado específicamente para extender el tiempo de trabajabilidad del concreto fluido a temperaturas de hasta 54° C.

○ **TIPO AA: INCLUSOR DE AIRE**

Características y beneficios

- ✓ Este sistema de espacios de aire protege al concreto contra el daño que causan los ciclos de congelamiento y descongelamiento.
- ✓ El concreto se vuelve más resistente a las sales deshielantes, al ataque de sulfatos y al agua corrosiva.
- ✓ Reduce la segregación y la contracción del concreto.

**C. ADICIONES PARA CONCRETO**

○ **IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL**

Para reducir la permeabilidad en todo tipo de concreto expuesto al agua, principalmente en cimentaciones, tanques de almacenamiento de agua, sistemas de alcantarillado, canales, losas, etc.

○ **POLVO DE MICROSÍLICA DENSIFICADA**

Es una adición que aumenta la resistencia y la durabilidad.

El microsílíce superfino llena los espacios entre las partículas de cemento, creando un concreto muy denso y menos permeable.

Desarrolla alta resistencia temprana y muy alta resistencia final

- ✓ Fibras de polipropileno y acero



Refuerzo secundario

Su principal objetivo es minimizar el agrietamiento por contracción plástica

Monofilamentos que se dispersan en toda la mezcla

✓ Perlita de unicel

Utilizada para producir concretos ligeros

Se deberá asegurar una adecuada mezcla ya que la perlita tiende a flotar en la masa

## ○ MEMBRANA DE CURADO Y SELLADO

### **SIKA ANTISOL**

Es una emulsión líquida que cuando es aplicada con un pulverizador sobre concreto fresco desarrolla una película impermeable y sellante de naturaleza micro cristalino. Asegura una protección perfecta al concreto después que el cemento ha reaccionado positivamente.

### **VENTAJAS**

Es aplicado correctamente no mancha las superficies. Hace las superficies muy resistentes y compactas debido a que el residuo cristalino del producto cierra todos los poros superficiales del concreto incorporándose en éste. Además, la película no impide la adherencia de tratamientos posteriores o pinturas. Adicionalmente, se puede caminar (tráfico ligero) sobre las áreas tratadas sólo después de 24 horas.

### **DATOS BÁSICOS**

- Aspecto : Líquido
- Colores : Incoloro y Rojo
- Presentación : - Cilindro de 220 kg  
- Balde de 20 kg

### **ALMACENAMIENTO**

Puede ser almacenado en un sitio libre de congelamiento a temperaturas sobre los +5°C durante 9 meses.

### **APLICACIÓN**

El consumo de Sika Antisol es de 180-200 g de producto por m<sup>2</sup> de superficie. Haciendo uso de un equipo pulverizador operado por una sola persona, se puede aplicar alrededor de 1000 m<sup>2</sup> de superficie en una jornada de 8 horas.

### **INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

Precauciones de manipulación Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico. Ecología No arrojar el producto a ríos, canales o al suelo. No arrojar los envases vacíos en el medio ambiente El producto no es tóxico ni inflamable.

### **2.2.3 CURADO**

#### **A. CONSIDERACIONES GENERALES:**

La mezcla ya compactada debe ser mantenida tan húmeda como sea posible a fin de garantizar la presencia de agua que pueda combinarse con el cemento y asegure la hidratación del mismo. Las pérdidas de agua que ocurren después del inicio del fraguado se deben principalmente a:

- a) La evaporación del agua por acción del medio ambiente o por elevación de la temperatura en el concreto debido al proceso de hidratación.
- b) Diferencias entre la temperatura del concreto y la del medio ambiente.
- c) El desarrollo del proceso de auto desecación del concreto.

El curado del concreto debe tener como objetivo principal el mantenerlo saturado hasta que los espacios originalmente ocupados por el agua en la pasta fresca se llenen con los productos de hidratación del cemento, reduciendo a un mínimo los poros capilares.

Se entiende por óptimo curado al proceso por el cual se mantienen condiciones controladas en el concreto por un período definido, a fin de asegurar una adecuada hidratación del cemento y un apropiado endurecimiento del concreto. El costo, la facilidad de aplicación y el tiempo son factores a ser considerados en la elección del procedimiento de curado para un caso determinado.

El curado se iniciará tan pronto como el concreto haya endurecido lo suficiente como para que su superficie no resulte afectada por el procedimiento empleado.

#### **B. DEFINICIÓN**

El curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado comienza inmediatamente después del vaciado (colado) y el acabado, de

manera que el concreto pueda desarrollar la resistencia y la durabilidad deseada.

Sin un adecuado suministro de humedad, los materiales cementantes en el concreto, no pueden reaccionar para formar un producto de calidad. El secado puede eliminar el agua necesaria para esta reacción química denominada hidratación y por lo cual el concreto no alcanzará sus propiedades potenciales. La temperatura es un factor importante en un curado apropiado, basándose en la velocidad de hidratación y por lo tanto, el desarrollo de resistencias es mayor a más altas temperaturas. Generalmente, la temperatura del concreto debe ser mantenida por encima de los 50°F (10°C) para un ritmo adecuado de desarrollo de resistencias. Además debe mantenerse una temperatura uniforme a través de la sección del concreto, mientras está ganando resistencia, para evitar las grietas por choque térmico. Para el concreto expuesto, la humedad relativa y las condiciones del viento son también importantes; ellas contribuyen al ritmo de pérdida de humedad en el concreto y pueden dar como resultado agrietamiento, una pobre calidad y durabilidad superficial. Las medidas de protección para el control de la evaporación de humedad de las superficies del concreto antes de que fragüe, son esenciales para evitar la fisuración por retracción plástica.

### **C. REQUISITOS BÁSICOS DEL CURADO.**

- Los cuatro requisitos que el constructor debe considerar para la ejecución de un curado adecuado son:
  - a) Mantenimiento en el concreto de un contenido de humedad adecuado.
  - b) Mantenimiento de la temperatura del concreto por encima de 13°C y uniformemente distribuidos en el conjunto de la mezcla.
  - c) Protección del elemento estructural contra cualquier tipo de alteración mecánica.
  - d) Mantenimiento del curado durante el tiempo necesario para obtener la hidratación del cemento y el endurecimiento del concreto en el rango de valores requeridos por la seguridad de la estructura.
  
- El mantenimiento de un contenido de humedad adecuado en el concreto puede conseguirse:

- a) Tomando el agua necesaria de la pasta no endurecida.
- b) Manteniendo la superficie del concreto húmeda.
- c) Controlando o limitando la pérdida de humedad.

Cualquiera que sea el método del curado elegido debe ser capaz de evitar pérdidas de humedad del concreto durante el período elegido.

- Durante el proceso de curado deben evitarse cargas o esfuerzos prematuros en el concreto. Igualmente deben evitarse las ondas de impacto ocasionadas por explosiones o por la caída de objetos pesados sobre los encofrados o la estructura y, en general debe evitarse cualquier tipo de accidente que pueda ocasionar alteración física del concreto o fallas en la formación del sólido que se ha planeado al diseñar la estructura.
- Bajo condiciones favorables la hidratación del cemento puede continuar hasta que el grano esté totalmente hidratado. La velocidad de hidratación tiende a ser decreciente con el tiempo, dependiendo del requerido para que el concreto alcance determinada resistencia de la temperatura del curado, la velocidad de hidratación del cemento y la disponibilidad de humedad para la hidratación del cemento.
- En relación con el tiempo de curado e independientemente de los valores recomendados para casos específicos, se tendrá en consideración lo siguiente:
  - a) La hidratación del cemento puede cesar debido a falta de humedad o condiciones desfavorables de temperatura en el concreto, pero ella puede reanudarse si desaparecen dichas condiciones.
  - b) Los concretos preparados con cemento Tipo I, II o V, que han sido curados bajo condiciones atmosféricas normales, deberán mantenerse sobre los 10 grados centígrados, en condición de humedad por lo menos siete días después de colocados.
  - c) Si la mínima dimensión lineal de la sección excede de 75 cm; o si el tiempo es caluroso y seco; o si las estructuras o parte de ellas van a estar en contacto con ambientes, líquidos o suelos agresivos para el concreto, el período de curado se incrementará el 50%.

- d) Los concretos preparados con aditivos acelerantes, o cementos Tipo III, tendrán un período de curado mínimo de tres días.
  - e) Las estructuras hidráulicas tendrán un período de curado no menor de 14 días.
  - f) Las estructuras en las que se emplean las mezclas que combinan cemento y puzolana, tendrán un período de curado no menor de 21 días.
- Durante el período de curado los encofrados no impermeables se mantendrán constantemente humedecidos y si fuesen retirados antes de finalizar el período de curado seleccionado, el método elegido para retener la humedad del concreto se aplicará inmediatamente después de desencofrar.

#### **D. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CURADO**

Existen diferentes métodos de curado, a continuación solo describiremos lo propuesto y desarrollado en la presente tesis los que son:

- ✓ Aplicando el método de curado con agua y protegida con arpillera
- ✓ Aplicando el método de curado con agua.
- ✓ Aplicando el método de curado con aditivo Sika Antisol.
- ✓ Sin aplicar un método de curado.

#### **CURADO CON AGUA Y PROTEGIDA CON ARPILLERA:**

En el procedimiento del curado con agua y protegido con arpillera, consistente en el regado con agua, protegiendo previamente el elemento estructural con mantas (arpillera), la que permite mantener húmedo por mayor tiempo y el regado con agua durante el día puede ser hasta en 3 veces al día.

El agua empleada en curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable. Se podrán utilizar aguas no potables sólo si: Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto.

El curado con arpillera debe de ser aplicada después de las 4 horas del vaciado, cubriendo la losa con arpillera, una vez que arpillera ha sido colocado sobre la superficie del concreto éste debe mantenerse continuamente húmedo con agua de rociado para compensar la pérdida de agua a través de la evaporación.

Siempre verificar debajo de la arpillera debes en cuando para asegurar que el concreto este uniformemente húmedo, si se siente seco rocíelo con agua y vuelva ponerlo cuidadosamente la arpillera.

### **APLICACIÓN**

Debe aplicarse con sumo cuidado sin dañar la superficie de concreto debiendo tenerse en consideración lo siguiente:

- El material no deberá arrastrarse sobre la superficie del concreto
- La cobertura húmeda deberá dejarse por los menos 72 horas
- La cobertura deberá ser mantenida húmeda por rociado por agua, no dividiendo el rocío hacer ningún daño al concreto.
- La arpillera húmeda deberá mantenerse en contacto con el concreto debiendo emplearse espesores dobles de la misma.
- Deberá sujetarse para evitar que el viento lo retire, y que la superficie del concreto se seque
- La arpillera puede traslaparse o mantener abajo con arena, ladrillos, madera.

### **CUIDADOS**

La arpillera debe lavarse y estar libres de cualquier substancia extraña que pueda manchar o dañar el concreto.

### **CURADO CON AGUA:**

Entendiendo que los elementos estructurales son losas, columnas y/o vigas, el curado con agua se limita a la aplicación de riego, este procedimiento se aplica directamente a la estructura y al formarse una película no permite el paso de mayores cantidades de agua. El tiempo de retenido de la humedad es menor y

la cantidad de agua utilizada es mucho mayor que en el caso anterior. La cantidad de riego se estima en unas 10 veces al día lo cual genera mayor costo en mano de obra y utiliza gran cantidad de agua.

El agua empleada en curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable. Se podrán utilizar aguas no potables sólo si: Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto.

En el caso de losas el procedimiento del curado con agua por formación de lagunas sobre la superficie del concreto se mantendrá una capa de agua de cinco centímetros como mínimo de espesor sobre la superficie de éste, teóricamente el más eficiente, solo se emplea en determinadas estructuras aparentes para ello, pavimentos, losas y placas de alcantarilla, donde es factible formar estanques de agua mediante un pequeño dique de tierra impermeable a lo largo del perímetro de la losa. Esta práctica no es razón de la tesis por lo cual pueden realizarse otras investigaciones.

### **MÉTODOS RÁPIDOS PARA TENER REFERENCIA DEL AGUA**

Para conocer la existencia de ácidos en el agua, es por medio de un papel tornasol

- Color rojizo cuando el agua es acida  
Para conocer si hay presencia de sulfatos usar cloruro de bario
- Se echa unas gotas de cloruro de bario y de ácido clorhídrico, luego más gotas de bario y si se forma un precipitado blanco. Entonces hay señales de sulfatos.

Siempre que haya sospecha de alguna sustancia nociva debe enviarse al laboratorio una muestra del Agua a usarse en la obra.

### **VENTAJAS**

- Permite el incremento de humedad interna.
- Es fácil de aplicarlo correctamente no mancha las superficies.



- Hace las superficies muy resistentes y compactas debido a que el residuo cristalino del producto cierra todos los poros superficiales del concreto incorporándose en éste.
- Además, la película no impide la adherencia de tratamientos posteriores o pinturas.
- Adicionalmente, se puede caminar (tráfico ligero) sobre las áreas tratadas sólo después de 24 horas.

Es muy importante conocer la calidad del agua, porque influirá en la resistencia y durabilidad del concreto y mortero que se prepare en obra.

## **CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL:**

### **DESCRIPCIÓN**

Es una emulsión líquida que cuando es aplicada con un pulverizador sobre concreto fresco desarrolla una película impermeable y sellante de naturaleza micro cristalino. Asegura una protección perfecta al concreto después que el cemento ha reaccionado positivamente.

### **CAMPOS DE APLICACIÓN**

Ofrece una protección durable y consistente del concreto fresco contra una evaporación demasiado rápida debido a la acción del sol y viento, por lo tanto previene el desarrollo de fisuras superficiales en la mezcla de cemento en proceso de endurecimiento.

Es especialmente apropiado para el tratamiento de superficies verticales donde la previsión es realizada para la posterior protección de la estructura sin efectos negativos.

### **VENTAJAS**

Es aplicado correctamente no mancha las superficies. Hace las superficies muy resistentes y compactas debido a que el residuo cristalino del producto cierra todos los poros superficiales del concreto incorporándose en éste. Además, la película no impide la adherencia de tratamientos posteriores o

pinturas. Adicionalmente, se puede caminar (tráfico ligero) sobre las áreas tratadas sólo después de 24 horas.

### **DATOS BÁSICOS**

- Aspecto : Líquido
- Colores : Incoloro y Rojo
- Presentación :
  - Cilindro de 220 kg
  - Balde de 20 kg

### **ALMACENAMIENTO**

Puede ser almacenado en un sitio libre de congelamiento a temperaturas sobre los +5°C durante 9 meses.

### **APLICACIÓN**

El consumo de Sika Antisol es de 180-200 g de producto por m<sup>2</sup> de superficie. Haciendo uso de un equipo pulverizador operado por una sola persona, se puede aplicar alrededor de 1000 m<sup>2</sup> de superficie en una jornada de 8 horas.

### **MÉTODO DE APLICACIÓN**

Sika Antisol debe ser aplicado puro mediante un equipo pulverizador a una presión aproximada de 1 atmósfera de presión, pulverizándolo directamente en una sola pasada sobre el concreto fresco.

La aplicación debe ser realizada después de colocado y acabado el concreto inmediatamente después que el agua superficial haya desaparecido, teniendo cuidado de lograr una película de protección continua y consistente.

En el caso de superficies verticales, inmediatamente después de retirar el encofrado las superficies deben ser lavadas con agua limpia y luego el producto debe ser pulverizado en forma uniforme sobre la superficie.

## **INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

Precauciones de manipulación Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico. Ecología No arrojar el producto a ríos, canales o al suelo. No arrojar los envases vacíos en el medio ambiente El producto no es tóxico ni inflamable.

## **2.2.4 ENSAYOS Y PRUEBAS DE LABORATORIO**

### **A. DISEÑO DE MEZCLAS: NORMAS: ACI 211.1.74, ACI 211.1.81**

#### **IMPORTANCIA**

Es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados.

Existen diferentes métodos de diseños de mezcla; algunos pueden ser muy complejos como consecuencia a la existencia de múltiples variables de las que dependen los resultados de dichos métodos, aún así, se desconoce el método que ofrezca resultados perfectos, sin embargo, existe la posibilidad de seleccionar alguno según sea la ocasión.

En oportunidades no es necesario tener exactitud en cuanto a las proporciones de los componentes del concreto, en estas situaciones se frecuenta el uso de reglas generales, lo que permite establecer las dosis correctas a través de recetas que permiten contar con un diseño de mezcla apropiado para estos casos.

#### **OBJETIVO**

Determinar la combinación más práctica (factible de realizar), económica, satisfacción de requerimientos según condiciones de uso en los sistemas constructivos, para hacer edificaciones durables, y lograr eficiencia en los procesos constructivos tanto en obra como en planta.

#### **PROCESOS DE DISEÑO:**

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión  $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días, entonces la resistencia promedio  $F'cr = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76,2 mm. a 101,6 mm.).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado grueso de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las

especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de  $\frac{3}{4}$ " (19,05 mm).

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente.

## RESULTADOS DE LABORATORIO

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- 1) El asentamiento dado es de 3" a 4" (76,2 mm. a 101,6 mm.)
- 2) Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ " (19,05 mm).
- 3) Puesto que no se cuenta con aire incorporado, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de 200 lt/m<sup>3</sup>.
- 4) Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de 2,0%.
- 5) Como se prevé que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces la relación agua/cemento (a/c) será 0.62
- 6) De acuerdo a la información obtenida en los items 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$(200 \text{ lt/m}^3)/(0.62) = 323 \text{ Kg/m}^3$$

- 7) De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 2.87 el peso unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1642 Kg/m<sup>3</sup> y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ " (19,05 mm), se recomienda el uso de 0,61 m<sup>3</sup> de agregado grueso por m<sup>3</sup> de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0,61)*(1642 \text{ Kg/m}^3) = 1002 \text{ Kg/m}^3.$$

- 8) Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales restantes para completar un m<sup>3</sup> de concreto consistirán en arena y el aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto, como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Volúm. Absoluto de agua} &= (200)/(1\ 000) &&= 0,200\ \text{m}^3 \\ \text{Volúm. Absoluto de cemento} &= (323)/(3,11*1\ 000) &&= 0,113\ \text{m}^3 \\ \text{Volúm. absol. agr. Grueso} &= (1010)/(2,55*1\ 000) &&= 0,396\ \text{m}^3 \\ \text{Volúm. De aire atrapado} &= (2,0)/100 &&= \underline{0,020\ \text{m}^3} \\ \text{Volúm. Sub total} &&&= 0,729\ \text{m}^3 \\ \text{Volúmen absoluto de arena} &= (1,000 - 0,729) &&= 0,271\ \text{m}^3 \end{aligned}$$

Por tanto el peso requerido de arena seca será de:

$$(0,271)*(2,60)*(1\ 000) = 705\ \text{Kg.}$$

- 9) De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tienen que ser corregidas los pesos de los agregados:

$$\text{Agregado Grueso húmedo} = (1010\ \text{Kg.})*(1,0280) = 1038\ \text{Kg.}$$

$$\text{Agregado Fino húmedo} = (705\ \text{Kg.})*(1,0450) = 737\ \text{Kg.}$$

- 10) El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$200 - \frac{1010*(2,80-1,99)}{100} - \frac{705*(4,50-3,47)}{100} = 185\ \text{lt/m}^3$$

## DOSIFICACIÓN

8,30 bolsas/m<sup>3</sup> DE CONCRETO.

## **A. DOSIFICACIÓN POR PESO**

Cemento	:	42,50 Kg.
Agregado fino húmedo	:	88.80 Kg.
Agregado Grueso húmedo	:	125.10 Kg.
Agua efectiva	:	22.30 lt.

## **B. DOSIFICACIÓN POR TANDAS**

Para Mezcladora de 9 pies<sup>3</sup>

1 .5 Bolsa de Cemento:	Redondeo
- 2.91 p3 de Arena	3.00 p3 de Arena
- 4.35 p3 de Grava	4.50 p3 de Grava
- 34 lt. De Agua	34 lt. de Agua

## **RECOMENDACIONES**

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS.

## **B. ENSAYO DE REVENIMIENTO ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN CON EL CONO DE ABRAMS. NORMA: NTP 339 - 035**

### **IMPORTANCIA**

La importancia de este ensayo es determinar la trabajabilidad del concreto en su estado fresco la prueba de slump se debe realizar con frecuencia el proceso de llenado del concreto.

### **OBJETIVO**

Determinar la fluidez del concreto fresco por el método del asentamiento del cono de Abrams.

## EQUIPOS

**Cono de Abrams.** molde de forma tronco cónica de 20 cm. de diámetro en la base inferior y 10 cm. de diámetro en la base superior; altura de 30 cm; provisto de agarraderas y aletas de pie.

**Varilla compactadora.** una varilla de acero lisa de 5/8" de diámetro con punta semiesférica y de aproximadamente 60 cm. de longitud.

**Placa base.** Placa de apoyo, rígida, no absorbente y por lo menos de 40 x 60 cms.

**Cucharón metálico.** cucharón metálico o algún instrumento con el cual se pueda manejar el concreto

## PROCEDIMIENTO

- 1) La cantidad de concreto necesaria para efectuar el ensayo, no debe ser inferior a 8 lts.
- 2) Se coloca el molde sobre una superficie de apoyo horizontal, ambos limpios y humedecidos con agua, (no se permite humedecer con aceites ni grasa).
- 3) El operador fija sobre las pisaderas del molde, evitando el movimiento de éste durante el llenado.
- 4) El operador debe de tener la muestra de concreto al costado de cono de Abrahams para tener un tiempo mínimo de llenado y apisonado del concreto.
- 5) Se llena el molde en tres capas de aproximadamente igual volumen y se apisona cada capa con 25 golpes de la varilla pisón distribuidos uniformemente.



La capa inferior se llena hasta aproximadamente 7 cm de altura y la capa media hasta aproximadamente 16 de altura. Al apisonar la capa inferior se darán los primeros golpes con la varilla pisón ligeramente inclinado alrededor del perímetro. Al apisonar la capa media y superior se darán los golpes de modo que la varilla pisón penetre 2.5 cm. la capa subyacente. Durante el apisonado de la última capa se deberá mantener permanentemente un exceso de concreto sobre el borde superior del molde.

- 6) Se enrasa la superficie de la capa superior con la varilla pisón y se limpia el concreto derramado en la zona adyacente al molde.

Inmediatamente después de terminado el llenado, enrase y limpieza, se carga el molde con las manos, sujetándolo por las asas y dejando las pisaderas libres y se levanta en dirección vertical sin perturbar el concreto en un tiempo de 5 a 12 segundos.

- 7) Toda la operación de llenado y levantamiento del molde no debe demorar más de tres minutos.
- 8) Una vez levantado el molde se coloca el molde en sentido contrario.
- 9) Se procede con la inmediata disminución de altura del concreto moldeado respecto al molde, aproximando a 0,5 cm. La medición se hace en el eje central del molde en su posición original.

## **EXPRESIÓN DE RESULTADOS**

Los resultados del ensayo son determinados in situ inmediatos de acuerdo a la tabla que se indica.

**TABLA N° 11**

**ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA VARIOS TIPOS DE CONSTRUCCIÓN**

<b>Asentamiento recomendados para varios tipos de construcción</b>		
<b>tipos de construcción</b>	<b>máximo</b>	<b>mínimo</b>
<b>zapatas y muros de cimentación</b>	<b>3"</b>	<b>1"</b>
<b>zapatas simples cajones muros</b>	<b>3"</b>	<b>1"</b>
<b>vigas y muros reforzados</b>	<b>4"</b>	<b>1"</b>
<b>columnas de edificios</b>	<b>4"</b>	<b>1"</b>
<b>pavimentos losas</b>	<b>3"</b>	<b>1"</b>
<b>concreto ciclópeo</b>	<b>2"</b>	<b>1"</b>

**FUENTE:** Manual de Tecnología del Concreto

**TABLA N° 12**

**CLASES DE ASENTAMIENTOS**

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento</b>
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	mayores a 5"

**FUENTE:** Manual de Tecnología del Concreto

**OBSERVACIONES**

Si deben usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

Cuando se utilizan métodos de consolidación del concreto, diferentes de vibración, estos valores pueden ser incrementados en 1".

**C. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MÉTODO ESTANDAR DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO**

**NORMA:** NTP 339 - 034

**ASTM C – 39 AASHTO T-22**

## **IMPORTANCIA**

La resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, aunque en estructuras especiales como túneles y presas, o cuando se emplean cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a 28 días.

En túneles es bastante frecuente utilizar la resistencia a los 7 días o menos, mientras en presas se suele utilizar como referencia la resistencia a los 56 días o más.

La resistencia del concreto se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm. de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas.

## **OBJETIVO**

Determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

## **EQUIPOS**

**Prensa Hidráulica:** Máquina de Ensayo capaz de mantener la velocidad de Carga continúa y uniforme.

## **PROCEDIMIENTO**

- 1) Medir el diámetro y la altura de la probeta cilíndrica con una aproximación de 0.1mm con un calibrador micrométrico.
- 2) Colocar la probeta sobre el bloque inferior de apoyo y centrar sobre el mismo.
- 3) Aplicar la carga en forma continua y constante evitando choques la velocidad de carga estará en el rango de 0.14 a 0.34 Mpa/s.
- 4) Anotar la carga máxima, el tipo de rotura y además toda otra observación relacionada con el aspecto del concreto.

## **EXPRESIÓN DE RESULTADOS**

Rc = Resistencia de Rotura a la Compresión.

P = Carga Máxima de Rotura en Kilogramos.

A = Área de la superficie de Contacto

**NOTA:** Si la relación Altura/Diámetro, de la probeta es menor de 1.8, corregir el resultado obtenido multiplicando por el correspondiente factor de corrección, usando la siguiente tabla:

**TABLA N° 13**

**FACTORES DE CORRECCIÓN**

<b>L/D</b>	1.75	1.5	1.25	1
<b>FACTOR</b>	0.98	0.96	0.93	0.87

**FUENTE:** Manual De Tecnología Del Concreto

### CÁLCULOS

El resultado del ensayo se expresa en porcentaje, calculándose como con siguientes formulas.

$$A = \frac{\pi (D)^2}{4}$$

$$Carga = \frac{101.97}{KN}$$

$$E.R = \frac{A}{KN}$$

$$\% = \frac{E.R.}{F^c} \times 100$$

Donde:

A = área de la briqueta

Kn = dial de prensa hidráulica

ER = esfuerzo de rotura

% = resistencia de la briqueta en porcentajes

- Kn = 101.97 Kg/cm

### CAPEADO DE BRIQUETA

- 1) El capeado de la briqueta se realiza con el refrentado que en laboratorio se realiza de una mezcla de bentonita y azufre.

- 2) Se debe de tener en cuenta la temperatura de la olla del capi que debe de estar a una temperatura de 350°C.
- 3) Se utiliza el molde de capeo se coloca en el molde una cantidad aproximada de caping para el cubrimiento de ambas caras de la briqueta y así poder uniformizar.
- 4) Se debe de petrolear la briqueta como también el molde para luego capear.
- 5) Obtención de la briqueta ya capeada en ambos lados.

### **OBSERVACIONES**

- 1) Para el capeo de la briqueta se debe de considerar el área de cada briqueta o probetas.
- 2) Tener cuidado al momento de hacer uso del caping o refrentado.
- 3) El orden de las briquetas de acuerdo a la fecha de moldeo.
- 4) Tener las resistencias de cada una de las probetas.
- 5) Se debe de realizar por lo menos 3 probetas de cada edad, para el caso de la tesis se optó por 02 muestras a la edad de 28 días para obtener promedios.

## CAPITULO III

### PROPUESTA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROBLEMA

La presente investigación técnica se refiere a determinar el o los métodos más adecuados de curado del concreto que garanticen el alcance de la resistencia diseñada y ejecutada en edificaciones de la ciudad de Juliaca, para un concreto de diseño  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .

Se parte de un diseño de mezclas de concreto para una resistencia de diseño  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .

Un curado inapropiado puede fácilmente disminuir la resistencia del mejor concreto hasta en un 50%.

La calidad del concreto debe garantizarse con un correcto curado luego del vaciado y fraguado los que indican en los planos estructurales, cumpliéndose que la estructura se comportará adecuadamente ante las sollicitaciones de fuerzas externas (sismos), obteniendo en el tiempo buenos resultados en las edificaciones y que cumplan con el principio de seguridad.

Es importante señalar que existen diferentes métodos y tipos de curado para el concreto; considerando que para la tesis propuesta se determina tres condiciones o métodos de curado.

- ✓ Aplicando el método de curado con agua y protegida con arpillera
- ✓ Aplicando el método de curado con agua.
- ✓ Aplicando el método de curado con aditivo Sika Antisol.
- ✓ Sin aplicar un método de curado.

Se plantea comparar la resistencia a la compresión del concreto en edificaciones aplicando las tres condiciones de curado para sí determinar el más óptimo y adecuado, a futuro pueda recomendarse y aplicar en la población en general, garantizando la calidad necesaria en las edificaciones por sobre todo en edificaciones de tipo autoconstrucción y que a través de la Universidad Alas Peruanas podamos difundir y contribuir en el aspecto técnico y desarrollo profesional de cada uno de los estudiantes y por ende en la ciudad de Juliaca.

## 3.2 PROPUESTA TÉCNICA EXPERIMENTAL

### 3.2.1 Fundamentación

La tesis se desarrollará considerando las etapas.

#### 1. Selección de la Población y Muestras:

La población corresponde a las edificaciones en proceso de construcción de la ciudad de Juliaca, y será veinte edificaciones.

La muestra de estudio se conformará por 4 edificaciones en construcción o en proceso constructivo en las que se tomarán 08 muestras, es decir 02 muestras para tipo de curado para aplicar cuatro condiciones de curado, haciendo un total de 32 ensayos de prueba a la resistencia a la compresión del concreto.

#### 2. Toma de muestras en obra:

Según la Norma para la toma de muestras de concreto fresco se procederá a recoger las muestras en el lugar de la edificación, para cada edificación.

#### 3. Aplicación de los métodos de curado:

Para ello se llenarán fichas de control de curado respectivo, siendo los casos de curado:

- ✓ Método de curado con agua y protegida con arpillera
- ✓ Método de curado con agua.
- ✓ Método de curado con aditivo Sika Antisol
- ✓ Sin la aplicación de curado.

En las condiciones de curado las probetas se realizaron conforme a las condiciones de curado del elemento estructural en estudio y no en una poza de agua. Siendo la condición de curado real comparado con la estructura a curarse.

#### 4. Pruebas de laboratorio:

Se aplicará la prueba de laboratorio, es decir ensayos de resistencia a la compresión de concreto a los 28 días, obteniéndose los certificados de control de laboratorio respectivo.

5. Contrastes de resultados:

Considerando y a partir de la resistencia de diseño en la edificación de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>, se contrastarán con los resultados de laboratorio y determinarán estadísticamente la mejor condición de curado para el concreto diseñado y aplicado, comparándose entre los tres métodos y casos de curado.

### 3.3 DESCRIPCIÓN TÉCNICA

#### 3.3.1 MATERIALES E INSUMOS

Los materiales utilizados son:

- Concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> en edificaciones en construcción.
- Aditivo Sika Antisol
- Agua, arpilleras.
- Baldes y recipientes.
- Libretas y fichas de control de curado.

#### 3.3.2 EQUIPOS E INDUMENTARIA NECESARIA

Los equipos a utilizar son:

- Briqueteras de concreto en Número de 06 unidades.
- Herramientas manuales como: Buguis, palas, badilejos.
- Prensa para ensayo de Resistencia a la compresión del concreto.
- Libretas y fichas de control de ensayo.

#### 3.3.3 MATERIALES Y COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Los costos de materiales, equipos y otros se detallan:



**TABLA N° 14**  
**PRESUPUESTOS**

DESCRIPCIÓN DE INSUMOS Y OTROS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	P.U. S/.	PARCIAL S/.
<b>Materiales e Insumos</b>				
Concreto f'c=210 Kg/cm2 en edificaciones en construcción (Muestras)	UND.	48.00	10.00	480.00
Aditivo Sika Antisol	GLN	4.00	40.00	160.00
Arpilleras.	M	20.00	6.00	120.00
Baldes y recipientes.	UND.	4.00	10.00	40.00
Libretas y fichas de control de curado.	GLB	1.00	50.00	50.00
Papelería	GLB	1.00	200.00	200.00
Impresiones	GLB	1.00	200.00	200.00
Imprevistos	GLB	1.00	150.00	150.00
<b>Equipos e Indumentaria Necesaria</b>				
Briqueteras de concreto en Número de 06 unidades. (Alquiler)	UND	6.00	50.00	300.00
Herramientas manuales como: Buguis, palas, badilejos. (Alquiler)	GLB	1.00	50.00	50.00
Ensayo de Resistencia a la compresión del concreto.	und	48.00	25.00	1,200.00
Libretas y fichas de control de ensayo.	GLB	1.00	100.00	100.00
Alquiler de Equipos de cómputo	GLB	1.00	250.00	250.00
Alquiler de movilidad y combustibles	GLB	1.00	1,200.00	1,200.00
<b>PRESUPUESTO PREVISTO S/.</b>				<b>4,500.00</b>

### 3.3.4 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

#### A. TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestras, según Norma para muestras de concreto fresco se procedió a recoger las muestras en el lugar de la edificación, para cada edificación.

La muestra de estudio se conformó por 4 edificaciones en construcción o en proceso constructivo en las que se tomó 08 muestras, es decir 02 muestras para tipo de curado para aplicar cuatro condiciones de curado, haciendo un total de 32 ensayos de prueba a la resistencia a la compresión del concreto.

Se detalla el cuadro de muestras o briquetas en cuatro edificaciones diferentes y de elementos estructurales diferentes.

**TABLA Nº 15**

**MUESTRAS PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Probetas  Nº	SLUM  Pulg.	FECHA DE  MUESTREO	Nº MUESTRAS  CURADO CON AGUA	Nº MUESTRAS  CURADO CON AGUA Y ARPILLERA	Nº MUESTRAS  CON ADITIVO SIKA ANTISOL	Nº MUESTRAS  SIN CURADO	Nº MUESTRAS  PARCIAL	DISEÑO  f' c = Kg/cm2
<u>EDIFICACIÓN 1 VIVIENDA</u>								
Zapatas (Muestra 1)	3"	15/10/2015	1	1	1	1	4	210
Zapatas (Muestra 2)	3"	15/10/2015	1	1	1	1	4	210
<u>EDIFICACIÓN 2 PABELLON AULAS</u>								
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	1	1	1	1	4	210
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	1	1	1	1	4	210
<u>EDIFICACIÓN 3 VIVIENDA</u>								
Columnas (M-1)	3"	16/10/2015	1	1	1	1	4	210
Columnas (M-2)	3"	16/10/2015	1	1	1	1	4	210
<u>EDIFICACIÓN 4 VIVIENDA</u>								
Losa Aligerada (M-1)	3"	16/10/2015	1	1	1	1	4	210
Losa Aligerada (M-2)	3"	16/10/2015	1	1	1	1	4	210
			<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>32</b>	

## **B. CURADO**

El curado del concreto debe tener como objetivo principal el mantenerlo saturado hasta que los espacios originalmente ocupados por el agua en la pasta fresca se llenen con los productos de hidratación del cemento, reduciendo a un mínimo los poros capilares.

Se aplicaron cuatro condiciones de curado

- ✓ Método de curado con agua y protegida con arpillera
- ✓ Método de curado con agua.
- ✓ Método de curado con aditivo Sika Antisol
- ✓ Sin la aplicación de curado.

## **C. ENSAYO DE LABORATORIO**

En laboratorio se procedió con los ensayos de Resistencia a la compresión: ASTM C – 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034

La resistencia especificada para el concreto corresponde a la resistencia de diseño  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .

## **ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SEGÚN LOS MÉTODOS DE CURADO**

Según las condiciones de curado se procedió a realizar los ensayos los que mostramos:

## Método de curado con agua.

**TABLA N° 16**  
**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN N.T.:**  
**ASTM C – 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034**  
**MÉTODO DE CURADO CON AGUA.**

Probetas  N°	SLU M  Pulg .	FECHA DE  MOLDEO	EDAD  Días	FECHA DE  ROTURA	LECTUR A DEL DIAL EN Lbs.	AR EA  cm2	RESIST ENCIA  Kg/cm2	DISEÑO  f' c = Kg/cm 2	%  RESISTEN CIA
<u>EDIFICACIÓN 1 VIVIENDA</u>									
Zapatas (Muestra 1)	3"	15/10/2015	28	12/11/2015	81,250	180	205.08	210	97.66
Zapatas (Muestra 2)	3"	15/10/2015	28	12/11/2015	81,950	180	206.85	210	98.50
<u>EDIFICACIÓN 2 PABELLON AULAS</u>									
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28	12/11/2015	79,850	180	201.55	210	95.98
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28	12/11/2015	81,650	180	206.09	210	98.14
<u>EDIFICACIÓN 3 VIVIENDA</u>									
Columnas (M-1)	3"	16/10/2015	28	13/11/2015	79,950	180	201.80	210	96.10
Columnas (M-2)	3"	16/10/2015	28	13/11/2015	80,050	180	202.05	210	96.22
<u>EDIFICACIÓN 4 VIVIENDA</u>									
Losa Aligerada (M-1)	3"	16/10/2015	28	13/11/2015	79,700	180	201.17	210	95.80
Losa Aligerada (M-2)	3"	16/10/2015	28	13/11/2015	79,750	180	201.30	210	95.86
<b>PROMEDIO</b>							<b>203.24</b>		<b>96.78</b>

**Método de curado con agua y arpillera.**

**TABLA N° 17**  
**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN N.T. :**  
**ASTM C – 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034**  
**MÉTODO DE CURADO CON AGUA Y ARPILLERA.**

Probetas N°	SLU M Pulg .	FECHA DE MOLDEO	ED AD Día s	FECHA DE ROTURA	LECTUR A DEL DIAL EN Lbs.	AREA cm2	RESIST ENCIA Kg/cm2	DISEÑO f' c = Kg/cm 2	% RESISTEN CIA
<u>EDIFICACIÓN 1 VIVIENDA</u>									
Zapatatas (Muestra 1)	3"	15/10/2015	28	12/11/2015	89,750	180	226.54	210	107.88
Zapatatas (Muestra 2)	3"	15/10/2015	28	12/11/2015	89,200	180	225.15	210	107.21
<u>EDIFICACIÓN 2 PABELLON AULAS</u>									
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28	12/11/2015	93,400	180	235.75	210	112.26
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28	12/11/2015	93,450	180	235.88	210	112.32
<u>EDIFICACIÓN 3 VIVIENDA</u>									
Columnas (M-1)	3"	16/10/2015	28	13/11/2015	90,550	180	228.56	210	108.84
Columnas (M-2)	3"	16/10/2015	28	13/11/2015	91,900	180	231.97	210	110.46
<u>EDIFICACIÓN 4 VIVIENDA</u>									
Losa Aligerada (M-1)	3"	16/10/2015	28	13/11/2015	91,650	180	231.33	210	110.16
Losa Aligerada (M-2)	3"	16/10/2015	28	13/11/2015	92,150	180	232.60	210	110.76
<b>PROMEDIO</b>							<b>230.97</b>		<b>109.99</b>

## Método de curado con aditivo Sika Antisol

TABLA N° 18

**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN N.T.:  
ASTM C – 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034  
MÉTODO DE CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL**

Probetas N°	SLU M Pulg .	FECHA DE MOLDEO	ED AD Día s	FECHA DE ROTURA	LECTUR A DEL DIAL EN Lbs.	AREA cm2	RESIST ENCIA Kg/cm2	DISEÑO f' c = Kg/cm 2	% RESISTEN CIA
<u>EDIFICACIÓN 1 VIVIENDA</u>									
Zapatatas (Muestra 1)	3"	15/10/2015	28	12/11/2015	81,150	180	204.83	210	97.54
Zapatatas (Muestra 2)	3"	15/10/2015	28	12/11/2015	80,900	180	204.20	210	97.24
<u>EDIFICACIÓN 2 PABELLON AULAS</u>									
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28	12/11/2015	79,000	180	199.40	210	94.95
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28	12/11/2015	81,850	180	206.60	210	98.38
<u>EDIFICACIÓN 3 VIVIENDA</u>									
Columnas (M-1)	3"	16/10/2015	28	13/11/2015	75,650	180	190.95	210	90.93
Columnas (M-2)	3"	16/10/2015	28	13/11/2015	78,850	180	199.03	210	94.77
<u>EDIFICACIÓN 4 VIVIENDA</u>									
Losa Aligerada (M-1)	3"	16/10/2015	28	13/11/2015	80,450	180	203.06	210	96.70
Losa Aligerada (M-2)	3"	16/10/2015	28	13/11/2015	79,150	180	199.78	210	95.13
<b>PROMEDIO</b>							<b>200.98</b>		<b>95.71</b>

**Sin la aplicación de curado.**

**TABLA N° 19  
PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN N.T. :  
ASTM C – 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034  
SIN LA APLICACIÓN DE CURADO.**

Probetas  N°	SLU M  Pulg	FECHA DE MOLDEO	EDA D Días	FECHA DE ROTURA	LECTUR A DEL DIAL EN Lbs.	ARE A cm2	RESISTEN CIA Kg/cm2	DISEÑO f' c = Kg/cm 2	% RESISTEN CIA
<u>EDIFICACIÓN 1 VIVIENDA</u>									
Zapatas (Muestra 1)	3"	15/10/20 15	28	12/11/2015	69,950	180	176.56	210	84.08
Zapatas (Muestra 2)	3"	15/10/20 15	28	12/11/2015	71,100	180	179.46	210	85.46
<u>EDIFICACIÓN 2 PABELLON AULAS</u>									
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/20 15	28	12/11/2015	74,000	180	186.78	210	88.94
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/20 15	28	12/11/2015	73,650	180	185.90	210	88.52
<u>EDIFICACIÓN 3 VIVIENDA</u>									
Columnas (M-1)	3"	16/10/20 15	28	13/11/2015	68,350	180	172.52	210	82.15
Columnas (M-2)	3"	16/10/20 15	28	13/11/2015	69,650	180	175.80	210	83.72
<u>EDIFICACIÓN 4 VIVIENDA</u>									
Losa Aligerada (M-1)	3"	16/10/20 15	28	13/11/2015	72,550	180	183.12	210	87.20
Losa Aligerada (M-2)	3"	16/10/20 15	28	13/11/2015	71,800	180	181.23	210	86.30
<b>PROMEDIO</b>							<b>180.71</b>		<b>85.80</b>



#### D. COMPARACIÓN O CONTRASTE DE RESULTADOS

#### RESUMEN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SEGÚN LOS MÉTODOS DE CURADO

Según los métodos y condiciones de curado se realiza el cuadro comparativo:

#### COMPARACIONES ENTRE LOS MÉTODOS Y CONDICIONES DE CURADO

TABLA N° 20

#### RESUMEN DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

METODO DE CURADO	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm <sup>2</sup>	% ALCANZADO RESPECTO A LA RESISTENCIA DE DISEÑO	RESISTENCIA DE DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	DIFERENCIAS Kg/cm <sup>2</sup>	OBS.
CURADO CON AGUA	203.24 Kg/cm <sup>2</sup>	96.78%	210.00	-6.76	NO CUMPLE
CURADO CON AGUA Y ARPILLERA	230.97 Kg/cm <sup>2</sup>	109.99%	210.00	20.97	CUMPLE
RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>	210.00 Kg/cm <sup>2</sup>				
CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL	200.98 Kg/cm <sup>2</sup>	95.71%	210.00	-9.02	NO CUMPLE
SIN CURADO	180.17 Kg/cm <sup>2</sup>	85.80%	210.00	-29.83	NO CUMPLE

Edad del concreto:

28 DÍAS

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

##### RESUMEN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SEGÚN LOS MÉTODOS DE CURADO

Según los métodos y condiciones de curado se realiza el cuadro comparativo:

##### COMPARACIONES ENTRE LOS MÉTODOS Y CONDICIONES DE CURADO

**TABLA N° 20**  
**RESUMEN DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

METODO DE CURADO	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm <sup>2</sup>	% ALCANZADO RESPECTO A LA RESISTENCIA DE DISEÑO	RESISTENCIA DE DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	DIREFERENCIAS Kg/cm <sup>2</sup>	OBS.
CURADO CON AGUA	203.24 Kg/cm <sup>2</sup>	96.78%	210.00	-6.76	NO CUMPLE
CURADO CON AGUA Y ARPILLERA	230.97 Kg/cm <sup>2</sup>	109.99%	210.00	20.97	CUMPLE
RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>	210.00 Kg/cm <sup>2</sup>				
CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL	200.98 Kg/cm <sup>2</sup>	95.71%	210.00	-9.02	NO CUMPLE
SIN CURADO	180.17 Kg/cm <sup>2</sup>	85.80%	210.00	-29.83	NO CUMPLE

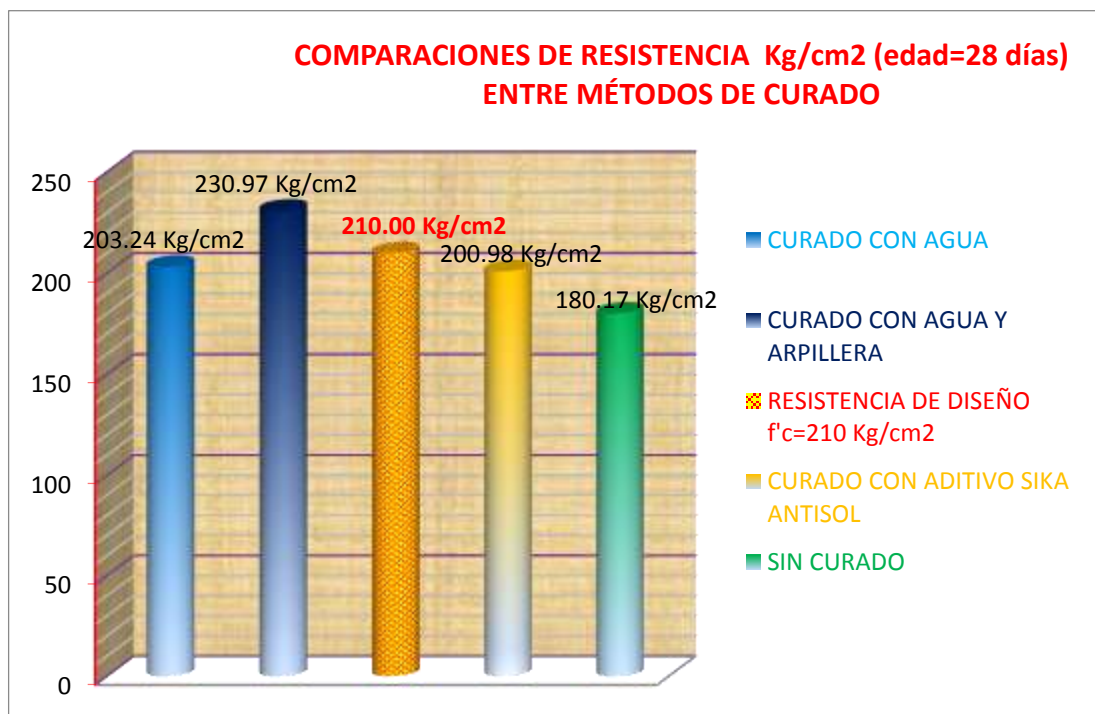
Edad del concreto:

28 DÍAS

## 4.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según los resultados podemos analizar los resultados según los métodos y condiciones de curado se realizan los cuadros comparativos:

**GRAFICO N° 01**  
**COMPARACIONES DE RESISTENCIA Kg/cm<sup>2</sup> (edad=28 días) ENTRE MÉTODOS DE CURADO**



**INTERPRETACIÓN:** Observando el gráfico de barras técnicamente podemos concluir: Que siendo la Resistencia de diseño de  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ , al que comparamos según cada condición de curado, únicamente el método de curado con agua y colocación de arpillera es el único que supera la resistencia de diseño, y que en las condiciones de curado método de curado con agua, método de curado con aditivo Sika Antisol y sin la aplicación de curado, es decir que ninguno de estos métodos cumple y alcanzan la resistencia de diseño.

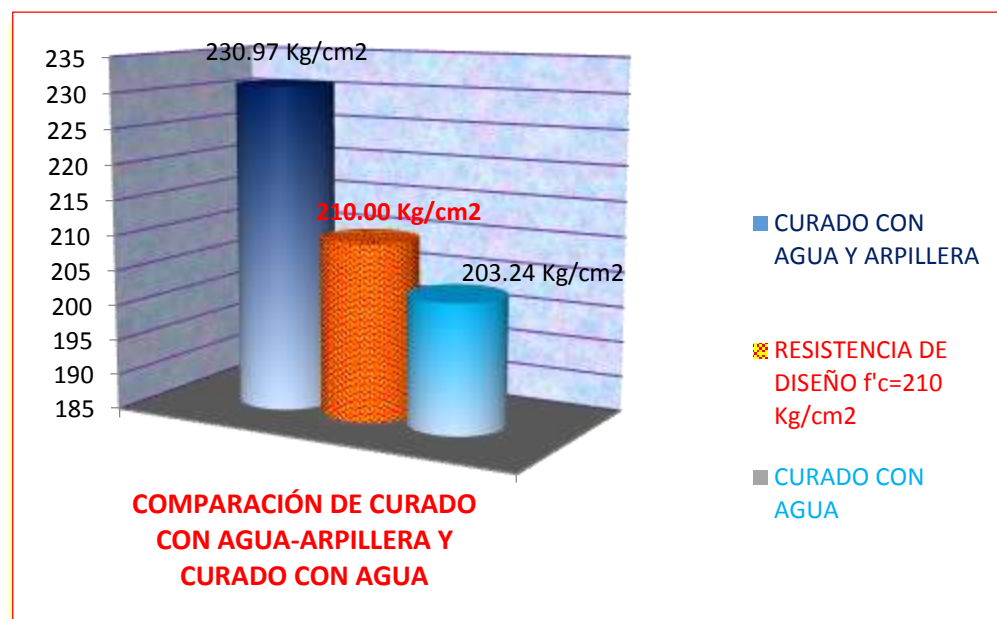
**COMPARACIONES DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y CURADO CON AGUA.**

**TABLA N° 21**  
**COMPARACIÓN DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y CURADO CON AGUA**

METODO DE CURADO	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA DE DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	DIFERENCIAS Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
CURADO CON AGUA Y ARPILLERA	230.97 Kg/cm <sup>2</sup>	210.00	20.97	CUMPLE
RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>	210.00 Kg/cm <sup>2</sup>			
CURADO CON AGUA	203.24 Kg/cm <sup>2</sup>	210.00	-6.76	NO CUMPLE

**GRAFICO N° 02**

**COMPARACIÓN DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y CURADO CON AGUA**



**INTERPRETACIÓN:** Observando el gráfico de barras técnicamente podemos concluir: Que siendo la Resistencia de diseño de f'c=210Kg/cm<sup>2</sup>, al que comparamos según condición del método de curado con agua-arpillera y curado con agua; el curado con agua-arpillera supera en 27.73 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión.

**TABLA N° 22**

**COMPARACIÓN DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL**

METODO DE CURADO	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA DE DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	DIFERENCIAS Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
CURADO CON AGUA Y ARPILLERA	230.97 Kg/cm <sup>2</sup>	210.00	20.97	CUMPLE
RESISTENCIA DE DISEÑO f' <sub>c</sub> =210 Kg/cm <sup>2</sup>	210.00 Kg/cm <sup>2</sup>			
CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL	200.98 Kg/cm <sup>2</sup>	210.00	-9.02	NO CUMPLE

**GRAFICO N° 03**

**COMPARACIÓN DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL**



**INTERPRETACIÓN:** Observando el gráfico de barras técnicamente podemos concluir: Que siendo la Resistencia de diseño de f'<sub>c</sub>=210Kg/cm<sup>2</sup>, al que comparamos según condición del método de curado con agua-arpillera y curado con aditivo Sika Antisol; el curado con agua-arpillera supera en 29.99 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión.

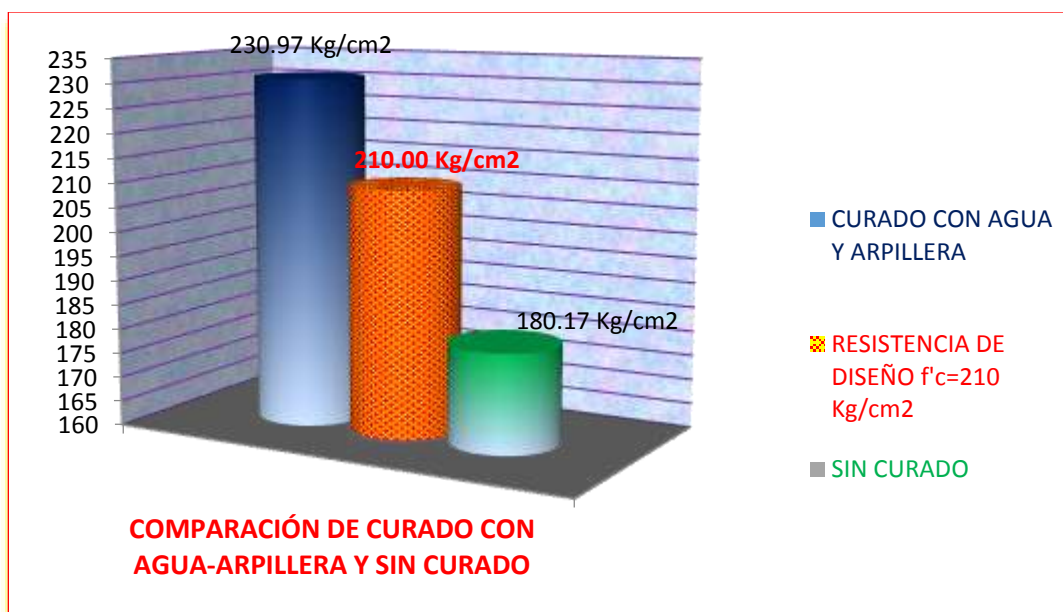
**TABLA N° 23**

**COMPARACIÓN DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y SIN CURADO**

METODO DE CURADO	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA DE DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	DIFERENCIA S Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
CURADO CON AGUA Y ARPILLERA	230.97 Kg/cm <sup>2</sup>	210.00	20.97	CUMPLE
RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>	210.00 Kg/cm <sup>2</sup>			
SIN CURADO	180.17 Kg/cm <sup>2</sup>	210.00	-29.83	NO CUMPLE

**GRAFICO N° 04**

**COMPARACIÓN DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA Y SIN CURADO**



INTERPRETACIÓN: Observando el gráfico de barras técnicamente podemos concluir: Que siendo la Resistencia de diseño de f'c=210Kg/cm<sup>2</sup>, al que comparamos según condición del método de curado con agua-arpillera y sin curado; el curado con agua-arpillera supera en 50.80 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión.

## V. CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Los métodos de curados normales y con aditivo influyen significativamente en la resistencia del concreto porque cuando al concreto no se le realiza el curado puede llegar a disminuir su resistencia hasta un 20% de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio. El método de curado más adecuado para esta condición es con agua y colocación de arpillera y es el único que supera la resistencia de diseño  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , comparado en las condiciones de curado método de curado con agua, método de curado con aditivo Sika Antisol y sin la aplicación de curado; con esto concluimos que los métodos de curados normales y curado con aditivo son necesarios ya que si a un concreto no se le cura adecuadamente este no llega a la resistencia del diseño, para el caso a  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
- SEGUNDA:** El curado del concreto con agua-arpillera influye en un 20.97  $\text{kg/cm}^2$  mayor con respecto al diseño de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ . Por lo tanto, el curado con agua-arpillera supera la resistencia en 110 % a la compresión, a los 28 días; este tipo de curado es el más adecuado; adicionalmente podemos indicar que el método de curado en la temporada de helada cumple una doble función la de proteger de las bajas temperaturas al concreto.
- TERCERA:** El curado del concreto con agua influye en un -6.76  $\text{Kg/cm}^2$  menor con respecto al diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Por lo tanto, el curado con agua no supera la resistencia de 100 % a la compresión, a los 28 días; este tipo de curado es el más común en nuestra zona, pero con los resultados obtenidos podemos observar que no es un buen método de curado ya que no alcanza la resistencia de diseño y en temporada de helada su resistencia disminuye considerablemente.

**CUARTA:** El curado del concreto con aditivo Sika Antisol influye en un – 9.02 Kg/cm<sup>2</sup> menor con respecto al diseño de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, el curado con agua no supera la resistencia de 100 % a la compresión, a los 28 días; pero, económicamente es el curado que demanda mayor gasto y mano de obra calificada para su aplicación de Sika antisol en el concreto.

**QUINTA:** El curado del concreto sin la aplicación de un método influye en un –29.83 Kg/cm<sup>2</sup> menor con respecto al diseño de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, el curado sin la aplicación de un método de curado no supera la resistencia de 100 % a la compresión, a los 28 días; y de hecho es muy perjudicial para la calidad de concreto y la obra en construcción.



## VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Para el curado del concreto utilizando arpillera humedecida se recomienda tener sumo cuidado en los traslapes, también verificar cada cierto tiempo que debajo de la arpillera este siempre húmedo uniformemente, también cuidar de los vientos que pueden retirar la arpillera del concreto, también antes de colocar la arpillera verificar que esté limpia sin sustancias tóxicas que puedan dañar, manchar el concreto.
- SEGUNDA:** Para el curado del concreto utilizando cualquier método es indispensable el control adecuado y en losas aligeradas, macizas y pavimentos, es decir en superficies horizontales se recomienda el curado con arena humedecida (arroceras) y se recomienda extender uniformemente la arena sobre el concreto, rociar agua cada cierto tiempo, que la arena esté libre de sustancias orgánicas y sea gradualmente uniforme.
- TERCERA:** Se recomienda que la Universidad a través de la facultad de Ingenierías y Arquitectura, motive más investigaciones relacionadas con el proceso constructivo en edificaciones, y que los aportes obtenidos puedan ser difundidos en la ciudad de Juliaca como proyección y contribución técnica de la carrera académico profesional de Ingeniería Civil.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ABANTO CASTILLO, Flavio. **“Tecnología del concreto”** – Segunda edición.
2. ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CEMENTO ASOCEM (1989) – **“Boletines Técnicos”**, Lima – Perú.
3. ASTM – Normas Indicadas.
4. DE LAS CASAS Pasquel, J. - **Algunos Aspectos importantes para lograr un buen concreto**
5. GONZALES DE LA COTERA S. (1996) **Requerimientos del Cemento en los Reglamentos de la Construcción ASOCEM.**
6. NEVILLE, Adam M. - Tecnología del Concreto
7. PASQUEL CARBAJAL, Enrique. **Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú.** Primera y Segunda Edición
8. PASQUEL CARBAJAL, Enrique (1984) **“Curado de Concreto en el Altiplano empleando recursos de la zona”** – VI Congreso Nacional de Ingeniería Civil – Cajamarca.
9. RIVVA LOPEZ, Enrique (1988). **Recomendaciones para el proceso de puesta en obra de estructuras de concreto.** Lima – Perú.
10. ROMERO UMLAUFF, Alfredo. (1998) **Concretos en condiciones extremas de temperatura.** I Congreso Nacional de Ingeniería Estructural y Construcciones ACI-CAPITULO PERUANO, Lima – Perú
11. SANCHEZ DE GUZMAN D - **Tecnología del Concreto y del Mortero.**
12. ACI Committee 305 (1999). **“Hot Weather Concreting”**, ACI 305-R99, Detroit.

13. ACI Committee 308 (2002). **“Guide to Curing Concrete”**, ACI 308R-01, Detroit.
14. González, F. (2000). **“Manual de supervisión de obras de concreto”**, 2ª edición Limusa Noriega Editores, México
15. INTERNET:
  - ◆ <http://www.katodos.com/doctos/81f459021729e3a6bf02db0430923c9b.doc>
  - ◆ <http://fic.uni.edu.pe/construccion/concreto/Concreto%201/curado%20concreto.ppt>
  - ◆ <http://www.arqhys.com/arquitectura/concreto-curado.html>
  - ◆ [http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP\\_11\\_ES.pdf](http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP_11_ES.pdf)

# TERRA-CON-PAV

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



## PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

**PROYECTO:** TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN EDIFICACIONES APLICANDO LOS METODOS DE CURADO CON AGUA-ARPELLERA, CURADO CON AGUA, CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL Y SIN CURADO EN LA CIUDAD DE JULIACA OCTUBRE-DICIEMBRE 2015"  
 N.T.: ASTM C - 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034

**MUESTRA:** Concreto  
 Parte de la Estructura  
 : Tomadas por el solicitante  
 :  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
 : Varias

**SOLICITADO POR:** Bach. VALENTINA VIRGINIA CHOQUE MAMANI  
**UBICACION:** Juliaca - San Román - Puno  
**OPERADOR:** Personal de laboratorio

Probeta N°	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN Lbs.	AREA cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	DISEÑO $f_c = \text{Kg/cm}^2$	% RESISTENCIA	OBSER.
<b>EDIFICACION 1 VIVIENDA</b>										
Zapatas (Muestra 1)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	81,250.00	180	205.08	210	97.66	NO CUMPLE
Zapatas (Muestra 2)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	81,950.00	180	206.85	210	98.50	NO CUMPLE
<b>EDIFICACION 2 PABELLON AULAS</b>										
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	79,850.00	180	201.55	210	95.98	NO CUMPLE
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	81,650.00	180	206.09	210	98.14	NO CUMPLE
<b>EDIFICACION 3 VIVIENDA</b>										
Columnas (M-1)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	79,950.00	180	201.80	210	96.10	NO CUMPLE
Columnas (M-2)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	80,050.00	180	202.05	210	96.22	NO CUMPLE
<b>EDIFICACION 4 VIVIENDA</b>										
Losa Aligerada (M-1)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	79,700.00	180	201.17	210	95.80	NO CUMPLE
Losa Aligerada (M-2)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	79,750.00	180	201.30	210	95.86	NO CUMPLE

**OBSERVACIONES:** Las muestras fueron tomadas por el solicitante.  
 Método de curado: CURADO CON AGUA

FECHA: 13/11/2015



*[Signature]*  
 JEFE DE LABORATORIO





## PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

**PROYECTO:** TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN EDIFICACIONES APLICANDO LOS MÉTODOS DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA, CURADO CON AGUA, CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL Y SIN CURADO EN LA CIUDAD DE JULIACA, OCTUBRE-DICIEMBRE 2015"  
N.T.: ASTM C - 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034

**MUESTRA:** Concreto  
: Tomadas por el solicitante  
:  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

**Parte de la Estructura:**  
: Varias

**SOLICITADO POR:** Bach. VALENTINA VIRGINIA CHOQUE MAMANI  
**UBICACIÓN:** Juliaca - San Román - Puno  
**OPERADOR:** Personal de laboratorio

Probetas N°	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	EDAD Días	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN Lbs.	AREA cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	DISEÑO $f_c = \text{Kg/cm}^2$	% RESISTENCIA	OBSER.
<b>EDIFICACIÓN 1 VIVIENDA</b>										
Zapatas (Muestra 1)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	89,750.00	180	226.54	210	107.88	CUMPLE
Zapatas (Muestra 2)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	89,200.00	180	225.15	210	107.21	CUMPLE
<b>EDIFICACIÓN 2 PABELLON AJUJAS</b>										
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	93,400.00	180	235.75	210	112.26	CUMPLE
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	93,450.00	180	235.88	210	112.32	CUMPLE
<b>EDIFICACIÓN 3 VIVIENDA</b>										
Columnas (M-1)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	90,550.00	180	228.56	210	108.84	CUMPLE
Columnas (M-2)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	91,900.00	180	231.97	210	110.46	CUMPLE
<b>EDIFICACIÓN 4 VIVIENDA</b>										
Losa Aligerada (M-1)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	91,650.00	180	231.33	210	110.16	CUMPLE
Losa Aligerada (M-2)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	92,150.00	180	232.60	210	110.76	CUMPLE

**OBSERVACIONES:** Método de curado : Las muestras fueron tomadas por el solicitante  
: CURADO CON AGUA Y ARPILLERA

**FECHA:** 13/11/2015



*[Firma]*  
JEFE DE LABORATORIO



## PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

N.T. : ASTM C - 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034  
 TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN EDIFICACIONES APLICANDO LOS MÉTODOS DE CURADO CON AGUA-ARPELLERA, CURADO CON AGUA, CURADO CON ADITIVO SIKKA ANTISOL Y SIN CURADO EN LA CIUDAD DE JULIACA OCTUBRE-DICIEMBRE 2015"

SOLICITADO POR : Bach. VALENTINA VIRGINIA CHOQUE MAMANI  
 UBICACIÓN : Juliaca - San Román - Puno  
 OPERADOR : Personal de laboratorio

Tomadas por el solicitante  
 :  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
 : Varias

PROYECTO:

MUESTRA

Concreto

Parte de la Estructura

Probetas N°	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	EDAD Días	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN Lbs.	AREA cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	DISEÑO $f_c = \text{Kg/cm}^2$	% RESISTENCIA	OBSER.
<b>EDIFICACIÓN 1 VIVIENDA</b>										
Zapatillas (Muestra 1)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	81,150.00	180	204.83	210	97.54	NO CUMPLE
Zapatillas (Muestra 2)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	80,900.00	180	204.20	210	97.24	NO CUMPLE
<b>EDIFICACIÓN 2 PABELLON AJUJAS</b>										
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	79,000.00	180	199.40	210	94.95	NO CUMPLE
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	81,850.00	180	206.60	210	98.38	NO CUMPLE
<b>EDIFICACIÓN 3 VIVIENDA</b>										
Columnas (M-1)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	75,650.00	180	190.95	210	90.93	NO CUMPLE
Columnas (M-2)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	78,850.00	180	199.03	210	94.77	NO CUMPLE
<b>EDIFICACIÓN 4 VIVIENDA</b>										
Losa Algerada (M-1)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	80,450.00	180	203.06	210	96.70	NO CUMPLE
Losa Algerada (M-2)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	79,150.00	180	199.78	210	95.13	NO CUMPLE

OBSERVACIONES : Las muestras fueron tomadas por el solicitante  
 Método de curado : CURADO CON ADITIVO SIKKA ANTISOL

FECHA : 13/11/2015



  
 JEFE DE LABORATORIO



## PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

**PROYECTO:** TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN EDIFICACIONES APLICANDO LOS METODOS DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA, CURADO CON AGUA, CURADO CON ADITIVO SBA ANTISOL Y SIN CURADO EN LA CIUDAD DE JULIACA OCTUBRE-DICIEMBRE 2015"  
 N.T.: ASTM C - 39, AASHTO T-22, NTP 339 - 034

**MUESTRA** : Tomadas por el solicitante  
**Concreto** :  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
**Parte de la Estructura** : Varias

**SOLICITADO POR** : Bach. VALENTINA VIRGINIA CHOQUE MAMANI  
**UBICACION** : Juliaca - San Román - Puno  
**OPERADOR** : Personal de laboratorio

Pruebas N°	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN Lbs.	AREA cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	DISEÑO $f_c = \text{Kg/cm}^2$	% RESISTENCIA	OBSER.
<b>EDIFICACION 1 VIVIENDA</b>										
Zapatillas (Muestra 1)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	69,950.00	180	176.56	210	84.08	NO CUMPLE
Zapatillas (Muestra 2)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	71,100.00	180	179.46	210	85.46	NO CUMPLE
<b>EDIFICACION 2 PABELLON AULAS</b>										
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	74,000.00	180	166.78	210	88.94	NO CUMPLE
Vigas de Cimentación (M-1)	3"	15/10/2015	28.00	12/11/2015	73,650.00	180	165.90	210	88.52	NO CUMPLE
<b>EDIFICACION 3 VIVIENDA</b>										
Columnas (M-1)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	68,350.00	180	172.52	210	82.15	NO CUMPLE
Columnas (M-2)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	69,650.00	180	175.80	210	83.72	NO CUMPLE
<b>EDIFICACION 4 VIVIENDA</b>										
Losa Aligerada (M-1)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	72,550.00	180	183.12	210	87.20	NO CUMPLE
Losa Aligerada (M-2)	3"	16/10/2015	28.00	13/11/2015	71,800.00	180	181.23	210	86.30	NO CUMPLE

**OBSERVACIONES** : Las muestras fueron tomadas por el solicitante  
**Método de curado** : SIN CURADO

FECHA : 13/11/2015



*[Signature]*  
JEFE DE LABORATORIO



# HOJA TÉCNICA

## Sika® Antisol® S

Compuesto líquido para el curado de concreto

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Antisol® S es una emulsión líquida que cuando es aplicada con un pulverizador sobre concreto fresco desarrolla una película impermeable y sellante de naturaleza micro cristalina. Asegura una protección perfecta al concreto después que el cemento ha reaccionado positivamente. de gran adherencia y resistencia mecánica para anclajes estructurales.

#### USOS

Sika® Antisol® S ofrece una protección durable y consistente del concreto fresco contra una evaporación demasiado rápida debido a la acción del sol y viento, por lo tanto previene el desarrollo de fisuras superficiales en la mezcla de cemento en proceso de endurecimiento.

Es especialmente apropiado para el tratamiento de superficies verticales donde la previsión es realizada para la posterior protección de la estructura sin efectos negativos.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

Si el Sika® Antisol® S es aplicado correctamente no mancha las superficies. Hace las superficies muy resistentes y compactas debido a que el residuo cristalino del producto cierra todos los poros superficiales del concreto incorporándose en éste. Además, la película no impide la adherencia de tratamientos posteriores o pinturas.

Adicionalmente, se puede caminar (tráfico ligero) sobre las áreas tratadas sólo después de 24 horas.

### NORMA

Cumple con la Norma U.N.I. 8656 bajo la clase tipo 1.

### DATOS BÁSICOS

#### FORMA

#### ASPECTO

Líquido

#### COLORES

Transparente

#### PRESENTACIÓN

- Balde x 20 L.
- Cilindro x 200 L.



<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> Sika® Antisol® S puede ser almacenado en un sitio libre de congelamiento a temperaturas sobre los +5 °C durante 2 años.
-----------------------	---

<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>DENSIDAD</b> 1.11 kg/L ± 0.01
-----------------------	-------------------------------------

## INFORMACIÓN DEL SISTEMA

<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b> El consumo de Sika® Antisol® S es de 162 cm <sup>3</sup> – 180 cm <sup>3</sup> de producto por m <sup>2</sup> de superficie. Haciendo uso de un equipo pulverizador operado por una sola persona, se puede aplicar alrededor de 1000 m <sup>2</sup> de superficie en una jornada de 8 horas.
-------------------------------	--

<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MODO DE APLICACIÓN</b> Sika® Antisol® S debe ser aplicado puro mediante un equipo pulverizador a una presión aproximada de 1 atmósfera de presión, pulverizándolo directamente en una sola pasada sobre el concreto fresco. La aplicación debe ser realizada después de colocado y acabado el concreto inmediatamente después que el agua superficial haya desaparecido, teniendo cuidado de lograr una película de protección continua y consistente. En el caso de superficies verticales, inmediatamente después de retirar el encofrado las superficies deben ser lavadas con agua limpia y luego el producto debe ser pulverizado en forma uniforme sobre la superficie.  <b>DESECHO</b> No arrojar el producto a ríos, canales o al suelo. No arrojar los envases vacíos en el medio ambiente El producto no es tóxico ni inflamable
-----------------------------	--

## INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

<b>PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN</b>	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma naturales o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
-------------------------------------	--

<b>OBSERVACIONES</b>	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a>
----------------------	--

<b>NOTAS LEGALES</b>	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a> .
----------------------	---

Hoja Técnica  
Sika® Antisol® S  
19.11.14, Edición 10

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### Título: “ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN EDIFICACIONES APLICANDO LOS METODOS DE CURADO CON AGUA-ARPILLERA, CURADO CON AGUA, CURADO CON ADITIVO SIKA ANTISOL Y SIN CURADO EN LA CIUDAD DE JULIACA OCTUBRE-DICIEMBRE 2015”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICA E INSTRUMENTO	CRITERIOS DE VALORACIÓN
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>¿Cuáles son los efectos de la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando los métodos de curado con agua-arpillera, curado con agua, curado con aditivo Sika Antisol y sin curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>¿Cuáles es el efecto de la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando los métodos de curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015?</li> <li>¿Cuál es el efecto de la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con agua-arpillera, en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015?</li> <li>¿Cuál es el efecto de la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con agua, en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015?</li> <li>¿Cuál es el efecto de la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con aditivo Sika Antisol en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015?</li> <li>¿Cuál es el efecto de la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones sin aplicar un método de curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015?</li> </ol>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>Determinar los efectos de la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando los métodos de curado con agua-arpillera, curado con agua, curado con aditivo Sika Antisol y sin curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Comparar la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando los métodos de curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.</li> <li>Determinar el efecto de la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con agua-arpillera, en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015</li> <li>Determinar el efecto de la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con agua, en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.</li> <li>Determinar el efecto de la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con aditivo Sika Antisol en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.</li> <li>Determinar el efecto de la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones sin aplicar un método de curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.</li> </ol>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>Los efectos de la resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones serán diferentes aplicando los métodos de curado con agua-arpillera, curado con agua, curado con aditivo Sika Antisol y sin curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015</p> <p><b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>La resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con agua-arpillera, será diferente en comparación a los métodos de curado con agua, curado con aditivo Sika Antisol y sin curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.</li> <li>La resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con agua, será diferente en comparación a los métodos de curado con agua-arpillera, con aditivo Sika Antisol y sin curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.</li> <li>La resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones aplicando el método de curado con aditivo Sika Antisol, será diferente en comparación a los métodos de curado con agua-arpillera, con agua y sin curado en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.</li> <li>La resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones sin aplicar un método de curado, será diferente en comparación a los métodos de curado con agua-aditivo, con agua y con aditivo Sika Antisol en la ciudad de Juliaca octubre-diciembre 2015.</li> </ol>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <p>Método de curado del concreto.</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <p>Resistencia a la comprensión del concreto en edificaciones.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Método de curado con agua - arpillera</li> <li>Método de curado con agua.</li> <li>Método de curado con aditivo Sika Antisol.</li> <li>Resistencia a la Compresión sin aplicar un método de curado.</li> </ol> <p>Incidencia técnica en la calidad del concreto y de la edificación.</p>	<p>Método estándar de prueba de resistencia a la comprensión de probetas cilíndricas de concreto ASTM C-39.</p> <p>Método estándar de prueba de resistencia a la comprensión de probetas cilíndricas de concreto ASTM C-39.</p> <p>Método estándar de prueba de resistencia a la comprensión de probetas cilíndricas de concreto ASTM C-39.</p> <p>Método estándar de prueba de resistencia a la comprensión de probetas cilíndricas de concreto ASTM C-39.</p> <p>Los resultados de las pruebas de Resistencia a la comprensión del concreto se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla los requerimientos de la resistencia específica <math>f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2</math> en la edificación.</p>	<p>Ensayo de laboratorio. de</p> <p>Ensayo de laboratorio. de</p> <p>Ensayo de laboratorio. de</p> <p>Ensayo de laboratorio. de</p> <p>Contraste de resultado de las pruebas de resistencia a la comprensión para concreto <math>f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2</math> en edificaciones.</p>	<p><math>f_c = \text{Kg/cm}^2</math></p> <p><math>f_c = \text{Kg/cm}^2</math></p> <p><math>f_c = \text{Kg/cm}^2</math></p> <p><math>f_c = \text{Kg/cm}^2</math></p> <p>Edificación de calidad en el concreto.</p>

## PANEL FOTOGRAFICO



*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE OBSERVA LA MUESTRA DE CONCRETO.*



*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE OBSERVA LA COMPACTACIÓN CON LA BARRA PARA ELIMINAR LOS VACIOS QUE PUDIERAN HABER QUEDADO EN LA MUESTRA.*





*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE OBSERVA LA COMPACTACION CON LA BARRA APLICANDO 25 GOLPES VERTICALES.*



*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE OBSERVA EL CONSOLIDADO DE LAS TRES CAPAS.*



*DESCRIPCIN: EN LA FOTO SE MUESTRA EL LLENADO DE LA PRIMERA CAPA.*



*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE OBSERVA LA COMPACTACIÓN CON LA BARRA APLICANDO 25 GOLPES VERTICALES EN LA PRIMERA CAPA.*



*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE OBSERVA EL LLENADO DE LA TERCERA CAPA.*



*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE OBSERVA EL ENRASADO A TOPE CON EL BORDE SUPERIOR DEL MOLDE.*





*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE OBSERVA EL PROCESO FINALIZADO DE SACADO DE MUESTRAS.*



*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE MUESTRA LOS TESTIGOS PARA EL TRASLADO AL LABORATORIO DE SUELOS.*



*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE OBSERVA LA PRENSA ELECTRICA DIGITAL PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN.*



*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE OBSERVA LA ROTURA DEL TESTIGO.*





*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE OBSERVA UNA VISTA SUPERIOR DEL TESTIGO YA SOMETIDO A COMPRESIÓN.*



*DESCRIPCIÓN: EN LA FOTO SE OBSERVA IMÁGENES DE LOS MOLDES DE LOS TESTIGOS Y EL CONO DE ABRAMS.*



*DESCRIPCIÓN: EN LA FIGURA SE OBSERVA LAS DIMENSIONES DEL MOLDE DE CILINDRO PARA EL ENSAYO A COMPRESIÓN.*