



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**VENTAJAS COMPARATIVAS DEL CURADO DE CONCRETO CON
AGUA VS CURADO DE CONCRETO CON PRODUCTOS QUÍMICOS EN
LA CIUDAD DE HUARAZ-2012**

INVESTIGADOR RESPONSABLE

VÍCTOR RAÚL VILLEGAS ZAMORA

INVESTIGADOR CORRESPONSABLE

MIGUEL RONALD CORRALES PICARDO

Huaraz – Perú
2012

Nº. Registro:

AGRADECIMIENTO

- A la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” por apoyarnos en nuestro perfeccionamiento permanente y así contribuir al desarrollo de nuestra región.
- En nuestro corazón sólo hay sentimientos de gratitud a quienes trabajan en ella, es aquí donde conocimos personas con corazón noble y que siempre estuvieron dispuestos a ayudarnos.
- Agradecemos a Dios por darnos la sabiduría para descubrir lo correcto y la voluntad para realizarlo.
- A nuestras esposas e hijos que nos han dado la fuerza indispensable para seguir avanzando.

A nuestras queridas esposas,
a nuestros adorables hijos, por tanto
sacrificio y esfuerzo y por la esperanza de
mirar siempre en nosotros, un mañana mejor
¡Gracias pero muchas gracias seres queridos!

ÍNDICE

	Página
Resumen	vii
Abstract	viii
1. INTRODUCCIÓN	1 – 2
2. ASPECTO CONCEPTUAL	2 – 24
2.1. Planteamiento del problema	2 - 3
2.2.1. Planteamiento del problema	2
2.1.2. Formulación del problema	3
2.2. Objetivos	3
2.2.1. Objetivo general	3
2.2.2. Objetivos específicos	3
2.3. Justificación	4
2.4. Marco Teórico	4 – 24
2.4.1. Antecedentes de la investigación	4 – 7
2.4.2. Bases teóricas	8 – 10
2.4.3. Definición de términos	10 – 24
2.5. Hipótesis y variables	24
3. ASPECTO METODOLÓGICO	24 – 27
3.1. Tipo de estudio	24 – 25

3.1.1 De acuerdo a la orientación	24 – 25
3.1.2 De acuerdo a la técnica de contrastación	25
3.2. Diseño de la investigación	25 – 26
3.3. Población o universo	26
3.4. Unidad de análisis y muestra	26
3.5. Instrumentos de recopilación de datos	27
3.6. Análisis estadístico e interpretación de la información	27
4. RESULTADOS	28 – 78
4.1. Ubicación de la cantera	28 – 29
4.2 Potencia de la cantera	29
4.3. Agregados	29 - 52
4.3.1. Clasificación	30
4.3.2. Características Físicas	30 – 52
4.3.2.1. Contenido de humedad	30 – 34
4.3.2.2. Absorción	35 – 36
4.3.2.3. Peso específico	37 – 43
4.3.2.4. Granulometría	44 – 48
4.3.2.5. Pesos unitarios	49 – 51
Resumen de características físicas de agregados	52
4.4. Diseño de Mezclas de Concreto	53 - 59

4.4.1. Definición	53
4.4.2. Método de diseño	53 – 55
4.4.3. Factores de seguridad y diseño de mezcla	56 - 59
4.4.4. Resistencias a la compresión	60
4.4.5. Ensayo de briquetas de concreto	60 – 72
4.5. Análisis de Costos Unitarios	73 - 77
4.6. Discusión	78
5. CONCLUSIONES	79 - 80
6. RECOMENDACIONES	80 - 81
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

RESUMEN

En la ciudad de Huaraz, en la construcción de obras se emplea concreto fabricado con agregados de la cantera del río Santa-sector Taclán, realizando el curado con agua por un periodo mínimo de siete (7) días, el cual es indispensable por que reacciona con el cemento y actúa como lubricante para la trabajabilidad del concreto. El agua adicional que contribuye a hidratar al cemento por curado representa la quinta parte del agua para la mezcla.

En la actualidad el curado del concreto en Huaraz también se realiza con producto químico Antisol S, cumpliendo las especificaciones del fabricante.

En la presente investigación se determina con cuál de los curados de concreto se incrementa o reduce de resistencia a la compresión.

En base a las características físicas de los agregados, se ha diseñado mezclas de concreto para resistencias a la compresión de 210 y 280 kg/cm², empleando el método del Instituto Americano del Concreto, se elaboraron briquetas, se ensayaron en laboratorio mediante la máquina de carga uniaxial para obtener las resistencias a la compresión y realizado el análisis de costos unitarios.

Se reporta que, concretos curados con agua arrojan una resistencia promedio a la compresión del 21 % (39.22 kg/cm²) mayor que los concretos curados con antisol s, a pesar que el curado de concreto con antisol s tiene un mayor costo unitario en 213 % (S/. 3.13) más que el costo unitario del curado con agua; para resistencias a la compresión que se hallan en el rango de 210 kg/cm² a 280 kg/cm².

Palabras clave: concreto, agregado, cemento, curado, ensayo, resistencia, compresión, briketa, uniaxial, costo, unitario.

ABSTRACT

In the city of Huaraz, in the construction of concrete used manufactured aggregates quarry river Santa-Tacllán, making the water cure for a minimum of seven (7) days, which is essential for reactive with cement and acts as a lubricant for the workability of concrete. The additional water helps hydrate the cement is cured fifth of water for mixing.

Today the curing of concrete in Huaraz also performed with chemical Antisol S, fulfilling the specifications of the manufacturer.

In the present research is to determine which of the cured concrete increases or decreases of compressive strength.

In based on the physical characteristics of the aggregates, is intended mixtures for produced concrete compressive strengths of 210 and 280 kg/cm², using the method of the American Concrete Institute, were briquettes, were tested in the laboratory by the machine uniaxial loading for the compressive strength and performed the analysis of unit costs.

Reportedly, concrete water-cured cast a compressive strength average of 21% (39.22 kg/cm²) greater than concrete cured antisol s, although concrete curing antisol s, has a higher unit cost in 213 % (S / . 3.13) more than the unit cost of water curing, for compressive strengths that are in the range of 210 kg/cm² to 280 kg/cm².

Key words: concrete, aggregate, cement, curing, testing, resistance, compression, briquette, uniaxial, cost, unit.

1. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Huaraz en la construcción de edificaciones y diversas obras, se emplea concreto fabricado con agregados procedentes de la cantera del río Santa, sector Taclán, realizando el curado con agua potable ó teniendo en cuenta la regla empírica que, si el agua es apta para consumo humano es apta para el concreto, por un periodo mínimo de siete (7) días y máximo de (14) días, el cual es indispensable para la hidratación del concreto y del desarrollo de sus propiedades. El agua que se emplea en curado produce hidratación adicional del cemento y cumple las siguientes funciones: reacciona con el cemento para hidratarlo, actúa como lubricante para la trabajabilidad del concreto y prepara la estructura de vacíos en la pasta de cemento-agua para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse. La cantidad de agua en la mezcla de concreto es normalmente para la trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. El agua adicional que contribuye a hidratar al concreto debido al curado representa la quinta parte del agua para la mezcla.

En la actualidad el curado del concreto también se realiza con productos químicos, cumpliendo las especificaciones del fabricante.

La presente investigación es importante por que el curado de concreto se realiza en forma indiscriminada, en algunos casos con agua y en otros con productos químicos, sin importar con cual de los curados de concreto se obtiene incremento o reducción de resistencia a la compresión.

El presente estudio pretende determinar la influencia en la resistencia a la compresión del tipo de curado del concreto con las mismas condiciones de diseño y proporciones de sus componentes en su fabricación

La presente investigación tiene relevancia en la ciudad de Huaraz y zonas similares en altura y clima, puesto que involucra a todos los agentes dedicados a la industria de la construcción tanto de edificaciones como obras de diferente naturaleza donde se emplea el concreto. Los resultados obtenidos contribuyen a mejorar los aspectos técnicos y económicos en la ejecución de obras en la ciudad de Huaraz, repercutiendo positivamente en el desarrollo de la región y del país.

La investigación se desarrolla en la ciudad de Huaraz, empleando agregados de la cantera del río Santa-sector Taclán, haciendo uso de los laboratorios de mecánica de suelos y ensayos de materiales.

2. ASPECTO CONCEPTUAL

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.1. Planteamiento o definición del problema

En la ciudad de Huaraz, en obras en las que se emplea concreto, el curado se realiza con agua y en algunos casos con productos químicos, sin tener en cuenta con que curado y en cuanto se verá incrementada o disminuida la resistencia a la compresión, la cual es una especificación técnica para el diseño y construcción de obras.

2.1.2. Formulación del problema de investigación

¿Cómo saber cual de los curados del concreto es mas eficiente, si el curado con agua o el curado con producto químico; para lograr mayor resistencia a la compresión y cuál de ellos tiene el menor costo para realizarlo, en la ciudad de Huaraz?

2.2. OBJETIVOS

2.1.1. Objetivo General

Lograr determinar las resistencias a la compresión del concreto curado con agua y con producto químico, así como los costos unitarios para realizarlo.

2.1.2 Objetivos Específicos

1. Determinar la resistencia a la compresión del concreto curado con agua
2. Determinar la resistencia a la compresión del concreto curado con producto químico
3. Cuantificar el costo unitario del curado del concreto con agua
4. Cuantificar el costo unitario del curado del concreto con producto químico.
5. Contrastar resultados y establecer con qué tipo de curado se obtienen concretos de mayor resistencia y a qué costo.

2.3. JUSTIFICACIÓN

En la ejecución de obras en las que se emplea concreto se requiere agua para el curado-siete (7) días mínimo, el cual influye en su resistencia a la compresión; pero en otros casos el curado del concreto se realiza con producto químico.

La presente investigación tiene la finalidad de determinar con cual de los dos curados de concreto se logra mayor resistencia a la compresión y los costos unitarios para realizarlo, estableciendo las ventajas comparativas entre ellos.

Se espera que los resultados demuestren que el curado del concreto con producto químico sea más eficiente, logrando mejores resistencias a la compresión y menor costo para realizarla que el curado con agua, en la ciudad de Huaraz y que podemos reemplazar el curado con agua por curador químico, contribuyendo así

al cuidado del elemento vital que se encuentra en peligro y a la mejora de las propiedades físicas del concreto dando una mejor propuesta técnica y económica. El estudio se desarrolla, empleando agregados de la cantera del río Santa- sector Tacllán, y haciendo uso de laboratorios se determinan las características de los agregados necesarias para realizar los diseños de mezclas, se elaboran briquetas de concreto para luego ensayarlas en la máquina de compresión para determinar las resistencias a la compresión

2.4. MARCO TEÓRICO

2.4.1. Antecedentes de la Investigación

La historia del cemento es la historia misma del hombre en la búsqueda de un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección posible.

Desde que el ser humano supera la época de las cavernas, ha aplicado sus mayores esfuerzos a delimitar su espacio vital, satisfaciendo primero sus necesidades de vivienda y después levantando construcciones con requerimientos específicos: templos, palacios, museos son el resultado del esfuerzo que constituye las bases para el progreso de la humanidad.

El pueblo egipcio ya utilizaba un mortero – mezcla de arena con materia cementosa para unir bloques y lozas de piedra al elegir sus asombrosas construcciones.

Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos materiales volcánicos mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua, dulce o salada.

Un material volcánico muy apropiado para estas aplicaciones lo encontraron los romanos en un lugar llamado Pozzuoli con el que aun actualmente lo conocemos como puzolana.

Investigaciones y descubrimientos a lo largo de miles de años, nos conducen a principios del siglo pasado, cuando en Inglaterra fue patentada una mezcla de caliza dura, molida y calcinada con arcilla, al agregársele agua, producía una pasta que de nuevo se calcinaba se molía y batía hasta producir un polvo fino que es el antecedente directo de nuestro tiempo.

El nombre del cemento Portland le fue dado por la similitud que éste tenía con la piedra de la isla de Portland ubicada en Inglaterra.

La aparición de este cemento y de su producto resultante al mezclarlo con agua, agregado fino y agregado grueso es el concreto el cual ha sido un factor determinante para que el mundo adquiriera una fisonomía diferente.

Edificios, calles, avenidas, carreteras, presas y canales, fabricas, talleres y casas, dentro del mas alto rango de tamaño y variedades nos dan un mundo nuevo de comodidad, de protección y belleza donde realizar nuestros mas ansiados anhelos, un mundo nuevo para trabajar, para crecer, para progresar, para vivir.

En 1824: - James Parker, Joseph Aspdin; patentan al Cemento Portland, materia que obtuvieron de la calcinación a alta temperatura de una Caliza-Arcillosa.

En 1845: - Isaac Johnson obtiene el prototipo del cemento moderno quemado a alta temperatura, una mezcla de caliza y arcilla hasta la formación del "clinker".

En 1868: - Se realiza el primer embarque de cemento Portland de Inglaterra a los Estados Unidos

En 1871: - La compañía Copley Cement produce el primer cemento Portland en los Estados Unidos.

En 1904: -La American Standard For Testing Materials (ASTM), pública por primera vez sus estándares de calidad para el cemento Portland.

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: Agregados y pasta.

La pasta compuesta de Cemento Portland y agua, une a los agregados: finos y gruesos para formar una masa semejante a una roca, pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partículas entre los que pasan la malla N° 4 y quedan retenidos en la malla N° 200; Los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 4 y de acuerdo al diseño de mezcla se elegirá el tamaño máximo, pudiendo variar hasta 6" en concreto ciclópeo. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 3/4" y en algunos casos de 1", obteniéndose mezclas de mayor calidad con agregados cuyos tamaños máximos son de 3/8" y 1/2", pero son difíciles de obtenerlos en el mercado además de su alto costo

La pasta esta compuesta de Cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente, la pasta constituye del 25 al 40 % del volumen total del concreto.

Los agregados constituyen aproximadamente el 60 al 75 % del volumen total del concreto, su selección es importante, los agregados deben ser partículas con resistencia adecuada así como resistencias a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del

concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta.

En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado esta completamente cubierta con pasta y también todos los espacios entre partículas de agregado.

En la construcción de diversas obras, se emplea concreto, teniendo en cuenta para los diseños de mezclas agregado fino y agregado grueso de la cantera del sector Taclán, en éste último se tiene en cuenta el tamaño máximo de acuerdo al tipo de estructura en el que se va emplear y a la resistencia de diseño requerida.

Los resultados obtenidos en esta investigación contribuyen a mejorar los aspectos técnicos, económicos en la ejecución de obras en la ciudad de Huaraz

2.4.2 Bases Teóricas

- **Cementos y tipos de cementos**

La Norma ASTM C 150 establece los requisitos que deben cumplir la totalidad de los cementos Pórtland en el Perú.

La Norma ASTM C 595 establece los requisitos que deben cumplir los cementos combinados

Cemento Pórtland Normal (CPN)

Es el producto obtenido de la pulverización del clinker Pórtland con la adición eventual del yeso.

El CPN tipo I.- Se emplea en todos aquellos casos en que no se requieren en las concretas propiedades especiales especificadas, deberá cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334.039.

El CPN tipo II.- Se recomienda su empleo para construcciones de concreto expuestos a moderado ataque por sulfatos, deberá cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334.038.

El CPN tipo V.- Se emplea cuando se requiere en la concreta alta resistencia a la acción de los sulfatos, alta resistencia en compresión, ó baja generación de calor, deberá cumplir los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334.044.

Cementos Hidráulicos Combinados.- Son el producto obtenido de la pulverización conjunta del clinker de cemento Pórtland y un material reactivo que posee propiedades puzolánicas, con la adición eventual del yeso, deberán cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 595.

Cemento Puzolánico tipo IP.- Es un cemento Pórtland con un porcentaje adicionado de puzolana entre el 15 y 45 %, deberá cumplir los requisitos de las Normas ASTM 595 ó NTP 334.044.

Cemento Puzolánico tipo IPM.- Es un cemento Pórtland con un porcentaje adicionado de puzolana menor del 15 %, deberá cumplir las Normas ASTM C 595 ó NTP 334.044.

- **Normas para la elaboración de probetas y los ensayos de resistencia**

Norma ASTM C 172.- El muestreo del concreto se hará de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339.036. La elaboración de la briqueta debe comenzar no más tarde de 10 minutos después del muestreo y en una zona libre de vibraciones, las cuales serán moldeadas de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339.033

Norma ASTM C-31.- Referida al curado de las briquetas de concreto antes de realizarse los ensayos.

Norma ASTM C-39.- Referidas a las pruebas o ensayos a la compresión de las briquetas de concreto, debiendo ensayarse tres probetas a los 7, 14, 21 y 28 días, en obras se tomarán muestras por día de trabajo con concreto, las mismas que se ensayarán a los 28 días

Norma ASTM C 192 y Norma Técnica Peruana 339.034.- Se considerarán satisfactorios los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días de una clase de concreto, si se cumplen las dos condiciones siguientes:

- a) El promedio de todas las series de tres ensayos consecutivos es igual o mayor que la resistencia de diseño.
- b) Ningún ensayo individual de resistencia está por debajo de la resistencia de diseño en más de 35 Kg/cm²

En los países desarrollados, como en los Estados Unidos que son los pioneros en la construcción de edificaciones y obras de diferente naturaleza empleando el concreto armado, son quienes han realizado estudios y pruebas con los productos químicos de concreto por lo que merece tenerlos en cuenta.

En el transcurso del tiempo se ha seguido perfeccionando la eficiencia de este producto, tal es así que ahora podemos encontrarlos en el mercado en diferentes marcas y para todo tipo de concreto.

- **Normas para los productos químicos**

Norma ASTM C 309-98 y en nuestro medio la NTC-1977.- Referidas a los curadores químicos líquidos que forman membrana

2.4.3. Definición de términos

a) Curado del concreto

El curado, según el Instituto Americano del Concreto (ACI), es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento, fragua y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor.

El cemento requiere de cierta cantidad de agua para hidratarse, en promedio 25% de la masa de cemento, sin embargo; para garantizar en toda la masa de concreto, la disponibilidad de agua de hidratación para el cemento es conveniente una cantidad mayor ya que la hidratación sólo es posible en un espacio saturado.

En la medida en que haya suficiente agua el cemento continuará hidratándose hasta que todos los espacios de poros disponibles se vean colmados con los productos de hidratación o hasta que no haya más cemento para hidratar.

Según Powers la clave para el desarrollo tanto de la resistencia como de las características de durabilidad del concreto, no es tanto el grado de hidratación del cemento, como el grado en que los poros entre partículas de cemento se hayan llenado con los productos de hidratación, si no que, la resistencia y la durabilidad del concreto dependen del grado de porosidad de la matriz del concreto.

Volviendo a la definición de curado, para lograr la hidratación del cemento y que el concreto fragüe y endurezca, es necesario que la temperatura de la mezcla supere los 5 °C, requerimiento que no es difícil de lograr en nuestro medio, pero que puede constituirse en todo un reto en ciertas aplicaciones (reparaciones de losas en cuartos fríos, colocación de concreto en alta montaña o en ciudades donde se presenten heladas).

Así a bajas temperaturas los procesos de hidratación, endurecimiento y ganancia de resistencia se ven retardados mientras que en climas cálidos estos procesos se aceleran. Mientras una mezcla curada a bajas temperaturas puede alcanzar a los 28 días una resistencia igual o mayor que la de diseño, en climas cálidos se genera un rápido desarrollo de resistencia inicial pero, si el proceso de curado es inadecuado o insuficiente, es factible que no se alcance la resistencia de diseño del concreto.

b) Efectos de las condiciones de temperatura en el desarrollo de la resistencia

El ACI 305, define clima cálido como: cualquier combinación de alta temperatura ambiente, baja humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar, que afecte la calidad de la mezcla fresca o del concreto endurecido.

El ACI 306, define clima frío como: período en el que, por más de tres días consecutivos, se presentan las siguientes condiciones:

- a) El promedio de temperatura diaria del aire es menor a 5 °C y
- b) Durante más de la mitad del día (o de un período de monitoreo de 24 horas) la temperatura del aire no supera los 10 °C.

c) Razones para curar el concreto

En sentido práctico curar el concreto es garantizar las condiciones óptimas de humedad y temperatura necesarias para que el concreto desarrolle su resistencia potencial, se reduzca la porosidad de la pasta, en especial en el recubrimiento de concreto sobre las armaduras, haciendo que el ingreso de humedad y agresivos hacia el interior del elemento de concreto endurecido se vea disminuido garantizando así que la estructura cumpla con la vida útil de diseño requerida.

En consecuencia es necesario curar el concreto regando agua sobre su superficie cuando existan las condiciones suficientes para considerar que el concreto por si

solo no tendrá suficiente agua para desarrollar sus propiedades, una buena parte se evaporará de la mezcla debido a la incidencia de factores externos que actúan sobre la superficie libre del elemento.

Un adecuado y oportuno método de curado trae tantos y tan variados beneficios a una estructura de concreto, y puede ser tan sencillo de implementar, que no hacerlo es simplemente desperdiciar sus bondades.

El curado no sólo influye en la resistencia final del concreto, sino que disminuye la permeabilidad y mejora la resistencia del concreto al ingreso de gases (CO₂, O), elementos necesarios, unos para despasivar el refuerzo y los otros para causar corrosión. Un buen y oportuno curado aumenta la resistencia a la abrasión del concreto en las obras, reduce la posibilidad de aparición de grietas por contracción plástica y aunque no la puede evitar, retarda la contracción de secado haciendo que se desarrolle a una edad de la estructura tal que la resistencia mecánica especialmente a tensión haya alcanzado un nivel suficientemente alto para que pueda contribuir, en conjunto con la armadura, a controlar el agrietamiento.

d) Cuando y como curar el concreto

Los requerimientos de curado de las estructuras, el tipo de curado a aplicar y su extensión pueden variar dependiendo de muchos factores, entre los que pueden citarse: el tipo de elemento estructural (masivo, laminar), los materiales que lo componen, en particular el tipo de cemento, las condiciones climáticas de la zona e incluso el microambiente que rodea la estructura, el tipo de estructura, las condiciones de servicio, la durabilidad deseada y por último el grado de agresividad del medio que la rodea.

Según el ACI 308: Se requiere establecer medidas de curado, para aportar o retener la humedad existente en el concreto, siempre que el desarrollo de las propiedades esperadas del concreto de la estructura puedan verse inaceptablemente retrasadas o impedidas debido por una insuficiencia en la cantidad de agua necesaria para la hidratación de los materiales cementosos y las adiciones.

Sigue el ACI 308: Las medidas de curado se deben poner en práctica tan pronto como el concreto esté en riesgo de secarse prematuramente y cuando dicho secado deteriore el concreto o impida el desarrollo de las propiedades requeridas.

“El curado debe prolongarse hasta que el secado de la superficie del concreto no afecte el concreto y hasta que la hidratación del cementante haya progresado de tal manera que las propiedades deseadas para el concreto ya se han obtenido, o hasta que sea claro que las propiedades deseadas se seguirán desarrollando por si mismas”

La experiencia del constructor con las condiciones climáticas en las que se trabaja con el concreto en su región y con las mismas mezclas que se elaboran en obra o que ofrecen las centrales hormigoneras, constituyen la mejor guía para estimar los requerimientos de curado, el sistema a emplear y el tiempo por el cual debe prolongarse.

e) Mecánica del curado

Desde que los componentes se unen mediante el proceso de mezclado hasta que adquiere sus propiedades definitivas, el concreto pasa por varias fases o etapas bien marcadas las cuales permiten diferenciar también los requerimientos de curado para cada una de ellas. Puede ser necesario, entonces, implementar los

cuidados para evitar la evaporación prematura del agua de la mezcla desde el mismo momento de su transporte al sitio de colocación, durante la misma y continuarlos durante el fraguado y el desarrollo de resistencia. Para cada una de estas etapas puede ser necesario implementar medidas de curado distintas.

Esto nos permite llegar a una primera conclusión: No todas las estructuras se curan igual. Así que el curado de una estructura de concreto reforzado, en un lugar definido, bajo unas condiciones ambientales reinantes específicas, con el tipo de material a emplear (tipo de cemento, relación agua/cemento) y con unas especificaciones del proyectista en cuanto a resistencia y durabilidad (vida útil requerida, grado de permeabilidad, resistencia al ingreso de sustancias dañinas, máxima amplitud de fisura) dadas, es una actividad que debe diseñarse.

f) Curado con agua

Dentro del sistema se contemplan varios procedimientos:

➤ Por inmersión:

Es el método que produce los mejores resultados, pero presenta inconvenientes de tipo práctico, pues implica inundar o sumergir completamente el elemento de concreto.

➤ Mediante el empleo de rociadores aspersores

Con este método se consiguen buenos resultados y es fácil de ejecutar. Tiene el inconveniente de que la intermitencia o la aplicación ocasional pueden conducir a un curado deficiente.

El agua para curado del concreto debe estar libre de contaminantes y materiales deletéreos.

En general para el curado se puede usar agua potable y en general agua que cumpla la norma de agua de amasado para concreto-Norma ASTM C-59.

El agua de curado no debe estar a una temperatura tal que cree al aplicarla un choque térmico al concreto por que puede figurarlo. Se recomienda que el agua no esté a una temperatura inferior en 11 °C a la temperatura de la masa del concreto en caso de que se usen equipos para producir una niebla húmeda, como curado inicial.

➤ **Curado con arena, tierra o aserrín:**

Se emplea con algún éxito el curado mediante el cubrimiento del concreto con alguno de los citados materiales; los dos primeros son muy útiles cuando se presentan vientos fuertes.

g) Materiales Sellantes

Esta categoría incluye las láminas y los compuestos curadores líquidos que forman membrana.

h) Película de plástico

Son livianas y se extienden fácilmente en superficies horizontales; en elementos verticales es más complicada su utilización. La película de plástico debe tener un espesor mínimo de 0.1 mm. Se usan generalmente plásticos blancos, transparentes y negros. Los primeros reflejan los rayos del sol mientras protegen, son útiles, como los transparentes, en clima cálido. El plástico negro absorbe calor de los rayos del sol y calienta la pieza estructural, por tal razón es útil para generar un curado adecuado del concreto a bajas temperaturas o acelerar “gratis” resistencias aprovechando la radiación solar.

Cuando se precisa un excelente acabado del concreto, como en el caso del concreto arquitectónico “a la vista”, el empleo de películas plásticas para el curado puede dar como resultado la aparición de manchas en el concreto debidas a la distribución no homogénea del agua y al movimiento de sustancias solubles en la superficie.

i) Papel impermeable

Su uso es similar al de las películas de plástico. Cuando se usa papel para cubrir placas debe proveerse cierta holgura para que sobresalga de las mismas; además; se hace necesario colocar en los bordes materiales pesados.

j) Curadores químicos del concreto

Norma ASTM C 309-98 y NTC-1977.- Los compuestos líquidos de curado que forman membrana deben cumplir las especificaciones de estas normas.

Entre las materias primas que normalmente se usan en la fabricación de productos de curado se pueden citar: ceras, resinas, caucho clorado y disolventes altamente volátiles. Dichos compuestos deben estar diseñados de tal manera que formen un sello poco tiempo después de haber sido aplicados, además no deben reaccionar con la pasta de cemento.

Normalmente se le adiciona un pigmento (blanco, gris, rojo) a dichos compuestos de curado, con el fin de provocar la reflexión de los rayos solares; además, el pigmento hace visible el compuesto al operario, facilitándole el control de cubrimiento.

Los compuestos que forman membrana normalmente se aplican con fumigadora manual o rociadores mecánicos. Se recomienda aplicarlos en dos capas, la

segunda de las cuales debe aplicarse en dirección perpendicular a la primera para garantizar la uniformidad del sello.

El momento óptimo para la aplicación de los compuestos líquidos es aquel en el cual se observa que ha desaparecido agua libre de la superficie del concreto, aunque sin demorar la aplicación tanto que el compuesto sea absorbido por los poros superficiales del concreto.

En condiciones ambientales críticas: alta temperatura, baja humedad relativa y vientos fuertes, además de prever la utilización de barreras para el viento y pantallas que proporcionen sombra, se debe combinar el curado con agua con la aplicación del producto líquido. El procedimiento incluye rociar agua, continua y suavemente, sobre la superficie del concreto por un lapso aproximado de 2 horas y proceder luego a aplicar el compuesto curador líquido.

Los compuestos que forman membrana tienen ventajas grandes sobre los demás sistemas que pueden ser explotados por el constructor.

- No requieren que se les mantenga humedecidos para asegurar que no absorban agua de la mezcla.
- Muy fácil manejo, a diferencia de las telas, arena, paja, pasto.
- Pueden ser aplicados antes de que inicie la aplicación del curado húmedo y se complementan.

Duración del curado

Siempre habrá discusión sobre qué tanto debe prolongarse el curado de una estructura. No existe una única respuesta para este interrogante. Los materiales ligantes han cambiado en los últimos años de una manera dramática, el uso extensivo de adiciones al cemento y al concreto se ha vuelto común, la finura de

los cemento se ha incrementado para recuperar parte de la resistencia inicial que se pierde por el empleo de una gran cuantía de adición puzolánica. La fisuración del concreto ha aumentado también en la actualidad, probablemente por deficiencias en el curado, por la implementación de sistemas constructivos industrializados con muros muy esbeltos y sensibles a la evaporación del agua, así que la lucha para conseguir un concreto con un desarrollo de resistencia “normal” ha hecho que se mire de nuevo hacia el curado adecuado del concreto y se insista en las obras de que un buen concreto puede echarse a perder, definitivamente, debido a malas prácticas de curado.

Desde hace ya varias décadas se aconsejaba que a un concreto de resistencia normal de 21 a 35 Mpa a los 28 días, se le diera un tiempo mínimo de curado 7 días. En cierta forma esto coincide con la especificación actual que dice que un concreto de resistencia normal debe curarse hasta que complete el 70% de la resistencia a compresión especificada. Por otra parte para un concreto de alta resistencia inicial se especifica que debe curarse 3 días y esto coincide, también, más o menos con la obtención para este tipo de concreto del 70% de resistencia a compresión.

Sin embargo estas especificaciones parten de la convicción de que, en las condiciones de obra, la estructura curada como se especifica completará la hidratación del cemento y se alcanzará la resistencia especificada a los 28 días.

Poco o nada se dice sobre las especificaciones de durabilidad y esto es grave. La desecación del concreto ocurre rápidamente y se concentra en sus primeros centímetros en un ambiente que favorezca la evaporación del agua.

Esta afectación puede alcanzar 20 a 30 mm, lo que constituye un motivo de preocupación en lo que respecta a la durabilidad del elemento, ya que en presencia de bajos espesores de recubrimiento, hayan sido estos especificados o generados en la obra, en un corto período pueden generarse condiciones suficientes para que se produzca la corrosión del acero de refuerzo.

PRODUCTOS QUÍMICOS Y SUS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

SIKA ANTISOL S:

Descripción.- Es una emulsión líquida que cuando se aplica 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. Cumple con la norma ASTM C 309.

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.

Ventajas

- Si es aplicado correctamente no mancha las superficies.
- Hace las superficies más 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 x 200 litros
 - Balde x 5 galones

Almacenamiento : Lugar libre de congelamiento a temperaturas sobre los + 5° C durante 9 meses

Datos Técnicos:

Densidad : 1.11 Kg/L

Normas : Cumple la Norma U.N.I. 8656 bajo la Clase Tipo 1

Aplicación:

- **Consumo.**- El consumo del Sika Antisol S es de 162 cm³ -180 cm³ de producto por m² de superficie, haciendo uso de un equipo pulverizador operado por una sola persona, se puede aplicar alrededor de 1000 m² de superficie en una jornada de 8 horas
- **Método de Aplicación.**- El Sika Antisol S debe ser aplicado puro mediante un equipo pulverizador a una presión aproximada de 1 atmósfera de presión, pulverizando directamente en una sola pasada sobre el concreto fresco. La aplicación debe ser realizada después de colocado y acabado el concreto inmediatamente que el agua superficial haya desaparecido,

teniendo cuidado en lograr una película de protección continua y consistente. En el caso de superficies verticales, inmediatamente 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 su manipulación, evitar el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias.
- Protegerse adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética 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 al medio ambiente
- El producto no es tóxico ni inflamable

Observaciones

La hoja de seguridad del producto se encuentra a disposición del interesado. Solicitarla al Departamento Comercial, Teléfono 618-6060 o descargarla a través de Internet en la página web: www.sika.com.pe

MASTERKURE 123:

Descripción

Es un compuesto de curado líquido de color blanco. Pulverizado sobre la superficie del concreto fresco, seca rápidamente dejando adherida una película continua, flexible y de color blanquecino, que actúa de barrera contra la evaporación del agua y repele el calor solar. De tal modo, el concreto completa su fraguado en presencia de la humedad necesaria para la correcta hidratación del cemento.

Forma de aplicación

Este producto se aplica tan pronto haya desaparecido el agua libre existente en la superficie del concreto fresco, lo cual ocurre entre 1/2 hora a 2 horas luego de alisado, dependiendo del clima y del tipo de concreto.

La colocación se hace mediante un pulverizador, en forma pareja y homogénea para distribuirlo bien. Aconsejamos hacer al menos dos pasadas, una en sentido cruzado respecto de la otra, hasta completar la cantidad de 1 litro de líquido en 5 m² de superficie.

En caso de concretos endurecidos bajo encofrado, se emplea igualmente Masterkure 123 para continuar el curado luego del desmolde.

SUPER CURADOR CHEMA:

Descripción

Es un curador acrílico líquido que aplicado por aspersion sobre el concreto fresco le permite alcanzar su resistencia de diseño sin utilizar el curado con agua durante 7 días o arrocetas. Este curador forma una película plástica o sello protector impermeable, flexible y muy resistente.

Con este proceso de curado se impide que el agua de hidratación del concreto se evapore violentamente, dejando grietas o fisuras en la superficie y permitiendo la erosión de éstas.

Con el uso de un curador tipo membrana se obtiene una hidratación completa y las estructuras de concreto obtienen su máxima resistencia a la compresión y flexión.

Se aplica después de que la mezcla del concreto ha librado la exudación o agua excedente.

Producto adecuado a la norma ASTM C-309.

Aplicación:

Aplique con un aspersor el Super curador chema, de manera uniforme, una mano, sobre la superficie, ni bien se haya evaporado la exudación o en caso de columnas y vigas cuando se desencofren.

Rendimiento:

No deberá excederse de 15 m² por galón, para garantizar una película que pueda cumplir las normas.

2.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES

Hipótesis

El concreto curado con Antisol S, logra mayor resistencia a la compresión y menor costo unitario para realizarlo, que los concretos curados con agua en Huaraz.

Variables

Variables Independientes:

- Curado de concreto con agua
- Curado de concreto con producto químico Antisol S

Variables Dependientes:

- Resistencia a la compresión de concreto curado con agua
- Resistencia a la compresión de concreto curado con producto químico Antisol S
- Costo unitario del curado de concreto con agua
- Costo unitario del curado de concreto con producto químico Antisol S

3. ASPECTO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de estudio

3.1.1. De acuerdo a la orientación

Aplicada experimental.- Por que se utiliza conocimientos existentes y ensayos de laboratorio para la solución del problema.

3.2.1. De acuerdo a la técnica de contrastación

Cuantitativa, descriptiva, correlacional.- La investigación de acuerdo a la técnica de contrastación es cuantitativa-descriptiva, debido a la naturaleza de la información empleada, procesada y obtenida, midiéndose los resultados y realizando las correlaciones de resistencias a la compresión del concreto y el aspecto económico del curado.

3.2. Diseño de la Investigación

La investigación se inicia con la obtención de agregados de la cantera del río Santa-sector Tacllán-Huaraz, en laboratorio se determinan las características físicas necesarias para el diseño de mezclas por el Método del Instituto Americano del Concreto (ACI).

Se realiza el diseño de mezclas de concreto estándar en obras, cuyas resistencias a la compresión son $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, con cemento portland tipo I, agregado grueso canto rodado con tamaño máximo 3/4" de diámetro; empleando una relación agua/cemento (a/c) para una mezcla de concreto trabajable con slump de 3" a 4"

Se elaboran briquetas de concreto con medidas y procedimientos estandarizados de acuerdo a las normas, con diámetro (D) 15 cm y altura (H) 30 cm, logrando una relación de esbeltez de $H/D = 2$

La mitad de muestras de concreto fabricadas son curadas por inmersión en agua por un periodo mínimo de siete (7) días y la otra mitad son curadas con producto químico Antisol S, siguiendo las especificaciones del fabricante; en ambos casos el curado se realiza después de ser desencofradas las muestras a las 24 horas de su fabricación, y ambos curados se realizan en laboratorio.

Las muestras de concreto se someten a ensayo mediante la máquina a compresión uniaxial a los 14, 21 y 28 días, midiéndose la carga que soporta cada una de ellas.

Determinada la carga que soporta cada una de las briquetas se calcula las resistencias a la compresión mediante la expresión:

$$F'c = \frac{P}{A}$$

Donde: $F'c$ = Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm²)

P = Carga de Rotura que soporta la briqueta (Kg)

A = Área de la sección transversal de la briqueta (cm²)

Se calculan los costos unitarios para cada uno de los métodos de curado, tomando para mano de obra: jornales de régimen común; para materiales: precios y tarifas de mercado y para herramientas: el 3% del costo de la mano de obra.

3.3. Población o universo

La población o universo lo constituyen todas las muestras de concreto fabricadas, según se detalla: Por cada resistencia a la compresión de diseño: $F'c = 210$ kg/cm² y $F'c = 280$ kg/cm² (2); por cada tipo de curado: Con agua y con producto químico (2); por cada periodo de ensayo: Periodos de 14, 21 y 28 días (3) y número de briquetas por ensayo (3). Hacen un total de: (2) x (2) x (3) x (3) = 36 briquetas.

3.4. Unidad de análisis y muestra

La unidad de análisis y muestra está constituida por la misma población ó universo.

3.5. Instrumentos de recopilación de datos

Medios a fin de determinar la localización, ubicación y potencia de la cantera de donde se obtienen los agregados para el concreto.

Laboratorio para la determinación de características físicas de los agregados

Especificaciones técnicas del producto químico para el curado del concreto y su modo de empleo

Medios bibliográficos y normas para realizar el diseño de mezclas de concreto

Laboratorio para la fabricación, curado y ensayos a la compresión uniaxial de las briquetas de concreto.

3.6. Análisis estadístico e interpretación de la información

El análisis estadístico se realiza una vez obtenidos los resultados de resistencia a la compresión de las briquetas, correspondientes a cada una de las resistencias de diseño, con la relación agua/cemento empleada, y los métodos de curados respectivos, calculándose las siguientes medidas estadísticas:

- Medidas centrales
- La media aritmética

En base a las cuales se realiza la interpretación de resultados cuantitativos y cualitativos materia de la investigación

4. RESULTADOS

4.1. UBICACIÓN DE LA CANTERA

La cantera de materiales de construcción se encuentra ubicada en el departamento de Ancash, provincia de Huaraz, distrito de Huaraz, río Santa-sector Tacllán, al lado sur de la ciudad de Huaraz, aproximadamente a 0.50 km del centro de la ciudad, según se muestra en las vistas.

Vistas panorâmicas de cantera

Foto N° 01



Foto N° 02



4.2. POTENCIA DE LA CANTERA

La cantera tiene una potencia de 225,000 m³ (longitud de 2,000 m por ancho promedio de 100 m y un espesor promedio de 1.50 m) de materiales de construcción, entre grueso y fino, de la cual se extrae piedra grande y mediana, hormigón, agregado grueso y agregado fino para la fabricación del concreto

4.3. AGREGADOS

Se denominan inertes del concreto, puesto que no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua.

Se dividen de acuerdo a sus dimensiones en finos y gruesos.

4.3.1. CLASIFICACIÓN: En Tecnología del Concreto usualmente se clasifican en:

1.- Por Su Procedencia

Agregados Naturales.- Formados por procesos geológicos naturales ocurridos en el planeta durante miles de años.

Extraídos seleccionados y procesados para optimizar su empleo en concreto

Se usan mas frecuentemente a nivel mundial y particularmente en el Perú por su disponibilidad tanto en cantidad como en calidad que los hace ideales para el concreto

2.- Por su Gradación.- La gradación es la distribución granulométrica de las partículas como ya se ha indicado, tiene suma importancia en el concreto

a) Agregado Grueso (Piedra).- Partículas sobre la malla N° 4 (4.75 mm)

b) Agregado Fino (Arena).- Partículas bajo la malla N° 4 (4.75 mm)

Esta clasificación es muy práctica ya que las técnicas de procesamiento de zarandeo, chancado, propenden a separarlos en esta forma con el objeto de establecer un control preciso en el procesamiento y empleo.

3.- Por su Densidad.- Densidad es la gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, y se clasifican en:

a) Normales.- Con $G_e = 2.5$ a 2.75 .

b) Ligeros.- G_e Menor a 2.5 .

c) Pesados.- G_e mayor a 2.75 .

4.3.2. Características físicas determinadas en laboratorio

4.3.2.1. Contenido de Humedad.- Cantidad de agua superficial que retienen en un momento determinado las partículas del agregado.

Contribuye o incrementa el agua de mezcla del concreto, debiendo tenerse en cuenta con la absorción para las correcciones en el proporcionamiento de las mezclas. Se calcula mediante la expresión:

$$\% \text{ Humedad (W)} = \frac{\text{Peso original} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Estufa para realizar el ensayo de contenido de humedad-agregado fino

Foto N° 03



Estufa para realizar el ensayo de contenido de humedad del agregado

grueso

Foto N° 04



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216

RESISTENCIA DE DISEÑO

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Agregado: Fino

Cantera: Arena de Río-Taclán

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2
Peso Húmedo + Recipiente	1322.53	1327.36
Peso Seco + Recipiente	1243.14	1249.33
Peso Recipiente	222.15	222.44
Peso Suelo Seco	1020.99	1025.89
Peso del Agua	79.39	78.05
Contenido de Humedad	7.78	7.60
Humedad Promedio %	7.69	

Agregado: Grueso

Cantera: Canto Rodado-Taclán

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2
Peso Húmedo + Recipiente	5242.68	5411.98
Peso Seco + Recipiente	5312.37	5290.17
Peso Recipiente	324.61	421.29
Peso Suelo Seco	4967.76	4868.88
Peso del Agua	130.51	121.81
Contenido de Humedad	2.62	2.50
Humedad Promedio %	2.56	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216

RESISTENCIA DE DISEÑO

$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Agregado: Fino

Cantera: Arena de Río-Taclán

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2
Peso Húmedo + Recipiente	1322.53	1327.36
Peso Seco + Recipiente	1243.14	1249.33
Peso Recipiente	222.15	222.44
Peso Suelo Seco	1020.99	1025.89
Peso del Agua	79.39	78.05
Contenido de Humedad	7.78	7.60
Humedad Promedio %	7.69	

Agregado: Grueso

Cantera: Canto Rodado-Taclán

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2
Peso Húmedo + Recipiente	5242.68	5411.98
Peso Seco + Recipiente	5312.37	5290.17
Peso Recipiente	324.61	421.29
Peso Suelo Seco	4967.76	4868.88
Peso del Agua	130.51	121.81
Contenido de Humedad	2.62	2.50
Humedad Promedio %	2.56	

4.3.2.2. Absorción.- Capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos internos en las partículas por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados ya que siempre queda aire atrapado.

Es importante en el concreto ya que reduce el agua de mezcla, influyendo en la resistencia y trabajabilidad; se debe tener en cuenta para hacer las correcciones del caso.

Se calcula:

$$\% \text{ Absorción (Abs)} = \frac{\text{Peso sss} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Donde:

Peso sss = Peso de material saturado superficialmente seco

Nota.- Agua libre y agua que le falta a un agregado para encontrarse en la condición ideal:

- Sí % W > Abs. tenemos:

$$\text{Agua libre} = \frac{W - \text{Abs}}{100} \times \text{Peso seco}$$

- Sí W < Abs. tenemos:

$$\text{Agua que falta} = \frac{\text{Abs.} - W}{100} \times \text{Peso seco}$$

Equipos para determinar % de absorción del agregado fino

Foto N° 05



Foto N° 06



4.3.2.3. Peso Específico.- Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas, sin considerar los vacíos entre ellas.

- De la Arena:

1. Por el método de cuarteo seleccionar arena en estado natural (P_H).
2. Secar la muestra a 110 °C aproximadamente durante 24 horas, hasta peso constante (P_S).
3. Se calcula:

$$W = \frac{P_H - P_S}{P_S} * 100$$

Donde:

W = % de humedad

4. Luego cubrir la muestra con agua durante 18 a 24 horas.
5. Colocar la muestra en una mesa, expandirla y removerla para garantizar un secado uniforme.
6. Colocar la muestra en un molde metálico, apisonando 25 veces.
7. Levantar el molde verticalmente. Si existe humedad superficial, el cono de agregado fino mantendrá su forma.
8. Se sigue revolviendo constantemente y se repite la operación a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. En este caso la muestra ha alcanzado la condición de saturado y superficialmente seco (sss).

Pesar 500g (P_{sss}).

A continuación emplear el siguiente método:

Método: Utilizando el frasco graduado de un litro de capacidad.

9. En un frasco de un litro, con 500 cm³ de agua, introducir la muestra de 500 gramos en condición sss.

10. Dejar reposar la muestra por unos 3 minutos, y leer el volumen final del agua (V_F). Obtener

$$V_{SSS} = V_F - 500$$

Donde:

V_{SSS} = volumen de material saturado superficialmente seco

V_F = volumen final

11. Sacar la muestra del frasco incluida el agua a un recipiente y sacarlo en el horno a 110° c aproximadamente hasta peso constante (P_S).

12. Cálculo de resultados:

$$Pe = \frac{P_S}{V_{SSS}}$$

$$Abs = \frac{P_{SSS} - P_S}{P_S} * 100$$

Donde :

Pe = Peso específico

P_S = Peso seco

V_{SSS} = Volumen de material saturado superficialmente seco

Abs = % de absorción

P_{SSS} = Peso de material saturado superficialmente seco

- De la Piedra

1. Seleccionar por el método de cuarteo 5000 g de piedra en estado natural (P_H = 5000g)

2. Llevar la muestra al horno a una temperatura aproximada de 110° C, hasta peso constante (P_S).

3. Cálculo de resultados

$$CH \% = \frac{P_H - P_S}{P_S} * 100$$

4. Sumergir esta misma muestra en agua 18 a 24 horas.

5. A continuación se coloca la muestra sobre una mesa y con una franela la vamos secando hasta hacer desaparecer toda película de agua visible. Tan pronto se logre esta condición se pesa 1 kg (P_{SSS}).

6. Inmediatamente se introduce en un frasco de 1 litro de capacidad, que contiene 500 cm³ de agua. Luego de 3 minutos se lee el volumen final de agua (V_F). Se obtiene $V_{SSS} = V_F - 500$.

7. Seguidamente sacar la muestra del frasco incluida el agua a un recipiente y llevarlo al horno para secarlo a una temperatura aproximada de 110° C hasta peso constante (P_S).

8. Cálculos:

$$Pe = \frac{P_S}{V_{SSS}}$$

$$Abs (\%) = \frac{P_{SSS} - P_S}{P_S} * 100$$

Equipos para determinar el peso específico del agregado fino

Foto N° 07



Foto N° 08



**Equipo para determinar el peso de material saturado superficialmente
seco del agregado fino**

Foto N° 09



**Equipo para determinar el volumen del material saturado
superficialmente seco del agregado fino**

Foto N° 10



**PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN
ASTM C29, NTP 400.022**

RESISTENCIA DE DISEÑO
F'c = 210 kg/cm2

AGREGADO	FINO	GRUESO
Cantera	Arena de Río-Taclán	Canto Rodado-Taclán
Tamaño Máximo de la muestra	Malla N° 4	¾"
Tipo de Frasco utilizado	Probeta 500 ml	Probeta 1000 ml
Peso del frasco + Agua (A)	691.50	1286.80
Peso de Material Superficial Seca al aire (B)	521.20	1003.40
Peso de Material Saturado + Agua + Frasco (A+B) (C)	1212.70	2290.20
Peso Global con desplazamiento de Volumen (D)	1009.90	1907.70
Peso Volumen de Masa + Volumen Vacíos (C-D) (E)	202.80	382.50
Peso Específico (B/E)	2.57	2.62

N° Recipiente		
Peso Recipiente + Material superfic. seco en aire (A)	608.60	1086.70
Peso Recipiente + Material seco en Estufa (B)	595.90	1076.80
Peso del Agua (A-B) (C)	12.70	9.90
Peso del Recipiente (D)	87.40	83.30
Peso Material Secado en Estufa (B-D) (E)	506.50	993.50
Porcentaje de Absorción (C*100)/E)	2.50	1.00

**PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN
ASTM C29, NTP 400.022**

RESISTENCIA DE DISEÑO
F'c = 280 kg/cm2

AGREGADO	FINO	GRUESO
Cantera	Arena de Río-Taclán	Canto Rodado-Taclán
Tamaño Máximo de la muestra	Malla N° 4	¾"
Tipo de Frasco utilizado	Probeta 500 ml	Probeta 1000 ml
Peso del frasco + Agua (A)	691.50	1286.80
Peso de Material Superficial Seca al aire (B)	415.30	1060.10
Peso de Material Saturado + Agua + Frasco (A+B) (C)	1106.80	2346.90
Peso Global con desplazamiento de Volumen (D)	946.40	1943.10
Peso Volumen de Masa + Volumen Vacíos (C-D) (E)	160.40	403.80
Peso Específico (B/E)	2.59	2.63

N° Recipiente		
Peso Recipiente + Material superfic. seco en aire (A)	508.40	1172.00
Peso Recipiente + Material seco en Estufa (B)	498.20	1161.00
Peso del Agua (A-B) (C)	10.20	11.00
Peso del Recipiente (D)	93.10	111.90
Peso Material Secado en Estufa (B-D) (E)	405.10	1049.10
Porcentaje de Absorción (C*100)/E)	2.52	1.05

4.3.2.4. Granulometría.- En vista de la forma irregular geométrica de las partículas de agregados, no es fácil:

- 1.- Establecer un criterio numérico individual para definir el tamaño de cada partícula midiendo sus dimensiones.
- 2.- Medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas.

Se usa por lo tanto una manera indirecta, cual es tamizarlas por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos refiriéndolos en % con respecto al peso total a esto se denomina

Análisis Granulométrico: “Representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños”

Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi-logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada.

La serie de tamices Standard para c° empieza con abertura de 3” cuadrada y la siguiente tiene una abertura igual a la mitad de la anterior.

El N° de las mallas se establece en función del número de aberturas por pulgada cuadrada.

Tamices Estándar

Denominación del Tamiz	Abertura en Pulgadas	Abertura en mm
3"	3.00	75.00
1 1/2"	1.50	37.5
3/4"	0.75	19.00
3/8"	0.375	9.50
Nº 4	0.187	4.75
Nº 8	0.0937	2.36
Nº 16	0.0469	1.18
Nº 30	0.0234	0.59
Nº 50	0.0117	0.295
Nº 100	0.0059	0.1475
Nº 200	0.0029	0.0737

Es significado práctico del análisis granulométrico de los agregados estriba en que la granulometría influye directamente en muchas propiedades del cº fresco, así como en algunas del cº endurecido, por lo que interviene como elemento indispensable en todos los métodos de Diseño de Mezclas.

- **Granulometría del Agregado Grueso:** La Granulometría de un agregado grueso de un tamaño máximo dado puede variar dentro de una variedad

relativamente amplia de valores sin producir efecto apreciable en las cantidades necesarias de cementos y de agua, si la proporción de agregado fino produce concreto manejable.

Se considera como tamaño máximo de un agregado, al determinado por la malla inmediata superior a aquella que retiene (acumulado) 15% o más del material.

El tamaño máximo que se puede usar generalmente depende del tamaño y la forma de los miembros de concreto y de la cantidad y distribución del acero de refuerzo.

En general, el tamaño máximo de agregados no debe exceder de:

- Un quinto de la menor separación entre los lados del encofrado.
- Tres cuartos del espacio libre entre las varillas del refuerzo.
- Un tercio del espesor de las losas sin refuerzo situadas sobre el terreno.

Puede desistirse de estos requisitos si, en la opinión del ingeniero, la mezcla es lo suficientemente manejable para que el concreto pueda colocarse asegurando sus fines.

Módulo de Fineza (MF).- Se define como La Sumatoria de los %s. retenidos acumulativos de la serie de tamices Standard hasta el tamiz N° 100 y ésta cantidad dividida entre 100.

El sustento matemático del MF reside en que: Es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

Debe tenerse en cuenta que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pus en general sirva para caracterizar c/ agregado independientemente o la mezcla de agregados en conjunto. La base experimental que apoya al MF es que: Granulometrías con igual MF independientemente de la gradación individual,

requieren la misma cantidad de H₂O para producir mezclas de concreto de similar: Plasticidad y Resistencia, siendo un parámetro ideal para el Diseño y Control de Mezclas.

Equipo para realizar el análisis granulométrico del agregado grueso

Foto N° 11



Equipo para realizar el análisis granulométrico del agregado fino

Foto N° 12



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C-136, NTP 400.012**

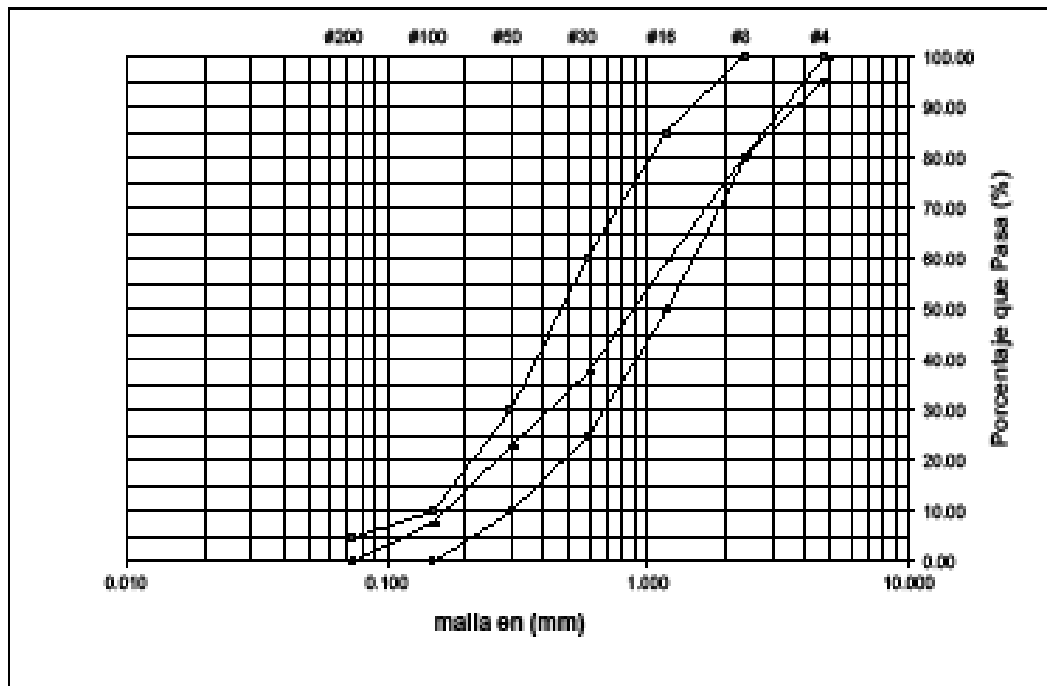
Proyecto	: Ing. Victor Raúl Villegas Zamora
Solicitado	: Ing. Victor Raúl Villegas Zamora
Lugar	: Huaraz
Fecha	: Mayo 2011

Agregado : *Fino* Cantera : Arena de Río - Táchlan

RESISTENCIA DE DISEÑO			
$f_c =$	210	$kg/cm^2 =$	20.59 Mpa

Peso Inicial Seco (gr) - 1638.40 % que pasa Nº 200 - 0.14
 Peso Lavado y Seco (gr) - 1636.10 P. Retenido # 4 (gr) - 0

MALLAS	ABERTURA(mm)	PESO RETENIDO(gr)	% ACUMULADO	
			Retenido	Que pasa
# 4	4.750	0.00	0.00	100.00
# 8	2.360	315.40	19.25	80.75
# 16	1.180	346.90	40.42	59.58
# 30	0.590	360.80	62.45	37.55
# 50	0.297	238.90	77.03	22.97
# 100	0.149	249.10	92.23	7.77
# 200	0.074	125.00	99.86	0.14



Módulo de Fineza = 2.91 NTP 400.037

D60 (mm) -	1.204	Coef. Unif. (Cu) -	7.05
D30 (mm) -	0.438	Coef. Conc. (Cc) -	0.93
D10 (mm) -	0.171		

Nota.- Agregado fino lavado en la malla # 200 y que pasa la malla # 4

4.3.2.5. Peso Unitario.- Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos.

Al incluir los vacíos entre partículas, está influenciada por la manera como se acomodan éstas, lo que convierte en un parámetro relativo.

Según Norma ASTM el método para evaluarla es, compactarlo en molde metálico con 25 golpes con varilla de $5/8''$ en 03 capas.

Nota: Es éste valor para el diseño de mezclas: Sirve para estimar proporciones y hacer conversiones de dosificaciones en peso o en volumen.

**DETERMINACIÓN DE LOS PESOS UNITARIOS SUELTO Y
COMPACTO
ASTM C 29/C – 29 M, NTP 400.017**

RESISTENCIA DE DISEÑO
F'c = 210 kg/cm²

Agregado: Fino

Cantera: Arena de Río - Taclán

TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compacto		
	1	2	3	1	2	3
MOLDE N°	1	1	1	1	1	1
Peso de Molde + Material	7533.00	7563.00	7533.00	7829.00	7850.00	7838.0
Peso del Molde	2805.00	2806.00	2806.00	2806.00	2805.00	2805.0
Peso del Material	4727.00	4757.00	4727.00	5023.00	5044.00	5032.0
Volumen del Molde	2807.73	2807.73	2807.73	2807.73	2807.73	20807.7
Peso Unitario (kg/m ³)	1684	1694	1684	1789	1795	1792
Peso Unitario Promedio (kg/m³)	1,687			1,793		

Agregado: Grueso

Cantera: Canto Rodado - Taclán

TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compacto		
	1	2	3	1	2	3
MOLDE N°	1	1	1	1	1	1
Peso de Molde + Material	22805.00	22765.00	22722.00	24345.00	24686.0	24355.0
Peso del Molde	7420.00	7420.00	7420.00	7420.00	7420.00	7420.0
Peso del Material	15385.00	15345.00	15302.00	16925.00	16869.0	16935.0
Volumen del Molde	9411.43	9411.43	9411.43	9411.43	9411.43	9411.4
Peso Unitario (kg/m ³)	1635	1630.00	1626	1796	1792	1799
Peso Unitario Promedio (kg/m³)	1,630			1,797		

**DETERMINACIÓN DE LOS PESOS UNITARIOS SUELTO Y
COMPACTO
ASTM C 29/C – 29 M, NTP 400.017**

RESISTENCIA DE DISEÑO
F'c = 280 kg/cm²

Agregado: Fino

Cantera: Arena de Río - Taclán

TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compacto		
	1	2	3	1	2	3
MOLDE N°	1	1	1	1	1	1
Peso de Molde + Material	7533.00	7563.00	7533.00	7829.00	7850.00	7838.00
Peso del Molde	2805.00	2806.00	2806.00	2806.00	2805.00	2805.00
Peso del Material	4727.00	4757.00	4727.00	5023.00	5044.00	5032.00
Volumen del Molde	2807.73	2807.73	2807.73	2807.73	2807.73	2807.73
Peso Unitario (kg/m ³)	1684	1694	1684	1789	1795	1792
Peso Unitario Promedio (kg/m³)	1,687			1,793		

Agregado: Grueso

Cantera: Canto Rodado - Taclán

TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compacto		
	1	2	3	1	2	3
MOLDE N°	1	1	1	1	1	1
Peso de Molde + Material	22805.00	22765.00	22722.00	24345.00	24686.0	24355.0
Peso del Molde	7420.00	7420.00	7420.00	7420.00	7420.00	7420.00
Peso del Material	15385.00	15345.00	15302.00	16925.00	16869.0	16935.0
Volumen del Molde	9411.43	9411.43	9411.43	9411.43	9411.43	9411.43
Peso Unitario (kg/m ³)	1635	1630.00	1626	1796	1792	1799
Peso Unitario Promedio (kg/m³)	1,630			1,797		

**RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS
AGREGADOS**

AGREGADOS	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					
	Contenido Humedad (%)	Absorción (%)	Peso Específico	Módulo de Fineza	Pesos Unitarios (kg/m ³)	
					Suelto	Compac
Arena de Río	7.69	2.50	2.57	2.91	1687	1793
	7.69	2.52	2.59	2.91	1687	1793
Promedio	7.69	2.51	2.58	2.91	1687	1793
Canto Rodado	2.56	1.00	2.62	---	1630	1797
Tamaño máx. 3/4"	2.56	1.05	2.63	---	1630	1797
Promedio	2.56	1.02	2.63	---	1630	1797

Interpretaciones:

1. La arena de río, tiene mayor contenido de humedad que el agregado grueso
2. La arena de río, tiene mayor absorción que el agregado grueso
3. La arena de río, tiene menor peso específico que el agregado grueso
4. La arena de río tiene el mayor peso unitario suelto de 1687 kg/m³, que el agregado grueso que es de 1630 kg/m³
5. El agregado grueso tiene el mayor peso unitario compactado 1797 kg/m³, que la arena de río que es de 1793 kg/m³

4.4. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

4.4.1. Definición.- Es la aplicación teórica-práctica de los conocimientos científicos, sobre y la interacción entre ellos, para lograr un concreto que satisfaga un proyecto.

En la tecnología del concreto, no se separa el diseño de la mezcla del procedimiento constructivo por existir correspondencia biunívoca, pues para un proyecto se tiene:

- Condiciones ambientales
- Diseño estructural
- Materiales
- Mano de obra
- Equipo

Además de un buen proyecto, se debe integrar en el diseño de mezcla de concreto los equipos, materiales y mano de obra calificada.

Los diseños de mezclas de concreto se realizan inicialmente en base a pesos secos de los agregados, para luego ser corregidos por contenido de humedad y absorción reales.

4.4.2. Método de Diseño

El método de diseño adoptado en la presente investigación es el del Instituto Americano del Concreto (ACI)-Perú, con el cual se logra:

- a. Diseños más económicos ya que se requiere menor cantidad de agua y por lo tanto menor cantidad de cemento para determinar la resistencia a la compresión del concreto ($F'c$)

b. Lograr mayor o menor trabajabilidad que se desea en el concreto, modificando el contenido de piedra (agregado grueso) que puede oscilar entre más ó menos el 10 %

El método requiere:

1. Agregados cumplan los requisitos físicos y granulométricos establecidos por las normas ASTM, logrando en función al tamaño máximo de la piedra (agregado grueso), establecer las cantidades de agua de amasado para los diferentes slumps y contenido de aire tanto para concreto sin aire incorporado como concreto con aire incorporado, en este último caso teniendo en cuenta el grado de exposición del concreto (normal, moderada o extrema), (**Tabla I**).

TABLA I
CANTIDADES APROXIMADAS DE AGUA DE AMASADO PARA DIFERENTES SLUMP,
TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO Y CONTENIDO DE AIRE (ACI-211-1-91)

SLUMP	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" – 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" – 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" – 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
% AIRE ATRAPADO	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1" – 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" – 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" – 7"	216	205	197	184	174	168	154	---
% AIRE INCORPORADO EN FUNCIÓN AL GRADO DE EXPOSICIÓN								
NORMAL	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
MODERADA	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0
EXTREMA	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

2. Correlacionar la relación agua/cemento (a/c) en peso con la resistencia a la compresión del concreto (F'c), en función a los asentamientos en relación con el tipo de estructura en el que se va a emplear el concreto sea sin o con aire incorporado, (**Tabla II y Tabla III**)

TABLA II
RELACIÓN AGUA CEMENTO VS RESISTENCIA (F'c)

F'c A 28 DIAS (Kg/cm ²)	RELACIÓN A/C (EN PESO)	
	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.42	---
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70
	Hasta con 2 % de aire atrapado	Hasta con 6% de aire incorporado

TABLA III
ASENTAMIENTOS EN RELACIÓN CON TIPO DE ESTRUCTURA (Referencial y no Limitativos)

TIPOS DE ESTRUCTURAS	SLUMP MÁXIMO	SLUMP MÍNIMO
ZAPATAS Y MUROS DE CONTENCIÓN REFORZADOS	3"	1"
CIMENTACIONES SIMPLES Y CALZADURAS	3"	1"
VIGAS Y MUROS ARMADOS	4"	1"
COLUMNAS	4"	2"
LOSAS Y PAVIMENTOS	3"	1"
CONCRETO CICLÓPEO	2"	1"

3. Establecer el volumen del agregado grueso compactado en seco en función al tamaño máximo de la piedra (agregado grueso) y el módulo de finura de la arena, (Tabla IV).

TABLA IV
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO COMPACTADO EN SECO POR M3 DE CONCRETO

TAM. MÁXIMO DE AGREGADO	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO COMPACTADO EN SECO PARA DIVERSOS MÓDULOS DE FINURA DE LA ARENA			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

4.4.3. Factores de seguridad

Tomando como fuente, manuales y normas referentes a los conceptos aplicables a la resistencia a la compresión del concreto, tales como:

1º Manual de Costos y Presupuestos: Especifica que, la resistencia del concreto F'_c de los planos, debe ser incrementada por factores porcentuales de seguridad “K” que varían de 1.15 a 1.50 en función a la calidad de materiales y supervisión con que se cuente, para obtener la resistencia de concreto en la ejecución de obra.

2º El Reglamento Nacional de Edificaciones y la Norma Peruana de Estructuras presentan la siguiente tabla para la obtención de la resistencia a la compresión requerida F'_{cr} para la ejecución de obras:

Resistencia (F'_C) en Planos	Resistencia Requerida (F'_{CR}) en Obras
De 210 a 350 kg/cm ²	$F'_C + 84$ kg/cm ²

Por lo que en la presente investigación se ha tomado dichos factores de seguridad en el diseño de mezclas de concreto, considerando los valores siguientes:

Resistencias (F'_C) de Investigación	Resistencia Requerida (F'_{CR}) de Resistencias de Investigación
210 kg/cm ²	294 kg/cm ²
280 kg/cm ²	364 kg/cm ²

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO – MÉTODO ACI 211

RESISTENCIA DE DISEÑO
$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Agregado: Fino		Cantera: Arena de Río - Taclán	
Datos Técnicos Agregado Fino			
Módulo de fineza = 2.91		Peso Específico (Ton/m3) = 2.570	
Contenido de Humedad (%) = 7.69		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1687	
Absorción (%) = 2.50		Peso Seco Compactado = (Kg/m3) = 1793	

Agregado: Grueso		Cantera: Canto Rodado – Taclán	
Datos Técnicos Agregado Grueso			
		Peso Específico (Ton/m3) = 2.623	
Contenido de Humedad (%) = 2.56		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1630	
Absorción (%) = 1.00		Peso Seco Compactado = (Kg/m3) = 1797	

Valores de Diseño			
Resistencia a la Compresión = 210		Peso Específico del Cemento = 3.11	
Tamaño máximo Nominal (Pulg) = 3/4		Revenimiento (Pulg) = 3 – 4	
Agua de Mezclado (Lt) = 205		Aire incluido (%) = 2	
Relación a/c = 0.53		Volumen de Agregado Grueso (m3) = 0.61	

Cantidad de Materiales por m3 de Concreto			
		Kg/m3	
Cemento		387 (9.101 bolsas/m3)	
Arena		647	
Piedra		1121	
Agua		157	

Materiales	Proporciones	
	Peso	Volumen
Cemento	1.0	1.0
Arena	1.7	1.4
Piedra	2.9	2.6
Agua	0.41	17.2 Lt/bolsa

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO – MÉTODO ACI 211

RESISTENCIA DE DISEÑO
F'c = 280 kg/cm²

Agregado: Fino **Cantera: Arena de Río - Taclán**

Datos Técnicos Agregado Fino	
Módulo de fineza = 2.91	Peso Específico (Ton/m ³) = 2.589
Contenido de Humedad (%) = 7.69	Peso Seco Suelto (Kg/m ³) = 1687
Absorción (%) = 2.52	Peso Seco Compactado = (Kg/m ³) = 1793

Agregado: Grueso **Cantera: Canto Rodado – Taclán**

Datos Técnicos Agregado Grueso	
	Peso Específico (Ton/m ³) = 2.625
Contenido de Humedad (%) = 2.56	Peso Seco Suelto (Kg/m ³) = 1630
Absorción (%) = 1.05	Peso Seco Compactado = (Kg/m ³) = 1797

Valores de Diseño	
Resistencia a la Compresión = 280	Peso Específico del Cemento = 3.11
Tamaño máximo Nominal (Pulg) = 3/4	Revenimiento (Pulg) = 3 – 4
Agua de Mezclado (Lt) = 205	Aire incluido (%) = 2
Relación a/c = 0.45	Volumen de Agregado Grueso (m ³) = 0.61

Cantidad de Materiales por m³ de Concreto	
Material	Kg/m³
Cemento	456 (10.719 bolsas/m ³)
Arena	591
Piedra	1121
Agua	160

Materiales	Proporciones	
	Peso	Volumen
Cemento	1.0	1.0
Arena	1.3	1.1
Piedra	2.5	2.2
Agua	0.35	14.9 Lt/bolsa

RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS DE CONCRETOS REALIZADOS

CON AGREGADOS: FINO Y GRUESO DE LA CANTERA TA CLLÁN

RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS						
Resistencia de Diseño F' C (Kg/cm2)	Relación A/C	Tipo de Agregado Fino	Tipo de Agregado Grueso Tam. Máx ¾"	Materiales por M3 de concreto (Kg)	PROPORCIONES	
					Peso	Volumen
210	0.53	Arena de Río	Canto Rodado	Cemento: 387 Arena: 647 Piedra: 1121 Agua: 157	1.0 1.7 2.9 0.41	1.0 1.4 2.6 17.2 Lt/bolsa
280	0.45	Arena de Río	Canto Rodado	Cemento: 456 Arena: 591 Piedra: 1121 Agua: 160	1.0 1.3 2.5 0.35	1.0 1.1 2.2 14.9 Lt/bolsa

4.4.4. Resistencias a la compresión

Las resistencias a la compresión del concreto que se muestran en la tabla II, corresponde a briquetas de diámetro 6” x altura de 12 “y por lo tanto tienen una relación de esbeltez H/D igual a dos (2), curadas en condiciones normales un periodo de siete (7) días mínimo y ensayadas a los 14, 21 y 28 días de edad, periodo en el cual se considera que el concreto ha alcanzado su resistencia al 100 %.

4.4.5. Ensayo de briquetas de concreto

1. En base a la cantidad de materiales en peso obtenidos en los diseños de mezclas de concreto, se ha confeccionado briquetas de concreto para las resistencias a la compresión de 210 Kg/cm² y 280 Kg/cm², hallándose en proceso de curado, la mitad con agua siete (7) días y la otra mitad con anti sol s según especificaciones del fabricante para ser ensayadas a los catorce (14), veintiún (21) y veintiocho (28) días

Vistas de fabricación de briquetas de concreto

Pesado de materiales

Vista ° 13



Preparación de moldes para briquetas

Vista N° 14



Fabricación de briquetas de concreto

Vista N° 15



Curado de briquetas de concreto con antisol s

Vista N° 16



Curado de briquetas de concreto con agua

Vista N° 17



4.4.6. Determinación de la resistencia del concreto

Las resistencias a la compresión de las briquetas de concreto de forma cilíndrica de diámetro $d = 15 \text{ cm}$ y altura $h = 30 \text{ cm}$, con relación de esbeltez $h/d = 2$; se ensayan en la máquina de compresión uniaxial simple, obteniéndose las resistencias mediante la expresión:

$$F'c = \frac{P}{A}$$

Donde: $F'c$ = Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm²)

P = Carga de Rotura que soporta la biqueta (Kg)

A = Área de la sección transversal de la biqueta (cm²)

Vistas de los ensayos realizados en la máquina de compresión uniaxial simple

Máquina uniaxial simple

Vista N° 18



Ensayo de briqueta

Vista N° 19



Ensayo de briqueta y lectura de carga

Vista N° 20



Ensayo de briqueta y lectura de carga

Vista N° 21



RESULTADOS DE ENSAYOS DE BRIQUETAS

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

F'C DE DISEÑO = 210 KG/CM2

F'CR = 294 Kg/cm2

CURADAS CON AGUA

BRIQUETA		SLUMP	FECHA		EDAD	F'C	F'CR	
REL. A/C	Nº	Pulg.	MOLDEO	ROTURA	(Días)	Kg/cm2	Kg/cm2	
0.53	1	3'' - 4''	13.12.12	28.12.12	14	210	195.80	
	2	3'' - 4''	13.12.12	28.12.12	14	210	160.71	
	3	3'' - 4''	13.12.12	28.12.12	14	210	170.61	
	Promedio							175.71
	1	3'' - 4''	14.12.12	04.01.13	21	210	212.55	
	2	3'' - 4''	14.12.12	04.01.13	21	210	230.88	
	3	3'' - 4''	14.12.12	04.01.13	21	210	179.95	
	Promedio							207.79
	1	3'' - 4''	15.12.12	11.01.13	28	210	211.64	
	2	3'' - 4''	15.12.12	11.01.13	28	210	265.96	
	3	3'' - 4''	15.12.12	11.01.13	28	210	251.82	
	Promedio							243.14

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DE BRIQUETAS DE CONCRETO

F'C DE DISEÑO = 280 KG/CM2

F'CR = 364 Kg/cm2

CURADAS CON AGUA

BRIQUETA		SLUMP	FECHA		EDAD	F'C	F'CR	
REL. A/C	Nº	Pulg.	MOLDEO	ROTURA	(Días)	Kg/cm2	Kg/cm2	
0.45	1	3" – 4"	13.12.12	28.12.12	14	280	226.35	
	2	3" – 4"	13.12.12	28.12.12	14	280	183.35	
	3	3" – 4"	13.12.12	28.12.12	14	280	199.19	
	Promedio							202.96
	1	3" – 4"	14.12.12	04.01.13	21	280	282.94	
	2	3" – 4"	14.12.12	04.01.13	21	280	272.76	
	3	3" – 4"	14.12.12	04.01.13	21	280	237.67	
	Promedio							264.46
	1	3" – 4"	15.12.12	11.01.13	28	280	289.45	
	2	3" – 4"	15.12.12	11.01.13	28	280	278.41	
	3	3" – 4"	15.12.12	11.01.13	28	280	307.27	
	Promedio							291.71

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DE BRIQUETAS DE CONCRETO

F'C DE DISEÑO = 210 KG/CM2

F'CR = 294 Kg/cm2

CURADAS CON ANTISOL S

BRIQUETA		SLUMP	FECHA		EDAD	F'C	F'CR	
REL. A/C	Nº	Pulg.	MOLDEO	ROTURA	(Días)	Kg/cm2	Kg/cm2	
0.53	1	3'' – 4''	13.12.12	28.12.12	14	210	159.58	
	2	3'' – 4''	13.12.12	28.12.12	14	210	121.10	
	3	3'' – 4''	13.12.12	28.12.12	14	210	165.80	
	Promedio							148.83
	1	3'' – 4''	14.12.12	04.01.13	21	210	130.15	
	2	3'' – 4''	14.12.12	04.01.13	21	210	168.63	
	3	3'' – 4''	14.12.12	04.01.13	21	210	151.66	
	Promedio							150.15
	1	3'' – 4''	15.12.12	11.01.13	28	210	193.37	
	2	3'' – 4''	15.12.12	11.01.13	28	210	187.30	
	3	3'' – 4''	15.12.12	11.01.13	28	210	190.69	
	Promedio							190.45

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DE BRIQUETAS DE CONCRETO

F'C DE DISEÑO = 280 KG/CM2

F'CR = 364 Kg/cm2

CURADAS CON ANTISOL S

BRIQUETA		SLUMP	FECHA		EDAD	F'C	F'CR	
REL. A/C	Nº	Pulg.	MOLDEO	ROTURA	(Días)	Kg/cm2	Kg/cm2	
0.45	1	3" – 4"	13.12.12	28.12.12	14	280	216.75	
	2	3" – 4"	13.12.12	28.12.12	14	280	199.03	
	3	3" – 4"	13.12.12	28.12.12	14	280	170.40	
	Promedio							195.39
	1	3" – 4"	14.12.12	04.01.13	21	280	224.07	
	2	3" – 4"	14.12.12	04.01.13	21	280	208.58	
	3	3" – 4"	14.12.12	04.01.13	21	280	229.00	
	Promedio							220.55
	1	3" – 4"	15.12.12	11.01.13	28	280	248.99	
	2	3" – 4"	15.12.12	11.01.13	28	280	231.45	
	3	3" – 4"	15.12.12	11.01.13	28	280	259.37	
	Promedio							246.60

RESUMEN DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

Resistencia de Diseño (kg/cm ²)	Relación (A/C)	Curado	Resistencia a la compresión según periodo de ensayo (kg/cm ²)		
			14 (días)	21 (días)	28 (días)
210	0.53	Agua	175.71	207.79	243.14
210	0.53	Antisol S	148.83	150.15	190.45
280	0.45	Agua	202.96	264.46	291.71
280	0.45	Antisol S	195.39	220.00	246.60

**CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DE LAS RESISTENCIAS A LA
COMPRESIÓN**

Resistencia de Diseño (kg/cm ²)	Relación (A/C)	Curado	Resistencia a la compresión según periodo de ensayo (kg/cm ²)		
			14 (días)	21 (días)	28 (días)
210	0.53	Agua	175.71	207.79	243.14
210	0.53	Antisol S	148.83	150.15	190.45
Diferencia de Resistencias			22.88	57.64	57.69
Promedio			46.07		
Diferencia en %			18.06	38.39	27.67
Promedio			28.04		
280	0.45	Agua	202.96	264.46	291.71
280	0.45	Antisol S	195.39	220.00	246.60
Diferencia de Resistencias			7.57	44.42	45.11
Promedio				32.37	
Diferencia en %			3.87	20.21	18.29
Promedio			14.12		

Interpretaciones de resultados:

1.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm², cuando es curado con Agua se obtienen resistencias mayores en 22.88, 57.64 y 57.69

kg/cm², que los curados con Antisol S, en los periodos de 14, 21 y 28 días respectivamente.

2.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm², cuando es curado con Agua se obtienen porcentajes mayores en 18.06, 38.39 y 27.67, que los curados con Antisol S, en los periodos de 14, 21 y 28 días respectivamente.

3.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm², cuando es curado con Agua se obtiene una resistencia promedio mayor en 46.07 kg/cm² que representa el 28.04 %, teniendo en cuenta los periodos de ensayos de 14, 21 y 28 días

4.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm², cuando es curado con Agua se obtiene una resistencia promedio mayor en 57.69 kg/cm² que representa el 27.67 %, teniendo en cuenta el periodo de ensayo a los 28 días; periodo en el cual el concreto alcanza el 100 % de la resistencia de diseño.

5.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm², cuando es curado con Agua se obtienen resistencias mayores en 7.57, 44.42 y 45.11 kg/cm², que los curados con Antisol S, en los periodos de 14, 21 y 28 días respectivamente.

6.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm², cuando es curado con Agua se obtienen porcentajes mayores en 3.87, 3.87 y 18.29, que los curados con Antisol S, en los periodos de 14, 21 y 28 días respectivamente.

7.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm², cuando es curado con Agua se obtiene una resistencia promedio mayor en 32.37 kg/cm² que representa el 14.12%, teniendo en cuenta los periodos de ensayos de 14, 21 y 28 días.

8.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm², cuando es curado con Agua se obtiene una resistencia promedio mayor en 45.11kg/cm² que representa el 18.29 %, teniendo en cuenta el periodo de ensayo a los 28 días; periodo en el cual el concreto alcanza el 100 % de la resistencia de diseño.

9.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 210 kg/cm², cuando es curado con Agua se obtiene un factor de 1.28 respecto al curado con Antisol S.

10.- Para un concreto cuya resistencia de diseño es de 280 kg/cm², cuando es curado con Agua se obtiene un factor de 1.28 respecto al curado con Antisol S.

11.- El factor promedio general de los concretos con Agua respecto a los curados con Antisol S, es: $(1.28 + 1.14)/2 = 1.21$

12.- Los concretos curados con Agua arrojan una resistencia promedio general a la compresión del 21 % mayor que los concretos curados con Antisol S, para resistencias que se hallan en el rango de 210 kg/cm² a 280 kg/cm².

4.5. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

El análisis de costos unitarios, consiste en determinar el costo por m³ para el curado de concreto con agua y con curador antisol s, para las resistencias de diseño materia de la investigación, incluido los factores de seguridad establecidas el Reglamento Nacional de Edificaciones y la Norma Peruana de Estructuras.

Para determinar el costo unitario se tiene en cuenta los insumos de:

- Costo de mano de obra
- Costo de materiales
- Costo de equipo y/o herramientas

En la investigación para determinar los costos unitarios se toman para mano de obra los jornales promedios de régimen común, para los materiales los precios de mercado incluido el IGV, para equipos las tarifas de alquiler promedios del mercado y para herramientas se toma el porcentaje promedio del 5% del costo de la mano de obra.

Los valores son los siguientes:

Mano de Obra

Capataz	= S/. 11/hh
Operario	= S/. 10/hh
Oficial	= S/. 9/hh
Peón	= S/. 7/hh
Operador	= S/. 10/hh

Materiales

Agua	= S/. 2/m ³ (tarifa industrial)
------	--

Equipo

Pulverizador	= S/. 5/hm
--------------	------------

Herramientas = 5 % del costo de mano de obra

Donde:

hh = hora hombre

hm = hora máquina

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO POR M3 DE

CURADO DE CONCRETO CON AGUA

F'c DE DISEÑO = 210 y 280 KG/CM2

Rendimiento: M3/DÍA Mano de Obra: 48.20 Equipo: 48.20

Descripción	Unid	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					1.34
Capataz	hh	0.100	0.016	11.00	0.18
Peón	hh	1.000	0.166	7.00	1.16
Materiales					0.06
Agua	m3		0.031	2.00	0.06
Equipos y/o herramientas					0.07
Herramientas	% mo		5.000	1.34	0.07
COSTO POR M3 DE CONCRETO					S/. 1.47

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO POR M3 DE

CURADO DE CONCRETO CON ANTISOL S

F'c DE DISEÑO = 210 y 280 KG/CM2

Rendimiento: M3/DÍA Mano de Obra: 200.00 Equipo: 200.00

Descripción	Unid	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					0.44
Capataz	hh	0.100	0.004	11.00	0.04
Operador de equipo	hh	1.000	0.040	10.00	0.40
Materiales					3.74
Antisol S	lts		0.900	4.16	3.74
Equipos y/o herramientas					0.42
Herramientas	% mo		5.000	0.44	0.22
Pulverizador	hm	1.000	0.040	5.00	0.20
COSTO POR M3 DE CONCRETO					S/. 4.60

RESUMEN

CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS UNITARIOS SEGÚN TIPO DE CURADO

Resistencia Kg/cm ²	Costos Unitarios de Curado de Concreto S/.m ³		Variación de Costos Unitarios de Curado de Concreto	
	Curado con Agua	Curado con Antisol s	S/.	%
210 y 280	1.47	4.60	3.13	213.00

Interpretación: Los curados de concreto con Antisol s, tienen un mayor costo unitario de S/. 3.13 y representa el 213 % más que el costo unitario del curado de concreto con agua.

4.6. DISCUSIÓN:

1. Los concretos, cuyas resistencias se utilizan para el diseño de estructuras y que se especifican en los planos, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la Norma Peruana de Estructuras (NPE); para la obtención de la resistencia requerida para la ejecución de obras, establecen factores de seguridad indicados en la siguiente tabla:

Resistencia (F'C) en Planos	Resistencia Requerida (F'CR) en Obras
De 210 a 350 kg/cm ²	F'C + 84 kg/cm ²

Por tal motivo en la investigación se han empleado las resistencias requeridas que se muestran en la siguiente tabla:

Resistencia (F'C) en Planos	Resistencia Requerida (F'CR) en Obras
210 kg/cm ²	294 kg/cm ²
280 kg/cm ²	364 kg/cm ²

2. Los concretos curados con agua arrojan una resistencia promedio a la compresión del 21 % (39.22 kg/cm²) mayor que los concretos curados con antisol s, para resistencias de 210 kg/cm² y 280 kg/cm².

3. Los curados de concreto con antisol s, tienen un mayor costo unitario de S/. 3.13 y representa el 213 % más que el costo unitario del curado de concreto con agua.

5. CONCLUSIONES:

1. Las características físicas de los agregados empleados en la fabricación del concreto se resumen en el cuadro:

Agregado	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					
	Contenido Humedad (%)	Absorción (%)	Peso Específico	Módulo de Fineza	Pesos Unitarios (kg/m ³)	
					Suelto	Compactado
Arena de río	7.69	2.51	2.58	2.91	1687	1793
Canto Rodado	2.56	1.02	2.63	----	1630	1797

Concluyendo:

- La arena de río, tiene mayor contenido de humedad que el agregado grueso
- La arena de río, tiene mayor absorción que el agregado grueso
- La arena de río, tiene menor peso específico que el agregado grueso
- La arena de río tiene el mayor peso unitario suelto de 1687 kg/m³, que el agregado grueso que es de 1630 kg/m³
- El agregado grueso tiene el mayor peso unitario compactado 1797 kg/m³, que la arena de río que es de 1793 kg/m³

2. Los concretos curados con agua arrojan una resistencia promedio a la compresión del 21 % (39.22 kg/cm²) mayor que los concretos curados con antisol s, para resistencias de 210 kg/cm² y 280 kg/cm².

3. Los curados de concreto con antisol s, tienen un mayor costo unitario de S/. 3.13 y representa el 213 % más que el costo unitario del curado de concreto con agua.

4. En la ejecución de obras se debe emplear concreto con resistencia a la compresión requerida ($F'CR$), la cual incluye factores de seguridad sobre la resistencia a la compresión de diseño ($F'C$) de las estructuras y que figuran en los planos; por ser el concreto un material que tiene varios parámetros variables.

6. RECOMENDACIONES

1. En la ejecución de obras se debe emplear concreto con resistencia a la compresión requerida ($F'CR$), la cual incluye factores de seguridad sobre la resistencia a la compresión ($F'C$) de diseño de las estructuras que figuran en los planos, tal como lo establece el Reglamento Nacional de Edificaciones y la Norma Peruana de Estructuras, a fin de garantizar la durabilidad, estabilidad y seguridad de las obras.

En la investigación se toma factores de seguridad en el diseño de mezclas de concreto, según se indica en el cuadro:

Resistencia ($F'C$) en Planos	Resistencia Requerida ($F'CR$) en Obras
210 kg/cm ²	294 kg/cm ²
280 kg/cm ²	364 kg/cm ²

2. Los concretos deben ser curados con agua por que arrojan una resistencia mayor que los concretos curados con antisol s, los cuales además tienen un mayor costo unitario que el curado de concreto con agua; para resistencias que se hallan en el rango de 210 kg/cm² a 280 kg/cm²

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACI, Detroit 2001. Committe 308 R “Guide to Curing Concrete”, American Concrete Institute
2. ASTM C-309: “Specifications for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete”, Philadelphia 1988.
3. CAPECO: Manual de Costos y Presupuestos
4. GONZALES, O. Aspectos fundamentales del Concreto Reforzado.
5. Hernández, R. 2010. Metodología de la Investigación. 5ta. Edición. Editorial Mc Graw-Hill/Interamericana Editores, S.A de C.V.
6. Love, T. 2006. El Concreto en la Construcción. 2da. Edición. Editorial TRILLAS-México
7. ORTEGA, J. 1990. Manual de Estructuras de Concreto Armado. 4ta. Edición CAPECO-Perú.
8. Pasquel, E. 1996. Tópicos de Tecnología del Concreto. 2da. Edición. Editorial Serrano Ltda.-Bolivia.
8. REGAL, M. Materiales de Construcción 1984 Editorial UNI. Lima.
9. RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones. Publicación “El Peruano” del 08 de Junio de 2006