

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**CONCRETO (HORMIGÓN) CON CEMENTO
PÓRTLAND PUZOLÁNICO TIPO IP ATLAS DE
RESISTENCIAS TEMPRANAS CON LA
TECNOLOGÍA**

SIKA VISCOCRETE 20HE

PROYECTO DE TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO DE PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:
CINDY MABEL BENITES ESPINOZA

DIRECTORA – ASESORA
ING. ENRIQUETA PEREYRA SALARDI
LIMA – PERÚ

DEDICATORIA

A mis padres “Floro y Brigida”,
por la fortaleza que han plasmado
cada una de sus huellas en su inalcanzable
vida, sacrificio y entrega,
que orgullosamente me han encaminado
en el exitoso sendero del hacer y el saber;
y por ser en mi vida
el eterno e infinito arcoíris de amor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre y María Santísima Por infundir en mi vida sabiduría y fortaleza para encaminar mis pasos inmersa en la confianza de su infinita bondad y misericordia.

A todas las personas que me brindaron su apoyo desinteresadamente para la elaboración de esta tesis.

A las ingenieras Enriqueta Pereyra Salardi y Liliana Chavarría Reyes con cariño y aprecio, por colaborar y compartir conmigo sus conocimientos y tiempo a lo largo de esta investigación.

A Sika Perú, en especial a los ingenieros Julio Gómez Silva y Herbert Rojas Silva por el apoyo brindado.

Gracias a todos ustedes veo culminada hoy en día una de mis más anheladas metas.

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo fundamental el desarrollo de mezclas de concreto (hormigón) más el uso del aditivo superplastificante de última generación SIKA VISCOCRETE 20 HE, basado en mezclas con bajos contenidos de cemento pórtland Puzolánico Tipo IP "Atlas" (375 Kg, 350 Kg, 325 Kg, 300 Kg, 275 Kg), que logren alcanzar altas resistencias iniciales y con características fluidas.

El desarrollo de este tipo de concreto (hormigón) es de suma importancia, ya que con los nuevos avances tecnológicos se aspira a incrementar la libertad del diseño, aumentar la productividad y la rentabilidad. Asimismo, nos permitirá resolver problemas constructivos tomando en cuenta que existen muchas preocupaciones respecto a la manejabilidad, homogeneidad y consolidación del concreto (hormigón), y su puesta en obra dentro de estructuras densamente reforzadas.

Previamente antes del desarrollo de las mezclas de concreto (hormigón) se realizó el control de calidad de los materiales que intervienen en su fabricación mediante pruebas y ensayos de laboratorio, en conformidad con los procedimientos establecidos en las normas NTP y ASTM respectivamente.

Primero se estudia la materia prima, y se le realizan las siguientes pruebas:

Inspección visual: se trata de seleccionar el material para ser llevado al laboratorio y realizarle las pruebas que asegurarán su aprobación; *Cuarteo:* este proceso se refiere a la reducción del material que se tiene para probar a una cantidad pequeña establecida

por la norma NTP 400.010 (ASTM C702); *Humedad*: el porcentaje del contenido de agua en los agregados, especialmente en la arena, es un dato de gran importancia en el desarrollo de una mezcla; *Peso Unitario*: es el peso por metro cúbico, se calcula para las condiciones suelta y compacta; *Granulometría*: el análisis granulométrico de los agregados se realiza con una serie de tamices graduados en forma progresivamente menor, así se determinan los diferentes tamaños de las partículas. Dentro de este ensayo se encuentra una prueba para el material más fino denominado Malla N° 200, especificado en la norma NTP 400.018 (ASTM C-117).

Los aditivos que se utilizaron en las mezclas de concreto (hormigón) son los siguientes: SIKA VISCOCRETE 20HE: aditivo reductor de agua de alto rango, produce mezclas más fluidas reduciendo hasta un 40% del agua de diseño; SIKA PLASTIMENT TM 12: aditivo plastificante y retardante; SIKASTABILIZER 100: aditivo estabilizador desarrollado para producir concretos (hormigones) de mejor viscosidad evitando problemas de segregación y sangrado; SIKA FUME: adición mineral que es humo de sílice, utilizado para obtener concretos (hormigones) de alta resistencia, en la investigación se utilizó menos del rango prescrito ya que su función fue la de un cohesionante.

Luego, de desarrollar todas las pruebas anteriores a los agregados, se procede a su aprobación y se utilizan en conjunto para realizar las mezclas de concreto (hormigón).

Para realizar las pruebas de las mezclas de concreto (hormigón) se partió de los datos del fabricante de aditivos, de donde se determinó un rango de la cantidad de agua a reducir y la cantidad de aditivo a utilizar, a partir de un diseño establecido se probó la influencia del aditivo superplastificante, dándole seguimiento hasta obtener los diseños finales.

El proceso de mezclado de los materiales se realizó con una mezcladora de 40 litros de capacidad. Se inicia vaciando el agregado grueso, luego el agregado fino, el cemento más la adición SIKA FUME y los aditivos en el siguiente orden: S.VISCOCRETE 20HE, S.STABILIZER 100 y S.PLASTIMENT TM-12. Se sigue mezclando hasta un aproximado de 3 minutos entre un aditivo y otro. Una vez culminado el proceso de mezclado se procedió a realizar las pruebas al concreto (hormigón). Brevemente las pruebas que se realizaron fueron las siguientes:

Fluidez del asentamiento: en esta prueba se midió la extensibilidad diferente al revenimiento, establecida en la norma NTP 339.035 (ASTM C 143). Lo que se mide en esta prueba es la extensibilidad del concreto (hormigón) a través de una superficie lisa y no absorbente, donde el diámetro promedio debe estar entre 45 y 50 cm.

Probetas: se confeccionaron las probetas cilíndricas de muestra en moldes de plástico no absorbentes. Seguidamente, se dejan reposar durante 24 horas sin interrupción alguna.

Tiempo de fraguado: en esta prueba se determina el tiempo de fraguado en el concreto (hormigón) por resistencia a la penetración, de acuerdo con la norma NTP 339.082 (ASTM C403), donde se utilizó un penetrómetro para realizar varios intentos de esfuerzo en el concreto (hormigón). El concreto (hormigón) se tamizó en la malla No.4 y se le realizaron las perforaciones al mortero. Los datos obtenidos se grafican en una hoja de Excel.

Resistencia a la compresión: cada probeta cilíndrica que se elaboró, fue ensayada en los días establecidos, las probetas de concreto (hormigón) se ensayaron según la norma NTP 339.034 (ASTM C 39).

Resistencia a la flexión: cada probeta prismática de dimensiones 15x15x50 cm, se ensayó en la máquina a flexión, donde los apoyos son a cada tercio según la norma ASTM C 78.

Los resultados mostraron valores favorables y mejor desempeño para el concreto (hormigón) con contenidos de cemento mayores a los 325 kg/m³ tanto en los resultados de los ensayos en el concreto (hormigón) fresco como endurecido, mientras que en los concretos (hormigones) con 300 y 275 kg/m³ tuvieron que necesitar mayor cantidad de agua para llegar a su performance, lo cual dificultó el éxito de las resistencias iniciales altas.

Todos los diseños lograron obtener mezclas fluidas con un slump 10" y un diámetro de 50cm, obteniendo mantener la trabajabilidad en el tiempo sin afectar los tiempos de fraguado. Asimismo, se logró cumplir los objetivos planteados para desarrollar concretos (hormigones) de alta fluidez con bajos contenidos de cemento, obteniendo altas resistencias iniciales. Demostrándose así la eficiencia de los aditivos de última generación.

Se hace posible que en la industria de la construcción se pueda utilizar un concreto (hormigón) de elevada fluidez sin llegar a los parámetros de un concreto (hormigón) autocompactado, que nos dé las mismas prestaciones, y que pueda ser evaluado con

los parámetros de un concreto (hormigón) convencional, logrando reducir tiempos en la puesta en obra como en el desencofrado de las estructuras, con efectos de minimizar costos a largo plazo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN

Marco Situacional

1.2. Problematización

1.2.1. Definición del problema

1.2.2. Factores Relacionados al Problema

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos Generales

1.3.2. Objetivos Específicos

1.4. Justificación e Importancia

CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO

2.1. Cemento

2.1.1. Definición

2.1.2. Elaboración del Cemento Pórtland

2.1.3. Composición Química

2.1.4. Tipos de cemento

2.1.5. Cementos mezclados o adicionados

2.2. Agregados

2.2.1. Clasificación de los agregados

2.3. Agua

2.3.1. Agua de mezcla

2.3.2. Agua de curado

2.4. Aditivos

2.4.1. Antecedentes

2.4.2. Definición

2.4.3. Clasificación

2.4.4. Evolución y clasificación de los aditivos plastificantes y

Superplastificantes.

2.4.5. Aditivos en Base a Policarboxilatos

2.4.5.1. Propiedades y ventajas

2.4.5.2. Efectos de los aditivos basados en policarboxilatos

2.4.5.3. Aplicación

2.4.6. Aditivos Retardantes y Reductores de agua – Retardadores

2.4.6.1. Generalidades

2.4.6.2. Usos de los aditivos retardadores

2.4.7. Aditivos Modificadores de Viscosidad o estabilizadores

2.4.7.1. Generalidades

2.4.7.2. Definición

2.5. Adiciones Minerales

2.5.1. Microsílice

CAPÍTULO III – PROPIEDADES DE LOS MATERIALES UTILIZADOS

3.1. Cemento

3.1.1. Propiedades Físicas del cemento Pórtland Puzolánico Tipo IP -Atlas

3.1.2. Propiedades Químicas del cemento Pórtland Puzolánico Tipo IP –Atlas

3.2. Agregados

3.2.1. Agregado Fino

3.2.1.1. Granulometría

3.2.1.2. Módulo de Finura

3.2.1.3. Peso Unitario

3.2.1.4. Peso Específico

3.2.1.5. Porcentaje de Absorción

3.2.1.6. Contenido de Humedad

3.2.1.7. Material que Pasa la Malla # 200

3.2.2. Agregado Grueso Huso 89

3.2.2.1. Granulometría

3.2.2.2. Módulo de Fineza

3.2.2.3. Peso Unitario

3.2.2.4. Peso Específico

3.2.2.5. Porcentaje de Absorción

3.2.2.6. Contenido de Humedad

3.2.2.7. Material que Pasa la Malla # 200

3.3. Aditivos Sika

3.3.1. Sika Viscocrete 20HE

3.3.1.1. Características

3.3.1.2. Ventajas de usar Sika Viscocrete 20 HE

3.3.1.3. Dosificación y aplicación

3.3.2. Sika Plastiment TM 12

3.3.2.1. Características

3.3.2.2. Ventajas de usar Sika Plastiment TM 12

3.3.2.3. Dosificación y aplicación

3.3.3. Sika Stabilizer 100

3.3.3.1. Características

3.3.3.2. Ventajas de usar Sika Stabilizer 100

3.3.3.3. Dosificación y aplicación

3.3.4. Aditivo Sika Fume

3.3.3.1. Características

3.3.3.2. Ventajas de usar Sika Fume

3.3.3.3. Dosificación y aplicación

CAPÍTULO IV- DISEÑO DE MEZCLA

4.1. Diseño de Mezcla Patrón

4.1.1. Método del agrgado global y módulo de finura

4.1.2. Criterios del diseño de mezcla

4.1.3. Sustentación del diseño final de la mezcla patrón

4.2. Diseño de mezcla con aditivo

4.2.1. Criterios del diseño de mezcla

4.2.2. Sustentación del diseño final de mezcla con aditivo

CAPÍTULO V- RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

5.1. Método de mezclado

5.1.1. Método de mezclado del diseño patrón

5.1.2. Método de mezclado del diseño con aditivo

5.2. Ensayos de Concreto (hormigón) Fresco

5.2.1. Temperatura (°C)

5.2.2. Asentamiento

5.2.3. Peso Unitario

5.2.4. Contenido de Aire

5.2.5. Pérdida de trabajabilidad en el tiempo

5.2.6. Tiempo de fraguado

5.3. Muestreo de Probetas

5.3.1. Probetas Cilíndricas

5.3.2. Probetas Prismáticas

5.3.3. Curado de Probetas

5.4. Ensayos de Concreto (hormigón) Endurecido

5.4.1. Resistencia a la Compresión a 1, 3, 7, 14, 28, 45 y 60 días.

5.4.2. Resistencia a la Flexión

5.4.3. Módulo de Elasticidad Estático

CAPÍTULO VI- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

CAPÍTULO VII- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En un mundo como el de hoy, donde la actividad constructora se ha convertido en uno de los sectores más dinámicos en nuestro país, y los cambios tecnológicos se producen a una velocidad de vértigo, la preocupación por los efectos que producen estos cambios es cada vez mayor. Debido, a que se le asocia un alto nivel de productividad y competitividad a la optimización de los recursos y a la satisfacción de los resultados finales, lo cual requiere tener en cuenta la calidad, bajos costos, los tiempos, la eficiencia, la innovación y los nuevos métodos de trabajo.

Tradicionalmente se ha considerado al concreto (hormigón) como un material de construcción compuesto por tres componentes: cemento, agregados y agua. Sin embargo, aunque en nuestros días todavía perdura esta idea, son ya muy pocos los profesionales del mundo de la construcción que no consideran al concreto (hormigón) como el material de construcción por excelencia compuesto por los tres componentes anteriormente mencionados más un cuarto componente, indispensable en la mayoría de los casos, el aditivo. Por ello, la presente investigación ha tratado de proveer la información experimental obtenida, basada en el uso del aditivo superplastificante Sika Viscocrete 20HE de última generación.

1.1 MARCO SITUACIONAL

El tema de interés en la presente investigación radica en la evaluación y análisis del comportamiento y performance del aditivo de última generación SIKA VISCOCRETE 20 HE, basado en el desarrollo de mezclas de concretos (hormigón) con bajos contenidos de cemento púrtland Puzolánico Tipo IP "Atlas" y de características fluidas.

Los últimos desarrollos que se han producido en este tipo de aditivos para concreto (hormigón), basados en policarboxilatos han permitido producir concretos (hormigones) de altas prestaciones, y entre ellos el concreto (hormigón) autocompactable, ya que se ha confirmado su superior comportamiento comparado con aditivos más tradicionalmente utilizados.

Por esta razón, es importante estudiar el comportamiento de dichos aditivos con bajos contenidos de cemento, teniendo en cuenta el uso de aditivos complementarios llamados agentes de viscosidad, que son necesarios para obtener una adecuada fluidez y cohesión, o cuando se produce segregación en la mezcla.

En particular, la posibilidad de comprobar su eficiencia podría contribuir a obtener soluciones constructivas cada vez más cercanas a la solución técnico-económica óptima para cada usuario.

1.2 PROBLEMATIZACIÓN

1.2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Es de gran importancia para las empresas constructoras, y para los clientes en general, que se les brinde la mejor calidad en los productos que se utilizarán en las construcciones, y en este caso se habla de un producto fundamental: el concreto (hormigón). Este producto a lo largo de los años ha sido sometido a investigaciones variadas, se le han aplicado muchas pruebas a los agregados y a los aditivos para poder conformarlo. Es por ello, que se decidió llevar a cabo el desarrollo de mezclas de concreto (hormigón) con el uso del aditivo superplastificante SIKA VISCOCRETE 20 HE, basados en mezclas con bajo contenido de cemento pórtland Puzolánico Tipo IP – Atlas.

El desarrollo de este tipo de concreto (hormigón) debe responder a las frecuentes necesidades de los procesos constructivos, que se presentan en sus diversas formas:

- El transporte largo del concreto (hormigón), pérdida de manejabilidad temprana del concreto (hormigón).
- Puesta en obra, normalmente se trata de estructuras de diseño complicado.
- Compactación, todo el concreto (hormigón) usado en la construcción depende de una compactación eficiente, para conseguir un buen desarrollo de las propiedades en estado endurecido. Sin embargo, la eficiencia del método de vibrado aplicado depende en gran medida de la habilidad del operario que lo ejecuta, por lo tanto puede dar lugar a falta de buena compactación, en

especial en estructuras densamente armadas, o en zonas estrechas o poco accesibles del encofrado.

- Segregación, por mala práctica en la colocación del concreto (hormigón) que afecta la durabilidad de la estructura, presentando fisuras por contracción, menor adherencia con el acero de refuerzo y exposición del mismo.

Para evitar estos problemas, y promover la construcción más durable de estructuras se desarrolló, el concepto de concretos (hormigones) con características fluidas, los que incluyen en su tecnología los últimos avances en productos para concreto (hormigón) a nivel de aditivos superplastificantes y en algunos casos en adiciones minerales.

Gracias a estos productos y a una dosificación especial se consiguen una serie de características que los hacen especialmente interesantes desde el punto de vista de su aplicación, tanto en concretos (hormigones) de obra como en prefabricados.

1.2.2 FACTORES RELACIONADOS AL ORIGEN DEL PROBLEMA

Entre los principales factores se tiene:

FACTOR ECONÓMICO. Es uno de los principales factores en nuestro medio, ya que un verdadero análisis de costo evalúa el ciclo de operación en donde

considera costo del producto, tiempos de colocación y desencofrado, mano de obra, resanes, etc.

FACTOR TÉCNICO. Debido a la poca información y a la falta de normativas nacionales respecto al tema.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar y evaluar mezclas de concreto (hormigón) con cemento Portland Puzolánico Tipo IP Atlas de alta fluidez, con el uso del aditivo SIKA VISCOCRETE 20HE, que mantengan la trabajabilidad en el tiempo de vaciado, obteniendo así altas resistencias iniciales.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la dosificación necesaria de aditivo Sika Viscocrete 20HE y cemento Pórtland Puzolánico Tipo IP Atlas para obtener concretos (hormigones) fluidos en estado fresco y un desarrollo temprano de las resistencias iniciales en estado endurecido.
- Comparar y analizar los resultados obtenidos que permita aplicar las conclusiones de esta investigación a los procesos reales de construcción.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En un mundo como el de hoy, donde los cambios tecnológicos se producen a una velocidad de vértigo, la preocupación por los efectos que producen estos cambios en nuestra vida diaria es cada vez mayor.

En este escenario, la sensibilidad del consumidor hacia la calidad de los productos y servicios que se utilizan es una constante. Los aditivos para concreto (hormigón), como productos de utilización indispensable en muchos casos, no son diferentes de otros. Por este motivo, la calidad de los aditivos para concreto (hormigón), el control de los mismos para garantizar su homogeneidad en el tiempo, así como sus propiedades y efectos sobre el concreto (hormigón) resulta de suma importancia.

Las nuevas tecnologías de superplastificantes basados en policarboxilatos permiten cada vez más obtener la solución adecuada para cada necesidad constructiva, constituyéndose en una valiosa herramienta de auxilio para el proyectista. En particular, la posibilidad de diseñar mezclas de concreto (hormigón) cada vez más específicos, prediciendo sus principales propiedades, contribuyen a obtener soluciones constructivas cada vez más cercanas a la solución técnico-económica óptima para cada usuario.

Posiblemente, el desarrollo de las mezclas de concreto (hormigón) en conjunto con los aditivos superplastificantes SIKA VISCOCRETE 20 HE de última generación sea uno de los materiales de construcción que mejor represente este avance tecnológico, el cual presentó diversas posibilidades, altas prestaciones y versatilidad.

Además, debido a su consistencia, se puede garantizar una mezcla de concreto (hormigón) de elevada calidad en el acabado evitando cangrejas o imperfecciones, mayor rapidez en su colocación y menor demanda de personal en el proceso de vaciado, la posibilidad de fabricar elementos de formas muy difíciles o muy armadas, que dan lugar a gastos adicionales. Asimismo, el uso del sistema de bombeo en la puesta obra, disminuye el tiempo de ejecución drásticamente.

La importancia de estudiar e investigar el comportamiento de estos aditivos radica en la posibilidad de obtener mezclas de concreto (hormigón) de buena calidad para las estructuras. Es importante destacar la aplicación de estos tipos de concretos (hormigones) en obras de nuestro medio por el gran ahorro de mano de obra que significaría su uso, así como también la calidad del concreto (hormigón) que lograríamos obtener con el uso de estos aditivos. Además, de ofrecer éste tipo de concreto (hormigón) grandes ventajas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El concreto (hormigón) es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena, agua y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes.

Asimismo, si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrado la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra, equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento.

En consecuencia, para poder dominar el uso del concreto (hormigón), hay que conocer no solo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componentes y su interrelación basados en las Normas Técnicas correspondientes, ya que son en primera instancia los que confieren a su particularidad.

2.1 CEMENTO

El cemento es uno de los productos de mayor trascendencia que el hombre ha producido.

Desde primitivos tiempos siempre ha existido la preocupación por descubrir materiales aglomerantes que pudieran fijar los elementos que se utilizan para las edificaciones.

La palabra cemento se aplica a toda sustancia que posea propiedades adhesivas, cualquiera que sea su origen.

Sus antecedentes en el Perú se remontan a 1916, año en que se da inicio a su fabricación a través de la Compañía Peruana de Cemento Pórtland.

2.1.1 DEFINICIÓN

El cemento es un material en polvo hidráulicamente activo, es decir, que genera resistencias mecánicas al hidratarse. Se obtiene de la pulverización de clínker, compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio, y eventualmente caliza como adición durante la molienda.

2.1.2 ELABORACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND

El punto de partida del proceso de elaboración del cemento Pórtland lo constituye la selección y explotación de las materias primas para su procesamiento consiguiente.

Se inicia con la explotación de las canteras de materia prima para someterlas a un proceso de chancado primario en que se reduce su tamaño a piedras del orden de 5" y luego se procesa este material en una chancadora secundaria.

Los materiales son molidos individualmente en un molino de bolas hasta ser convertido en un polvo fino impalpable, siendo luego dosificados y mezclados íntimamente en las proporciones convenientes para el tipo de cemento que se desee obtener. La mezcla es posteriormente introducida en un horno giratorio.

Las temperaturas desarrolladas a lo largo del horno producen primero la evaporación del agua libre, luego la liberación del CO₂ y finalmente en la zona de mayor temperatura se produce la fusión de alrededor de un 20% a 30% de la carga y es cuando la cal, la sílice y la alúmina se vuelven a combinar aglomerándose en nódulos de varios tamaños usualmente de 1/4" a 1" de diámetro de color negro característico, relucientes y duros al enfriarse, denominados "clínker de cemento Pórtland".

En la etapa final del proceso, el clínker es enfriado y es molido en un molino de bolas conjuntamente con yeso en pequeñas cantidades (3 a 6%) para controlar el endurecimiento violento.

Finalmente, el cemento pasa ser almacenado a granel, siendo luego suministrado en ésta forma o pesado y embolsado para su distribución.

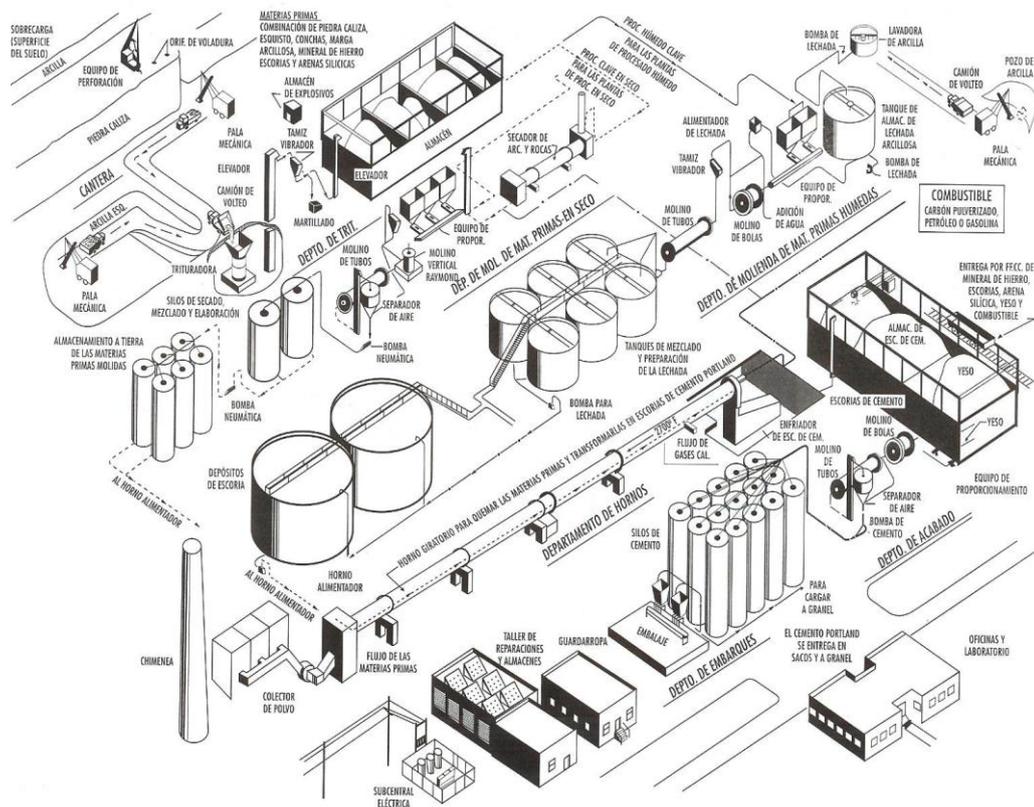


FIG. 1: Proceso de Elaboración del cemento Portland

2.1.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Luego del proceso de formación del clínker y molienda final, se obtienen los componentes principales del cemento, que son cuatro y los que a su vez definen el comportamiento del cemento hidratado.

- a. **Silicato Tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 > \text{C}_3\text{S} > \text{Alita}$):** el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.
- b. **Silicato Bicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 > \text{C}_2\text{S} > \text{Belita}$):** el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.
- c. **Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 > \text{C}_3\text{A}$):** es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle yeso durante la fabricación de cemento.
- d. **Aluminato – Férrico Tricálcico ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{C}_4\text{AF} > \text{Celita}$):** influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.
- e. **Componentes menores:** óxido de magnesio, potasio, sodio manganeso y titanio.

2.1.4 TIPOS DE CEMENTO

Los cementos que cumplan con la norma ASTM C-150 pueden ser usados para la producción de concreto (hormigón).

Tipo I: Se le conoce como cemento Pórtland ordinario y es el de mayor comercialización en el mercado. De uso general, donde no se requieren propiedades especiales.

Tipo II: De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.

Tipo III: Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en clima frío o en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.

Tipo IV: De bajo calor de hidratación. Para concretos (hormigones) masivos.

Tipo V: Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos.

2.1.5 CEMENTOS MEZCLADOS O ADICIONADOS

Según la norma ASTM C – 595 y la NTP 334.090, es interesante destacar los cementos denominados “mezclados o adicionados”, dado que uno de ellos ha sido utilizado en la presente tesis.

PUZOLANAS

Es un material silicoso o sílico-aluminoso que por sí mismo puede tener poca o ninguna actividad hidráulica pero que, finamente dividido y en presencia de humedad reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas.

Cemento Pórtland Puzolánico – Tipo IP: Es un cemento Pórtland producido mediante la molienda conjunta de clínker de cemento Pórtland y puzolana, en la cual la puzolana estará presente entre 15% y 40% en masa del cemento Pórtland Puzolánico.

Cemento Pórtland Puzolánico Modificado – Tipo I (PM): Es un cemento Pórtland producido mediante molienda conjunta de clínker de cemento Pórtland y puzolana, en el cual la puzolana estará presente en no más del 15% en masa del cemento Pórtland Puzolánico modificado.

ESCORIA

Es un producto no metálico consistente esencialmente de silicatos y aluminosilicatos de calcio con impurezas de hierro que se obtiene en estado fundido en los altos hornos.

Cemento Pórtland de escoria – Tipo IS: Es un cemento Pórtland producido mediante la molienda conjunta de clínker de cemento Pórtland y escoria, en el cual la escoria estará presente entre 25% y 70% en masa del cemento Pórtland de escoria.

Cemento Pórtland de escoria modificado – Tipo I (SM): Es un cemento Pórtland producido mediante molienda conjunta de clínker de cemento Pórtland y escoria, en el cual la escoria estará presente en no más del 25% en masa del cemento Pórtland de escoria modificado.

Cemento Pórtland compuesto - Tipo ICo: Es un cemento Pórtland obtenido por pulverización conjunta de clínker Pórtland, materias calizas y/o inertes hasta un máximo de 30 %.

2.2 AGREGADOS

Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto (hormigón), que son aglomerados por la pasta de cemento para formar una estructura resistente. Ocupan alrededor de las $3/4$ partes del volumen total, es por ello, que la calidad de estos tienen una importancia primordial en el producto final.

La denominación de inertes es relativa, porque si bien no intervienen directamente en las relaciones químicas entre el cemento y el agua, para producir el aglomerante o pasta de cemento, sus características afectan notablemente el producto resultante, siendo en algunos casos tan importantes como el cemento para el logro de ciertas propiedades particulares de resistencia, conductibilidad, durabilidad, etc.

Los agregados 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.

La distribución volumétrica de las partículas tiene gran trascendencia en el concreto (hormigón) para obtener una estructura densa y eficiente, así como una trabajabilidad adecuada.

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

a. AGREGADO FINO

Se define como agregado artificial de rocas o piedras provenientes de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 3/8" (9,5 mm) y queda retenido en el tamiz 200.

El agregado fino puede estar constituido de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes. Asimismo, deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquintos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas.

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la NTP 400.037.

**FIG. 2: Agregado Fino
Arena Lavada**

b. AGREGADO



GRUESO

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz normalizado N°4 (4,75 mm), que cumple los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la desintegración natural o artificial de la roca.

El agregado grueso podrá consistir en grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, lima, humos, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

FIG. 3: Agregado Grueso

Piedra Chancada



2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS

- **Por su composición granulométrica**

Los requisitos de granulometría de los agregados serán los establecidos en las normas técnicas peruanas correspondientes.

La composición granulométrica se determinará empleando los tamices especificados en la siguiente tabla.

TABLA 1. Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico

Agregado	Tamices normalizados
FINO	150 μm (Nº 100)
	300 μm (Nº 50)
	600 μm (Nº 30)
	1,8 mm (Nº 16)
	2,36 mm (Nº 8)
	4,75 mm (Nº 4)
GRUESO	9,50 mm (3/8")
	12,5 mm (1/2")
	19,0 mm (1/4")
	25,0 mm (1")
	37,5 mm (1 1/2")
	50,0 mm (2")
	63,0 mm (2 1/2")
	75,0 mm (3")
	90,0 mm (3 1/2")
	100 mm (4")

- **Por su densidad**

Por su densidad los agregados para uso en concretos (hormigones) se clasifican en livianos y pesados.

Los requisitos que deben cumplir los agregados livianos y pesados se establecen en las normas ASTM que se muestran en la Tabla 2.

TABLA 2. Clasificación de los agregados por su densidad

Agregados	Clasificación
AGREGADO LIVIANO	Uso en hormigón (concreto) aislante térmico. * Grupo I: agregados resultantes de productos expandidos, tales como perlitas o vermiculitas. * Grupo II: agregados resultantes de productos expandidos, caleinados o sintetizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas, diatomitas, esquistos o pizarras y agregados preparados del procesamiento de materiales naturales, tales como pumitas, escorias o tufos.
	Uso en hormigón (concreto) estructural. * Tipo I: agregados resultantes de productos expandidos, paletizados o sintetizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas, diatomitas, esquistos o pizarras. * Tipo II: agregados resultantes del procesamiento de materiales naturales, tales como pumitas, escorias o tufos.
	Uso en unidades de albañilería. * Tipo I: agregados resultantes de productos expandidos, paletizados o sintetizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas, diatomitas, esquistos o pizarras. * Tipo II: agregados resultantes del procesamiento de materiales naturales, tales como pumitas, escorias o tufos. * Tipo III: agregados resultantes de la combustión final de productos de carbón o coque.
AGREGADO PESADO (hormigones para protección radiactiva)	1. Agrgados minerales naturales de alta densidad o alto contenido de agua: Barrita, magnetita, hematina, ilmanita y serpentita. 2. Agregado sintéticos: acero, hierro ferro fosforosos, fritas de boro y otros compuestos de boro. 3. Agregados finos consistentes de arena natural o manufacturadas incluyendo minerales de alta densidad. El agregado grueso puede consistir de mineral triturado, piedra chancada, productos sintéticos y combinaciones o mezclas de éstos.

• Por

SU

constitución mineralógica

Minerales de Sílice:

Cuarzo

Opalo

Calcedonia

Cristobalita

Feldespatos:

Ferromagnesianos

Micasios

Arcillosos

Zeolitas

Carbonatos:

Calcita

Dolonita

Sulfatos:

Yeso

Yeso y anhidrita

Minerales de Sulfuro de hierro:

Pirita

Marcasita

Pirrotita

Óxido de Hierro:

Magnetita

Hematita

Rocas Ígneas:

Rocas Plutóicas

Granito; sienita; diorita; gravo y pidotitas

Rocas volcánicas

Rocas Sedimentarias

Rocas Metamórficas

- **Por su forma**

TABLA 3. Clasificación, con ejemplos, de la forma de las partículas de los agregados.

Clasificación	Descripción	Ejemplos
Redondeado	Completamente desgastada por agua o fricción.	Grava de río o playa; arena del desierto, de la playa o del viento.
Irregular	Naturalmente irregular, o parcialmente moldeado por fricción y con bordes pulidos.	Otras gravas, pedernal de tierra o excavado.
Laminar	Material cuyo espesor es pequeño en relación con las otras dos dimensiones.	Roca laminada
Angular	Posee bordes bien definidos formados en la intersección de caras planas.	Rocas trituradas de todos tipos, escoria triturado.
Alargada	Material angular en el que la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones.	

- **Por la textura**

TABLA 4. Clasificación, con ejemplos, de la textura superficial de los agregados.

Grupo	Textura de la superficie	Características	Ejemplos
1	Vidrioso	Fractura concoidal	Pedernal negro, escoria vítrea
2	Lisa	Desgastado por el agua, o debido a fractura de laminada o roca de grano fino.	Gravas, esquisto, pizarra, mármol, algunas riolitas.
3	Granulosa	Fracturas que muestran granos uniformes mas o menos pulidas.	Areniscas, oolita.
4	Rugosa	Fractura rugosa de roca granular fina a media que tiene constituyentes cristalinos que no se pueden ver facilmente.	Basalto, felsita, pórfido, caliza.
5	Cristalina	Contiene constituyentes cristalinos facilmente visibles.	Granito, grabo, gneis.
6	Panal de abeja	Con cavidades y poros visibles.	Ladrillo, pómez, escoria espumosa, vítreo, barro expandido.

2.3 AGUA

La calidad del agua es importante, ya que las impurezas que contenga pueden inferir en el endurecimiento del cemento, afectar negativamente la resistencia del concreto (hormigón) u ocasionar el manchado de su superficie, así como llevar a la corrosión del refuerzo. Por estas razones, debe evaluarse su conveniencia para fines de mezclado y curado.

2.3.1 AGUA DE MEZCLA

El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. En general, el agua potable es adecuada para el concreto (hormigón).

El agua de mezcla en el concreto (hormigón) tiene tres funciones principales:

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

Podrá emplearse agua no potable en la elaboración del concreto (hormigón), siempre que se demuestre su idoneidad. Para ello, se fabricarán cubos de morteros con ella y se ensayarán, si las resistencias obtenidas a los 7 y 28 días son por lo menos el 90% de las esperadas en morteros similares elaborados a base de agua potable el líquido es aceptable.

TABLA 5. Componentes en el Agua y sus efectos

COMPONENTES DEL AGUA DE MEZCLA	EFFECTOS
Impurezas sólidas (arcillas o partículas finas de otros minerales) en concentraciones > 2000 ppm	Pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia
Impurezas orgánicas (aguas negras, verde, café)	Pueden afectar considerablemente el tiempo de fraguado y la resistencia
Agua de mar Aguas cloruradas	Corrosión del acero de refuerzo. Eflorescencias y humedad en superficies expuestas al aire y al agua
Carbonato de sodio	Fraguados muy rápidos Puede reducir la resistencia
Bicarbonatos	Pueden acelerar o retardar el fraguado, pueden reducir la resistencia
Sulfatos	Posibles reacciones expansivas y deterioros por reacción
Sales de estaño, zinc, cobre, plomo y magnesio	Pueden provocar reducción considerable de resistencia y también grandes variaciones en el tiempo de fraguado
Yodato de sodio, fosfato de sodio, arsenato de sodio y borato de sodio	Sales especialmente retardantes
Aguas ácidas de minas (ácidos clorhídrico, sulfúrico y otros en concentraciones mayores a 10000 ppm)	Pueden ocasionar problemas de manejo
Aguas alcalinas Hidróxido de sodio o de potasio	Puede reducir la resistencia

2.3.2 AGUA DE CURADO

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para curado, y por otro lado, en las obras es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto (hormigón).

2.4 ADITIVOS

Recientemente y gracias al progreso de la industria química, las materias plásticas han sido incorporadas al concreto (hormigón), y actualmente podemos encontrar un sin número de productos en el mercado que satisfacen la gran mayoría de necesidades para los usuarios del concreto (hormigón).

El éxito al usar los aditivos depende mucho de la forma de uso y de la acertada elección del producto.

2.4.1 ANTECEDENTES

Los antecedentes más remotos de los aditivos químicos se encuentran en los romanos, a los cuales se incorporaba sangre y clara de huevo.

La fabricación del cemento pórtland y el desarrollo del concreto (hormigón) armado, llevó a regular el fraguado con el cloruro de calcio. Al inicio del siglo se efectuaron sin éxito comercial estudios sobre diferentes aditivos.

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

2.4.2 DEFINICIÓN

Aditivos son aquellas sustancias o productos que incorporados al concreto (hormigón) antes del amasado (o durante el mismo o en el transcurso de un amasado suplementario) en una proporción no superior al 5% del peso del cemento, producen la modificación deseada, en estado fresco o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento.

Según la norma se le define como: “Un material distinto del agua, de los agregados y cemento hidráulico que se usa como un componente del concreto (hormigón) o mortero y se añade a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado”

El uso de los aditivos está condicionado por:

- a. Que se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica.

- b. Que el producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del concreto (hormigón).
- c. Que un análisis de costo justifique su empleo.

RAZONES PARA EL EMPLEO DE UN ADITIVO

Algunas de las razones para el empleo de un aditivo son:

En el concreto (hormigón) fresco:

- ✓ Incrementar la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua.
- ✓ Disminuir el contenido de agua sin modificar su trabajabilidad.
- ✓ Reducir o prevenir asentamientos de la mezcla.
- ✓ Crear una ligera expansión.
- ✓ Modificar la velocidad y/o el volumen de exudación.
- ✓ Reducir la segregación.
- ✓ Facilitar el bombeo.
- ✓ Reducir la velocidad de pérdida de asentamiento.

En el concreto (hormigón) endurecido:

- ✓ Disminuir el calor de hidratación.
- ✓ Desarrollo inicial de resistencia.
- ✓ Incrementar las resistencias mecánicas del concreto (hormigón).
- ✓ Incrementar la durabilidad del concreto (hormigón).

- ✓ Disminuir el flujo capilar del agua.
- ✓ Disminuir la permeabilidad de los líquidos.
- ✓ Mejorar la adherencia concreto-acero de refuerzo.
- ✓ Mejorar la resistencia al impacto y la abrasión.

2.4.3 CLASIFICACIÓN

- **POR SU NATURALEZA:** se clasifican en:

ADITIVOS QUÍMICOS:

Plastificantes

Superplastificantes

Incorporadores de aire

Controladores de fragua

ADITIVOS MINERALES:

Aditivos naturales

Ceniza volantes o Fly ash

Microsílice o Sílica fume

Escoria de la producción de acero

- **SEGÚN LA NORMA TÉCNICA ASTM C – 494:** se clasifican en:

Tipo A: Plastificante o Fluidificante

Tipo B: Retardante

Tipo C: Acelerante

Tipo D: Reductor de agua - Retardante

Tipo E: Reductor de agua - Acelerante

Tipo F: Súper reductor de agua

Tipo G: Súper reductor, de agua – Retardante

- **SEGÚN EL COMITÉ DEL ACI**

Los clasifica según los tipos de materiales constituyentes o a los efectos en su uso:

- a. Aditivos acelerantes.
- b. Aditivos reductores de agua y que controlan el fraguado.
- c. Aditivos para inyección.
- d. Aditivos incorporadores de aire.
- e. Aditivos extractores de aire.
- f. Aditivos formadores de gas.
- g. Aditivos productores de expansión o expansivos.
- h. Aditivos minerales finamente molidos
- i. Aditivos impermeables y reductores de permeabilidad
- j. Aditivos pegantes (también llamados epóxicos)
- k. Aditivos químicos para reducir la expansión debido a la reacción entre agregados y los álcalis de cemento. Aditivos inhibidores de corrosión.
- l. Aditivos fungicidas, germicidas o insecticidas.

m. Aditivos floculadores.

n. Aditivos colorantes.

2.4.4 EVOLUCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS PLASTIFICANTES Y SUPERPLASTICANTES

La evolución y desarrollo de nuevos aditivos se centran ahora en el aumento de la producción y calidad del concreto (hormigón).

Hoy en día, los aditivos para concreto (hormigón) son esenciales como parte de la tecnología del concreto (hormigón). Los plastificantes y superplastificantes son los productos más numerosos y ampliamente utilizados. Estos pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- Lignosulfonatos
- Naftalén sulfonatos
- Melamina – sulfonado policondensados
- Copolímeros Vinílicos
- Policarboxilatos

De forma general, se enumeran a continuación las características de los distintos tipos de aditivos plastificantes y superplastificantes:

Lignosulfonatos: Pertenecen a la primera generación de aditivos plastificantes para el concreto (hormigón). Probablemente, son aún los más utilizados dentro de la tecnología simple de aditivos. Se extraen del proceso de producción de celulosa y de la industria del papel. Se consigue una reducción de agua de aproximadamente el 10%. Debido a la presencia de sustancias reductoras, tienden a producir retrasos en el fraguado del concreto (hormigón) cuando se usan a altas dosificaciones y esto puede tener un efecto negativo en el desarrollo de resistencias.

Naftalén sulfonatos: Son parte de la segunda generación de plastificantes para concreto (hormigón). La materia prima se extrae del proceso de refinado del carbón. Proporcionan una reducción de agua de hasta 25%. Debido a su estructura molecular hidrofóbica, tienden a generar espumas que pueden traducirse en la incorporación de algo de aire en el concreto (hormigón). Sin embargo, ofrecen una eficiente reducción de agua comparados con los lignosulfonatos.

Melamina sulfonatos: Se clasifican también dentro de la segunda generación de aditivos y están basados en polímeros sintéticos. La reducción de agua es similar al naftaleno, pero las resistencias a edades tempranas son aquí más altas. Puede ocurrir que a bajas relaciones agua/cemento, se produzca un flujo viscoso.

Copolímeros vinílicos: Son aditivos superplastificantes de tercera generación y se trata de una tecnología única de Sika. Estos polímeros sintéticos poseen moléculas de mayor tamaño que los anteriores citados, proporcionando un efecto plastificante mayor, la dispersión de las partículas de cemento es mucho más efectiva y así proporciona una mayor reducción de agua (alrededor del 30%) dando al concreto (hormigón) mayores resistencias mecánicas.

Policarboxilatos: Pertenecen a la última generación de superplastificantes. Químicamente se basan en copolímeros de ácido acrílico y grupos éter de ácido acrílico, poseen cadenas laterales a diferencia de los plastificantes tradicionales (macromolécula tipo peine). Se alcanza una reducción de agua de hasta el 40% combinado con una manejabilidad controlada y desarrollo de resistencias mecánicas tempranas.

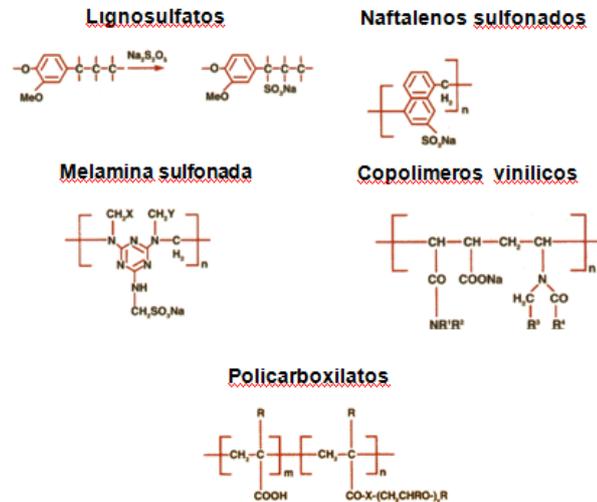


FIG. 4: Evolución y Clasificación de los Aditivos Plastificantes y Superplastificantes

2.4.5 ADITIVOS EN BASE A POLICARBOXILATOS

Recientemente se han desarrollado aditivos superplastificantes en base a policarboxilatos, los cuales reducen el agua en una magnitud bastante superior a los superplastificantes tradicionales, además de otorgar una mejor cohesión en la mezcla fresca y una mayor mantención de trabajabilidad en el tiempo.

Los nuevos superplastificantes basados en policarboxilatos permiten reducir el agua de amasado hasta en un 40%, con lo que se obtiene concretos (hormigones) extraordinariamente resistentes, impermeables y durables.

La extraordinaria capacidad de reducción de agua se produce por la absorción superficial del aditivo en los finos y por efectos de separación estérica sobre las partículas de cemento.

El efecto del reductor de agua hace que se libere el agua que de otra manera queda atrapada en los flóculos de los granos de cemento. Como consecuencia, se requiere una menor cantidad de agua de amasado para una determinada trabajabilidad de la muestra.

En las figuras, se observa el modo de acción de los distintos reductores de agua.

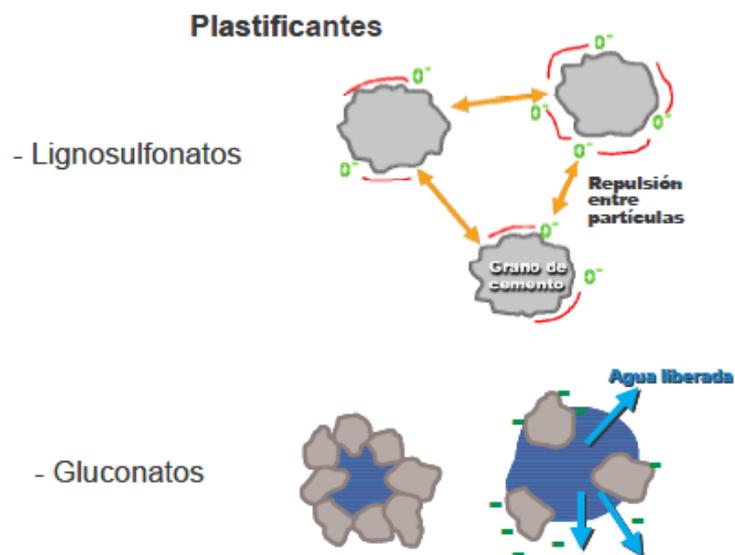


FIG. 5: Efectos de repulsión de las partículas y defloculación con Plastificantes

Superplastificantes tradicionales



FIG. 6: Proceso de repulsión electrostática con Superplastificantes Tradicionales

Superplastificantes de última generación Policarboxilatos

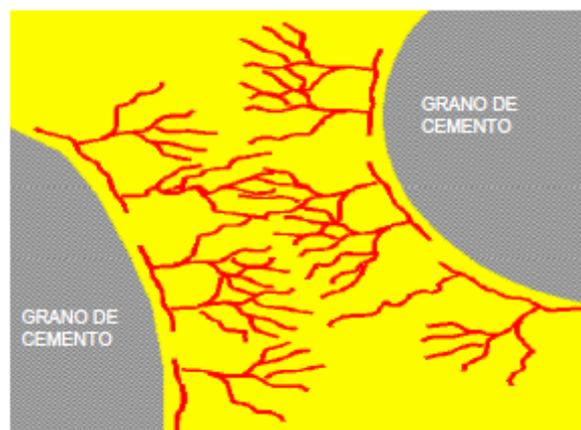


FIG. 7: Efecto reductor de los Superplastificantes de última generación

Dispersión electrostática y acción estérica producto del número y longitud de las cadenas de los compuestos. Reducción de agua hasta 40%.

2.4.5.1 PROPIEDADES Y VENTAJAS

Las formas de empleo de estos aditivos son múltiples:

- Como reductores de agua, su efecto es notable, permitiendo alcanzar reducciones en el agua de mezclado de hasta un 40 %. Esto permite un considerable aumento de resistencias a toda edad, pudiéndose cumplir con proyectos donde se necesitan rápidos desencofrados de las estructuras o bien concretos (hormigones) de altas resistencias finales. Por supuesto, de esta alternativa surgen todos los beneficios de trabajar con bajas relaciones agua/cemento, tales como menor contracción por secado, menor permeabilidad a los gases y líquidos y mayor durabilidad.
- Una segunda posibilidad de uso es como reductor de agua y adicionalmente reductor de cemento; se puede arribar a una solución intermedia, donde se mejoren las propiedades del concreto (hormigón) obteniendo igualmente importantes reducciones de cemento.
- Una tercera posibilidad, consiste en usar estos aditivos como mejoradores de trabajabilidad. Esto permite una rápida y fácil colocación del concreto (hormigón) en sus moldes, incluso en elementos de formas complejas y delgadas que contengan una cuantía de armadura considerable. Asimismo, la calidad de las piezas obtenidas es uniforme, con mínimos o directamente sin defectos

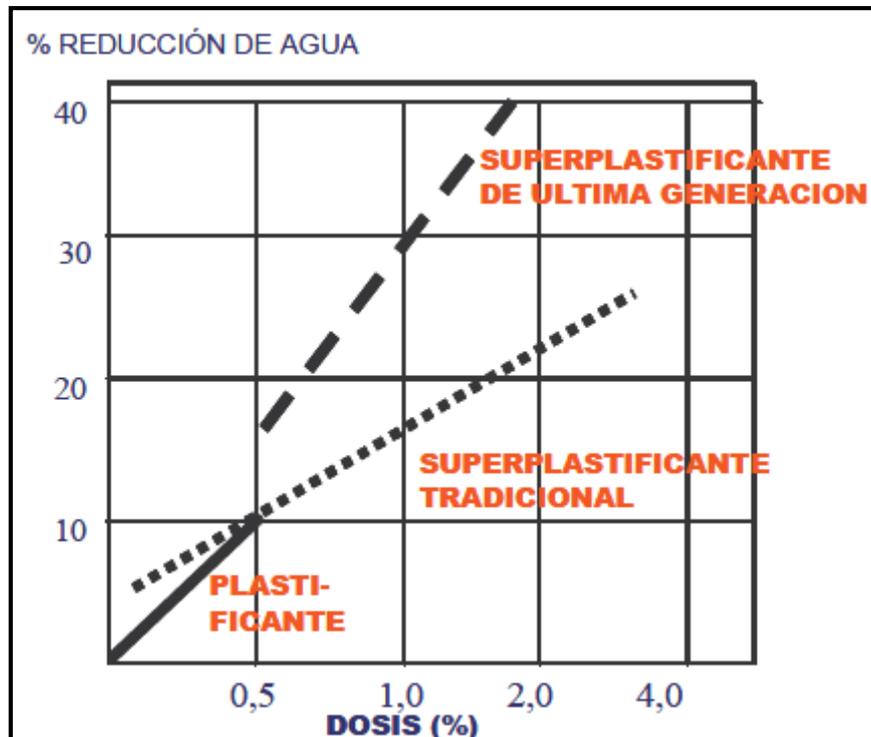
superficiales que reparar, lo que implica menor uso de equipos y mano de obra, con las consiguientes ventajas económicas.

2.4.5.2 EFECTOS DE LOS ADITIVOS BASADOS EN POLICARBOXILATOS

- **EFECTOS EN LA REDUCCIÓN DE AGUA**

Los nuevos reductores de agua en base a policarboxilatos permiten reducir el agua en un grado notoriamente mayor a los reductores de agua tradicionales. Los llamados plastificantes reducen en la práctica entre el 5% y 12%, el nivel siguiente, los superplastificantes tradicionales reducen entre un 12% y 25% de agua y, por último, los nuevos aditivos pueden reducir hasta el 40% el agua de amasado.

FIG. 8: En la figura, se aprecia el efecto en la reducción de agua de los tres tipos de aditivos.



- **EFFECTOS EN LA RESISTENCIA**

Al usar aditivos reductores de agua la resistencia mecánica sigue también la ley de Abrams, es decir, la resistencia es proporcional a la relación agua/cemento del concreto (hormigón), por tanto, a medida que reducimos la relación agua/cemento, mayor es la resistencia. Al usar los aditivos de máxima capacidad de reducción de agua, sin duda obtendremos máxima resistencia para un contenido de cemento y trabajabilidad dada.

- **EFFECTOS EN LA RESISTENCIA INICIAL**

La resistencia inicial del concreto (hormigón) es importante cuando se requiere una pronta puesta en servicio o un desmolde rápido. Indudablemente, si se tiene un concreto (hormigón) con baja relación de agua/cemento es más fácil obtener resistencias altas en las primeras edades.

Como ejemplo en la figura, se observa el efecto de un aditivo de última generación en la resistencia a 1,2 y 3 de un concreto (hormigón) confeccionado con 410 Kg. de cemento de alta resistencia y distintas dosis de aditivo.

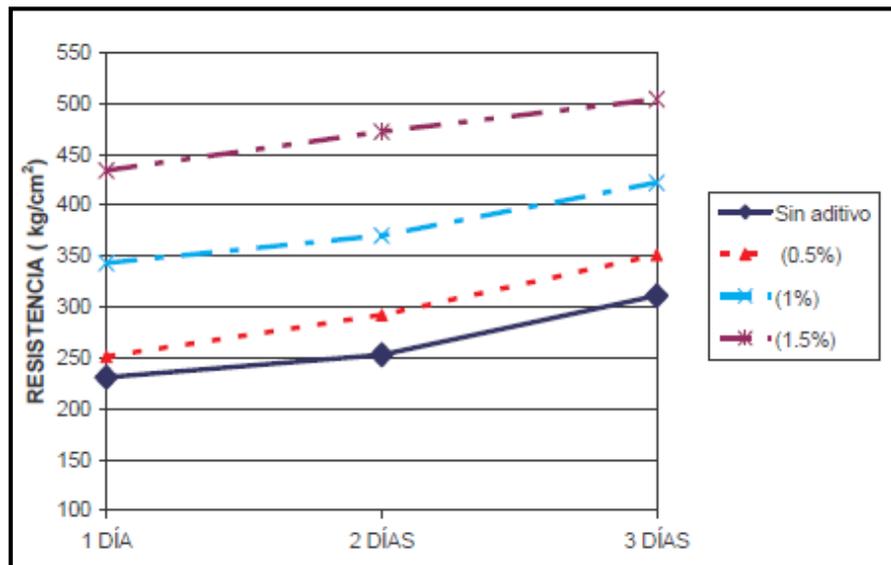


FIG. 9: Tiempo vs. Resistencia

- EFECTOS EN LA MANTENCIÓN DE LA TRABAJABILIDAD EN EL TIEMPO

El tiempo de mantención de trabajabilidad puede ser aumentado fuertemente con la ayuda de un aditivo. El aumento de tiempo de fluidez otorgado por el aditivo es consecuencia de la interacción entre éste y el cemento. Los factores del aditivo que intervienen son: composición química, uniformidad, dosis, combinación de aditivos y momento de la adición al concreto (hormigón).

Las medidas que se toman en la práctica para mantener la fluidez de la mezcla normalmente son:

- Aplicar aditivos superplastificantes al concreto (hormigón) inmediatamente antes de la descarga y colocación del concreto (hormigón).
- Incorporar aditivos retardantes o inhibidores de fraguado.
- Diseñar el concreto (hormigón) con una trabajabilidad superior a la final estimado una pérdida en el tiempo.

La mantención de la trabajabilidad en el tiempo que ofrecen los aditivos de nueva generación no es fruto de un aumento del tiempo de fraguado, lo cual puede ser no deseado en muchos casos, porque afecta los tiempos de desmolde o puesta en servicio. Con estos aditivos es posible obtener un mayor tiempo de trabajabilidad sin que el fraguado sea retardado o que se afecten las resistencias iniciales, por lo contrario, el efecto reductor de agua permite obtener altas resistencias iniciales.

2.4.5.3 APLICACIONES

Dada la amplia gama de posibilidades y excelente performance de este tipo de aditivos, su uso puede extenderse a prácticamente todos los ámbitos de aplicación en concretos (hormigones).

- Concretos (hormigones) de alta resistencia.
- Concretos (hormigones) autocompactantes.
- Colocación en elementos estructurales de formas complejas y esbeltas.
- Concreto (hormigón) visto.
- Prefabricación.
- Concreto (hormigón) Fast – Track.
- Obras de Tunelería.
- Fundaciones de plateas.
- Pilotes realizados “in situ”.
- Proyectos de infraestructura en general.
- Edificios de propiedad horizontal y viviendas.
- Todos aquellos casos en que se requiera concretos (hormigones) de elevada calidad.

2.4.6 ADITIVOS RETARDANTES Y REDUCTORES DE AGUA-RETARDADORES

2.4.6.1 GENERALIDADES

El retardador natural del cemento es el yeso. Sin la adición de un pequeño porcentaje de este material, la mezcla de concreto (hormigón) fraguaría y endurecería en pocos minutos, lo cual haría del concreto (hormigón) un material de difícil manejo en la elaboración de estructuras.

El retardo del concreto (hormigón) significa el prolongar por algunas horas el tiempo entre la elaboración del concreto (hormigón) y el momento en que se presenta el fraguado inicial, mediante la adición de sustancias que causan tal efecto.

Los aditivos retardadores actúan envolviendo (absorción) las partículas de cemento, formando una capa que inhibe transitoriamente la hidratación normal de los compuestos del cemento, en especial aquellos responsables de la resistencia temprana como el aluminato tricálcico (C3A).

Estos aditivos generalmente se comercializan combinados con reductores de agua, es decir, como aditivos de doble función, siendo la reducción de agua la función primaria y el retardo la secundaria. De esta manera se aprovecha el efecto plastificante y el retardo, combinación que permite controlar la pérdida acelerada de manejabilidad.

La figura 10 muestra la pérdida de manejabilidad en función del tiempo transcurrido desde la elaboración del concreto (hormigón), con diferentes tipos de aditivo y sin él.

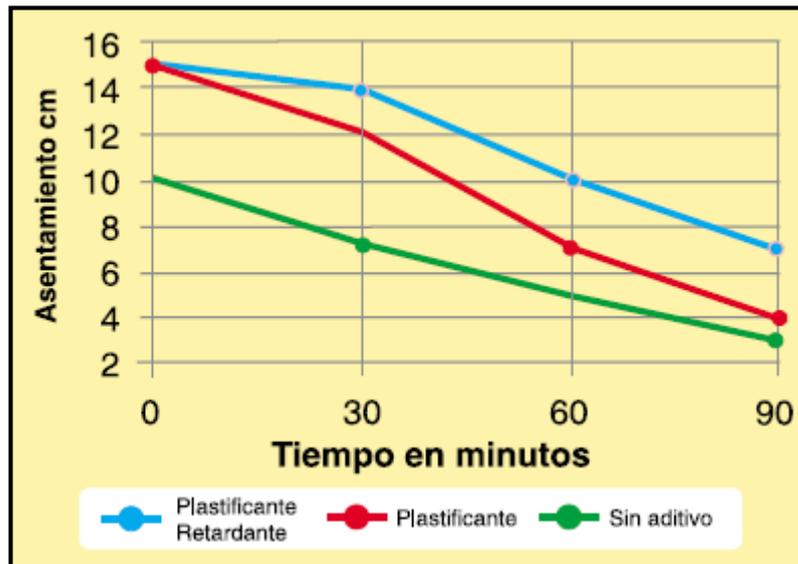


FIG. 10: Tiempo vs. Asentamiento

2.4.6.2 USOS DE LOS ADITIVOS RETARDADORES

Listemos a continuación los usos más importantes de los aditivos retardadores del fraguado del concreto (hormigón):

- Transporte largo del concreto (hormigón): grandes ciudades, obras de infraestructura, túneles en centrales hidroeléctricas.
- Puesta en obra de concreto (hormigón) con maquinaria pequeña.
- Reducir el contenido de cemento al mínimo necesario para obtener la resistencia de diseño.

- Hacer usos de cementos con adiciones puzolánico o de microsílíce que reemplacen cemento.

2.4.7 ADITIVOS MODIFICADORES DE VISCOSIDAD O ESTABILIZADORES

2.4.7.1 GENERALIDADES

En la elaboración de concreto (hormigón) autocompactante, la propiedad más buscada es como su propio nombre lo indica, la autocompactibilidad. Sin embargo, una pequeña variación en las cantidades o en las características del material que lo componen, puede afectar de manera importante esa propiedad. La variable más influyente en ello es el contenido de agua de los finos, ya que cualquier variación resulta en una variación del contenido de agua del concreto (hormigón) mismo. Para solventar este problema, se emplean agentes modificadores de viscosidad, muy efectivos en cuanto al control de las variaciones en el contenido de agua del concreto (hormigón), aumentando notablemente la cohesión del concreto (hormigón) e inhibiendo de esta manera, la exudación y la segregación de la mezcla.

2.4.7.2 DEFINICIÓN

Los agentes modificadores de la viscosidad son aditivos químicos, polímeros solubles en agua de alto peso molecular, que inducen al concreto (hormigón) una viscosidad de moderada a alta, lo que hace que se comporte de manera

pseudoplástica, mejorando sus propiedades en estado fresco, generando un concreto (hormigón) de gran estabilidad ante la exudación y la segregación.

Estos agentes modificadores de viscosidad, desarrollados inicialmente para su utilización en concretos (hormigones) colocados bajo agua (Córdoba, 2007), utilizados conjuntamente con superplastificantes de última generación, hace que se pueda lograr al mismo tiempo, concretos (hormigones) autocompactantes con una elevada estabilidad y de una gran fluidez, consiguiéndose con ello una gran facilidad para el mezclado, gran capacidad de bombeo y excelente colocación.

El uso de agentes modificadores de viscosidad en la dosificación de las mezclas no siempre es imprescindible para la elaboración del concreto (hormigón) autocompactante. Su uso está supeditado al hecho de que los finos presentes en la mezcla no sean capaces de generar suficiente cohesión a la mezcla. Aunque queda claro que su utilización contribuye de gran forma a homogeneizar la calidad del concreto (hormigón) y a facilitar su producción, al lograr con su empleo que el concreto (hormigón) sea menos sensible a pequeños cambios del contenido de agua, del módulo de finura de la arena, del contenido de la arena o de la cantidad de superplastificante, haciéndolo mucho más resistente a estos cambios. Sin embargo, su uso no debe considerarse como una forma de evitar una buena

formulación de la mezcla y de hacer una selección minuciosa de los constituyentes del concreto (hormigón) autocompactante.

2.5 ADICIONES MINERALES

El uso de adiciones minerales en el concreto (hormigón), no es una tecnología reciente, Maliowski reporta un viejo ejemplo que data de 5000-4000 años A. C., la cual fue una mezcla de limos y una puzolana natural, los viejos escritos del ingeniero romano Marcus Vitruvius Pollio, reportan cementos hechos por los griegos y romanos, los que describe como de durabilidad superior, él indica que los romanos desarrollaron técnicas superiores mediante el uso de una combinación de limos y puzolanas.

Actualmente, el uso de adiciones minerales al concreto (hormigón) y al cemento, se ha difundido mundialmente, tales como la ceniza volante, el filler calizo y la microsíllice, este incremento en el uso de estos materiales se debe principalmente a las mejoradas propiedades del concreto (hormigón) tanto en estado endurecido como en estado fresco; este incremento de trabajabilidad, durabilidad y según sea el caso de resistencia, hacen que el uso de adiciones ya sean naturales o artificiales sea muy recomendado para el concreto (hormigón).

2.5.1 MICROSÍLICE

Conocido también como Humo de sílice, es un subproducto de la obtención del silicio y del ferrosilicio, que se recoge en forma de humo mediante filtro electrostático al reducir en un horno eléctrico cuarzo muy puro y carbón.

Las partículas obtenidas son pequeñas esferas de muy pequeño diámetro (< 0,5 μ m), formadas principalmente por sílice muy reactiva y que al utilizarse como adición en la mezcla de concreto (hormigón) actúa como una especie de “superpuzzolana” proporcionándole al concreto altas resistencias y una gran durabilidad.

Sin embargo, sus características hacen que las mezclas de concreto (hormigón) requieran grandes cantidades de agua, por lo que el uso de superplastificantes, que son reductores de agua de alto rango, sean imprescindibles.



FIG. 11: Microsílice o Humo de Sílice.

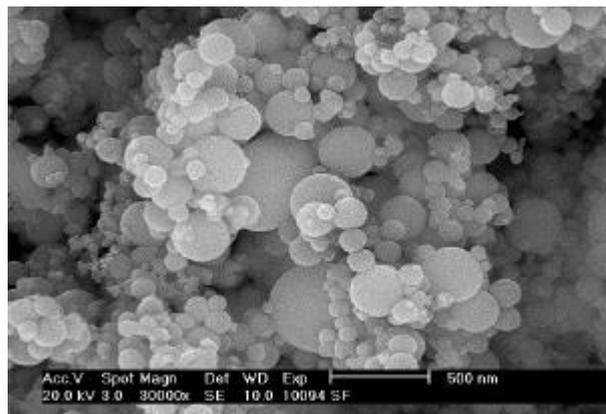


FIG. 12: Fotografía con microscopio eléctrico de partículas de microsílice.

La reacción puzolánica tiene lugar cuando la microsílice entra en contacto con el hidróxido de calcio formado por la hidratación de los silicatos de calcio del cemento, generando una matriz muy densa. Esta alta densidad en la matriz es debida a lo extremadamente pequeñas que son las esferas de microsílice, donde

se pueden conseguir entre 50.000 y 100.000 microesferas por cada grano de cemento, proporcionándole esta densidad altas resistencias y gran durabilidad al concreto (hormigón).

Nuevamente y al igual que en el caso de las cenizas volantes y los filleres calizos, la microsílíce puede ser utilizado en la elaboración del concreto (hormigón) tanto directamente en forma de adición a la mezcla o bien formando parte del mismo cemento.

MECANISMO DE ACCIÓN

A principios de la década de los 50 del siglo pasado, se llevaron a cabo los primeros estudios sobre la utilización de microsílíce como adición para el concreto (hormigón). Sin embargo, fue solo a mediados de la década de los 70, con la aparición de los primeros fluidificantes que se realizaron los primeros ensayos en países como Noruega, Suecia, Dinamarca e Islandia. Posteriormente, la investigación y la elaboración de concreto (hormigón) con adición de microsílíce se extendió por Europa y el resto del mundo.

La utilización combinada de microsílíce y los superplastificantes es fundamental para la obtención del concreto (hormigón) autocompactante ya que suministra una gran cohesión a la mezcla en estado fresco y reduce la segregación. Sin embargo, si bien la microsílíce puede mejorar la reología y estabilidad de la mezcla cuando

se usa en bajas cantidades, aproximadamente entre un 4 y un 6% del contenido de cemento, puede tener efectos diametralmente opuestos sobre la reología y estabilización de la mezcla si se utiliza en grandes cantidades.

La cantidad de microsílíce usada en las mezclas de concreto (hormigón) se sitúa generalmente entre un 3 y un 10% de la cantidad total material cementicio, lo cual hace que se incrementen las resistencias a compresión, el módulo de deformación y la resistencia a flexión, obteniéndose también como ya se dijo anteriormente, concretos muy durables.

En lo que respecta a la influencia de la microsílíce en la resistencia a compresión y en la durabilidad del concreto (hormigón), Khaloo y Houseimian llevaron a cabo una investigación en la cual elaboraron concretos (hormigones) con porcentajes de humo de sílice que oscilaban entre 1 y 15%, con relaciones de agua/cemento entre 0,30 y 0,60 y con los mismos tipos de áridos. Los resultados indicaron que los concretos (hormigones) que tenían entre un 5 y un 10% de humo de sílice, como material reemplazante del contenido total de cemento, poseían grandes resistencias a corto y largo plazo y la resistencia a compresión a los 28 días, después de someter a los especímenes a ciclos rápidos de hielo y deshielo (ASTM C 666) fue entre un 20 y un 40% mayor que la del concreto (hormigón) convencional.

Asimismo Walg, entre otros investigadores, encontró que aún una pequeña adición del 2% al 5% de microsílíce produce una estructura densa en la zona de transición con un consecuente incremento en el microendurecimiento y la resistencia a la fractura.

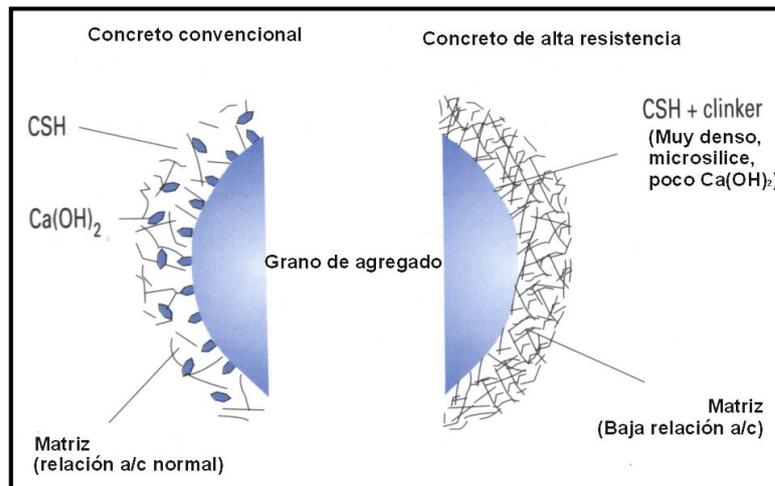


FIG. 13: Efecto de la microsílíce en la aureola de transición del agregado, comparación entre un concreto (hormigón) convencional y un concreto (hormigón) de alto desempeño.

CAPÍTULO III

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES UTILIZADOS

3.1 CEMENTO

En la presente tesis se hizo uso del cemento Pórtland Puzolánico Tipo IP, marca “ATLAS”, el cual tiene como calidad la norma ASTM C – 595 y la NTP 334.090.

Este tipo de cemento es de uso general en la construcción donde no se requiere que el cemento tenga alguna propiedad particular.

Producto obtenido de la molienda conjunta de clínker, yeso y puzolana. Debido al contenido de fierro en la composición química de la puzolana tiene una coloración rojiza.

Ofrece una mejor resistencia a la acción de los sulfatos, desprende menor calor de hidratación, la permeabilidad se reduce notablemente; hace que el fierro interno se conserve mejor y mejora la trabajabilidad.

La presentación del cemento Pórtland Puzolánico Tipo IP – Atlas es comercializado en bolsas de 42.5 Kg. y a granel.

3.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL CEMENTO PÓRTLAND PUZOLÁNICO TIPO

IP – ATLAS

REQUISITOS FÍSICOS	TIPOS DE CEMENTO			
	I(SM), IS I(PM), IP ICo	IS(MS) IP(MS)	IS(MH) IP(MH)	P
Finura	A	A	A	A
Expansión en Autoclave ^B , % máx.	0,80	0,80	0,80	0,80
Contracción en Autoclave ^B , % máx.	0,20	0,20	0,20	0,20
Tiempo de Fraguado, Método Vicat ^C :				
Fraguado en minutos, no menor de	45	45	45	45
Fraguado en horas, no mayor que	7	7	7	7
Contenido de aire del mortero, % Vol. máx.	12	12	12	12
Resistencia a la compresión, MPa, mín.				
3 días	13,0	11,0	10,4	---
7 días	20,0	18,0	16,0	11,0
28 días	25,0	25,0	20,0	21,0
Calor de hidratación, kJ/kg (cal/g), máx.				
7 días	290 ^D (70)	290 ^D (70)	290 (70)	250 ^D (60)
28 días	330 ^D (80)	330 ^D (80)	330 (80)	290 ^D (70)
Requerimiento de agua, % peso máx. de cemento	---	---	---	64
Contracción por secado, % máximo	---	---	---	0,15
Expansión del mortero ^E				
14 días, % máx.	0,020	0,020	0,020	0,020
8 semanas, % máx.	0,060	0,060	0,060	0,060
Resistencia al sulfato, expansión a los 180 días, % máx.	(0,10) ^F	0,10	(0,10) ^F	(0,10) ^F

TABLA 6. Propiedades Físicas del cemento Pórtland Tipo IP Atlas

3.1.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL CEMENTO PÓRTLAND PUZOLÁNICO

TIPO IP - ATLAS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	TIPOS DE CEMENTO		
	I(SM), IS	I(PM), IP, P	ICo
Óxido de magnesio (MgO), %, máx.	---	6,0	6,0
Azufre como trióxido de azufre (SO ₃), %, máx. ^A	3,0	4,0	4,0
Azufre (S), %, máx.	2,0	---	---
Resíduo insoluble, %, máx.	1,0	---	---
Pérdida por Ignición, %, máx.	3,0	5,0	8,0

**TABLA 7. Propiedades Químicas del cemento Pórtland Puzolánico
Tipo IP Atlas**

3.2 AGREGADOS

Los agregados utilizados en la presente investigación provienen de la cantera Jicamarca, donde el agregado fino y el agregado grueso corresponden a la arena gruesa lavada y a la piedra chancada Huso 89 respectivamente, obtenidos mediante un proceso de chancado, zarandeo, tamizado y lavado.

De manera general los agregados para concreto (hormigón) deben estar formados de partículas duras y compactas, de textura y forma adecuada con una buena distribución de tamaños. Asimismo, los agregados suelen estar contaminados con limo, arcilla, humus y otras materias orgánicas. Algunos tienen porcentajes altos de material liviano o de partículas de forma alargada o plana, tales sustancias o partículas defectuosas restan calidad y resistencia al concreto (hormigón), y las especificaciones fijan los límites permisibles de tolerancia.

La calidad de los agregados es de suma importancia, ya que le corresponden aproximadamente tres cuartas partes del volumen del concreto (hormigón). Es por ello, que para determinar su calidad se evaluaron las propiedades y características de los agregados.

El muestreo de los agregados también es una operación fundamental en el proceso de control de calidad, el cual se realizó según la NTP 400.010.

3.2.1 AGREGADO FINO

Para un conocimiento más preciso de las propiedades y características del agregado fino, se han realizado una serie de ensayos experimentales, que serán detallados a continuación, los cuales mostrarán los resultados obtenidos.

3.2.1.1 GRANULOMETRÍA

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones, de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la NTP 400.037, teniendo en cuenta lo siguiente:

- a. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 de la serie Tyler.
- b. El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- c. La NTP 400.037 en concordancia con la norma del ASTM C – 33 recomiendan que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

Malla	Porcentaje que pasa
9.5 - mm (3/8 -in)	100
4.75 - mm (N° 4)	95 a 100
2.36 - mm (N° 8)	80 a 100
1.18 - mm (N° 16)	50 a 85
600 - mm (N° 30)	25 a 60
300 - mm (N° 50)	10 a 30
150 - mm (N° 100)	2 a 10

TABLA 8. Límites Granulométricos según la norma NTP 400.037 y la norma ASTM C – 33.

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

El ensayo de granulometría del agregado fino se realizó bajo la NTP 400.012. Se realizaron tres ensayos de granulometría con el agregado fino y un promedio de los retenidos en cada ensayo granulométrico.







UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 DEL AGREGADO FINO

TIPO DE AGREGADO	ARENA GRUESA LAVADA
PROCEDENCIA	CANTERA JICAMARCA
FECHA	18-dic.-2009

NORMA	NTP 400.012
MUESTRA N	01
HECHO POR	CINDY BENITES

ENSAYO

Malla	2"	1.1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	Fondo
Peso Retenido (g)	0	0	0	0	0	0	22,42	132,83	110,37	84,97	72,94	44,32	32,15
% Retenido	0	0	0	0	0	0	4	27	22	17	15	9	6
% R. Acumulado	0	0	0	0	0	0	4	31	53	70	85	94	100
% que pasa	100	100	100	100	100	100	96	69	47	30	15	6	0
Especificaciones	100	100	100	100	100	100	100	80	50	25	10	2	0
	100	100	100	100	100	100	100	100	85	60	30	10	0

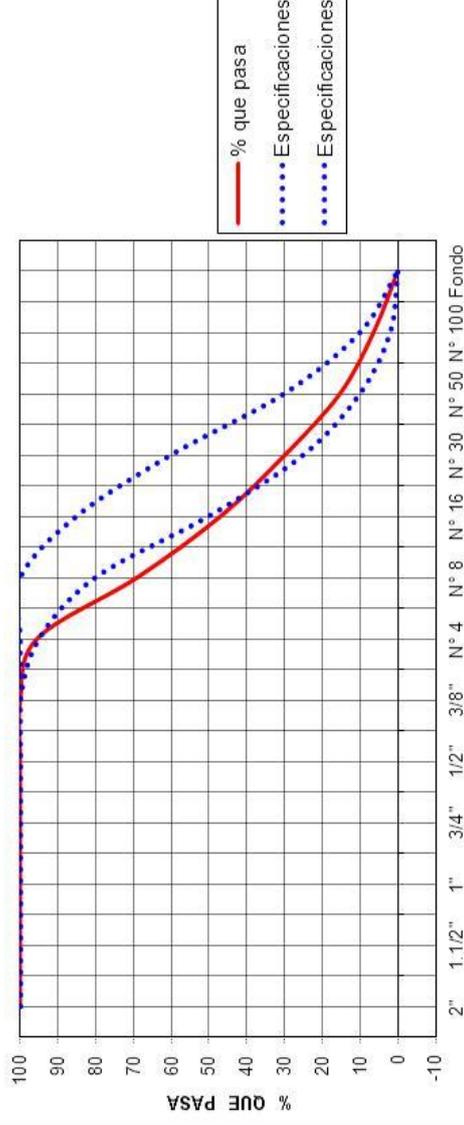
RESULTADOS DE ENSAYO

Σ PESO RETENIDO (gr)	500
----------------------	-----

Σ % RETENIDO (%)	100
------------------	-----

MÓDULO DE FINURA (mf)	3,37
-----------------------	------

GRÁFICO DE GRADACIÓN



MALLA



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 DEL AGREGADO FINO

TIPO DE AGREGADO	ARENA GRUESA LAVADA
PROCEDENCIA	CANTERA JICAMARCA
FECHA	18-dic.-2009

NORMA	NTP 400.012
MUESTRA N	02
HECHO POR	CINDY BENITES

ENSAYO

Malla	2"	1.1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	Fondo
Peso Retenido (g)	0	0	0	0	0	0	13,92	96,8	94,85	93,85	93,4	64,55	42,63
% Retenido	0	0	0	0	0	0	3	19	19	19	19	13	9
% R. Acumulado	0	0	0	0	0	0	3	22	41	60	79	91	100
% que pasa	100	100	100	100	100	100	97	78	59	40	21	9	0
Especificaciones	100	100	100	100	100	100	95	80	50	25	10	2	0
	100	100	100	100	100	100	100	100	85	60	30	10	0

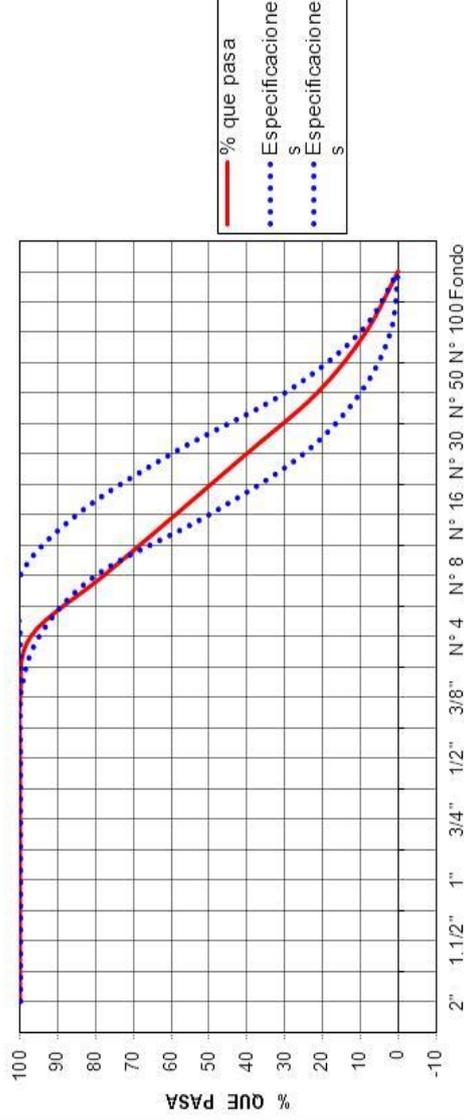
RESULTADOS DE ENSAYO

Σ PESO RETENIDO (gr)	500
----------------------	-----

Σ % RETENIDO (%)	100
------------------	-----

MÓDULO DE FINURA (mf)	2,96
-----------------------	------

GRÁFICO DE GRADACIÓN



MALLA



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 DEL AGREGADO FINO

TIPO DE AGREGADO

ARENA GRUESA LAVADA

NORMA NTP 400.012

PROCEDENCIA

CANTERA JICAMARCA

MUESTRA N 03

FECHA

18-dic.-2009

HECHO POR CINDY BENITES

ENSAYO

Malla	2"	1.1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	Fondo
Peso Retenido (g)	0	0	0	0	0	0	14,36	96,54	101,76	94,77	91,19	62,15	39,23
% Retenido	0	0	0	0	0	0	3	19	20	19	18	12	8
% R. Acumulado	0	0	0	0	0	0	3	22	43	61	80	92	100
% que pasa	100	100	100	100	100	100	97	78	57	39	20	8	0
Especificaciones	100	100	100	100	100	100	95	80	50	25	10	2	0
	100	100	100	100	100	100	100	100	85	60	30	10	0

RESULTADOS DE ENSAYO

Σ PESO RETENIDO (gr)

500

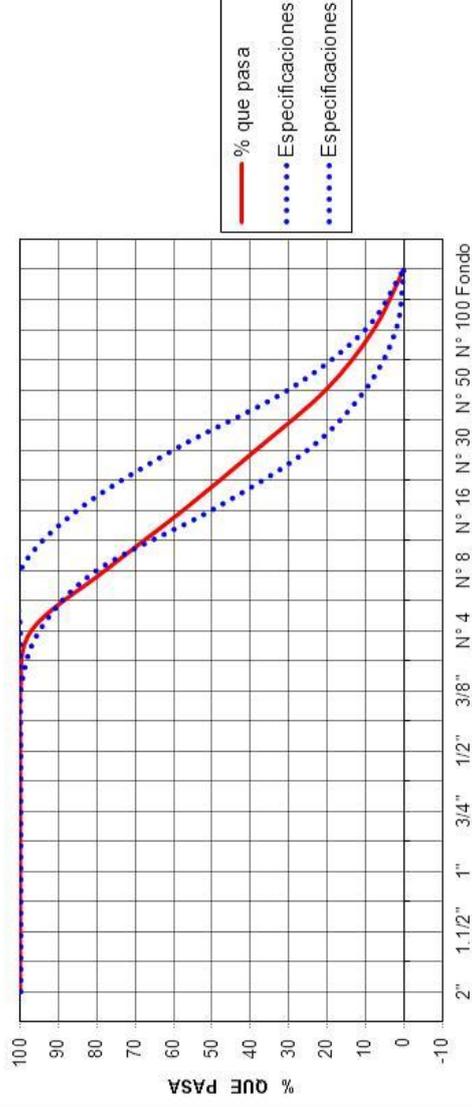
Σ % RETENIDO (%)

100

MÓDULO DE FINURA (mf)

3,01

GRÁFICO DE GRADACIÓN



MALLA



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 DEL AGREGADO FINO

TIPO DE AGREGADO

ARENA GRUESA LAVADA

NORMA NTP 400.012

PROCEDENCIA

CANTERA JICAMARCA

MUESTRA N PROMEDIO

FECHA

18-dic.-2009

HECHO POR CINDY BENITES

ENSAYO

Malla	2"	1.1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	Fondo
Peso Retenido (g)	0	0	0	0	0	0	16,9	108,72	102,327	91,20	85,84	57,01	38,00
% Retenido	0	0	0	0	0	0	3	22	20	18	17	11	8
% R. Acumulado	0	0	0	0	0	0	3	25	46	64	81	92	100
% que pasa	100	100	100	100	100	100	97	75	54	36	19	8	0
Especificaciones	100	100	100	100	100	100	95	80	50	25	10	2	0
	100	100	100	100	100	100	100	100	85	60	30	10	0

RESULTADOS DE ENSAYO

Σ PESO RETENIDO

(gr)

500

Σ % RETENIDO

(%)

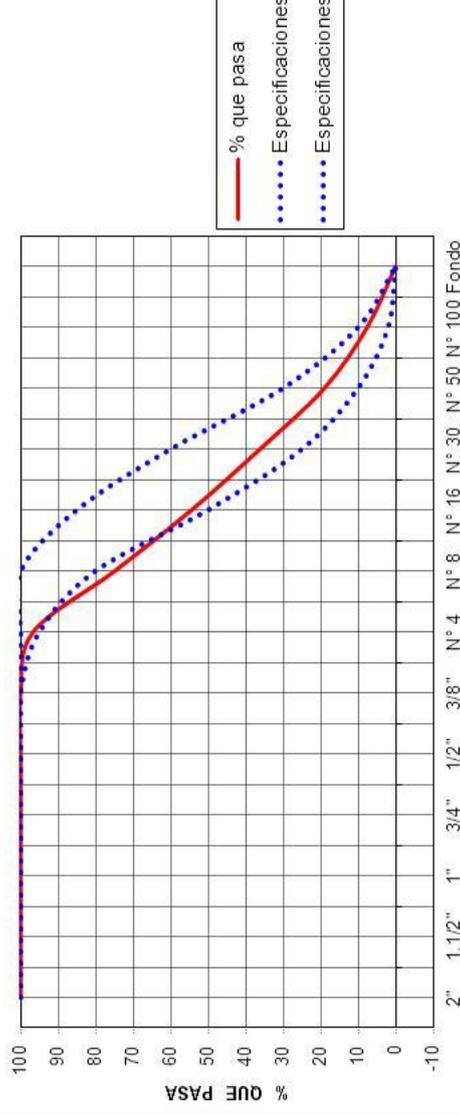
100

MÓDULO DE FINURA

(mf)

3,11

GRÁFICO DE GRADACIÓN



MALLA

3.2.1.2 MÓDULO DE FINURA

El módulo de finura del agregado fino, es el índice aproximado que nos describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen.

El módulo de finura de la arena se calcula sumando los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de las series estandarizadas, dividido entre 100. Las series consisten en mallas, cada una del doble del tamaño de la precedente: ASTM N° 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8, hasta la malla de tamaño más grande según la norma NTP 400.011.

$$\text{Módulo de Finura} = \frac{\sum \% \text{retenida acumulada}}{100}$$

Se considera que el módulo de finura de una arena adecuada para producir concreto (hormigón) debe estar entre 2,3 y 3,1 o, donde un valor menor que 2,0 indica una arena fina, 2,5 una arena de finura media y más de 3,0 una arena gruesa.

De acuerdo con el ASOCEM, en la apreciación del módulo de finura, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2,2 y 2,8 producen concretos (hormigones) 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 (hormigones) de alta resistencia.

A continuación, los módulos de finura de cada uno de los ensayos realizados:

Ensayo N° 1:

$$mf = \frac{0+4+31+53+70+85+94}{100} = 3,37$$

Ensayo N° 2:

$$mf = \frac{0+3+22+41+60+79+91}{100} = 2,96$$

Ensayo N° 3:

$$mf = \frac{0+3+22+43+61+80+92}{100} = 3,01$$

Promedio de Módulos de finura:

$$mf_p = \frac{3.37 + 296 + 3.01}{3} = 311$$

3.2.1.3 PESO UNITARIO

Se sabe que el peso unitario también llamado volumétrico o densidad en masa de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con volumen unitario especificado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico.

El peso unitario del agregado varía de acuerdo a condiciones intrínsecas, como la forma, granulometría y tamaño máximo. Asimismo, depende de factores externos como la relación del tamaño máximo con el volumen del recipiente, la consolidación impuesta, la forma de colocación, etc. En consecuencia, para ser de utilidad, el ensayo de peso unitario debe ceñirse estrictamente a norma, definiendo si la determinación corresponde al agregado suelto o compactado, según el procedimiento utilizado.



- **PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)**

La determinación del peso unitario suelto consiste en llenar el recipiente lentamente con el agregado seco por encima del borde superior del recipiente, hasta llenarlo completamente. Luego se enrasa y nivela lentamente con una regla metálica hasta llegar al borde superior del molde, el recipiente utilizado es de 1/10 ps3 de capacidad. Finalmente, se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.S = f \times W_s$$

- **PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)**

El peso unitario compactado se determina llenando el recipiente en tres etapas, apisonando cada tercio con una varilla compactadora 25 veces, la varilla debe tener punta redondeada y 5/8" de diámetro. Como en el P.U.S. el peso unitario

compactado se obtiene multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.C = f \times W_c$$

Para nuestra investigación se han desarrollado los ensayos necesarios bajo la

 <p>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</p>	<p>E AGREGADO ARENA GRUESA LAVADA CANTERA JICAMARCA</p> <p>DENICIA 18-dic.-2009</p> <p>POR CINDY BENITES</p>	<p>PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO</p>	<p>NORMA NTP 400.017</p> <p>MUESTRA N 01</p> <p>PESO DE LA MUESTRA 12 000 g.</p> <p>MEDIDA DE RECIPIENTE 1/10 ps³</p>																												
<p>O</p> <p>PESO UNITARIO SUELTO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>SÍMBOLO</th> <th>CANT.</th> <th>UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE</td> <td></td> <td>6,321</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>DE RECIPIENTE</td> <td></td> <td>1,748</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>DE LA MUESTRA SUELTA</td> <td>Ws</td> <td>4,573</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>DE LA AGUA + RECIPIENTE</td> <td></td> <td>4,561</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>DE LA AGUA</td> <td>Wa</td> <td>2,813</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (f = 1 000/Wa)</td> <td>f</td> <td>355,49</td> <td>m³</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD	DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6,321	Kg	DE RECIPIENTE		1,748	Kg	DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	4,573	Kg	DE LA AGUA + RECIPIENTE		4,561	Kg	DE LA AGUA	Wa	2,813	Kg	DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (f = 1 000/Wa)	f	355,49	m ³	<p>CÁLCULO PREVIO</p> <p>PUS = f x Ws</p>	<p>RESULTADO</p> <p>P. UNITARIO SUELTO = 1626 Kg/m³</p>
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD																												
DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6,321	Kg																												
DE RECIPIENTE		1,748	Kg																												
DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	4,573	Kg																												
DE LA AGUA + RECIPIENTE		4,561	Kg																												
DE LA AGUA	Wa	2,813	Kg																												
DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (f = 1 000/Wa)	f	355,49	m ³																												
<p>PESO UNITARIO COMPACTADO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>SÍMBOLO</th> <th>CANT.</th> <th>UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE</td> <td></td> <td>6,784</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>DE RECIPIENTE</td> <td></td> <td>1,748</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>DE LA MUESTRA COMPACTADA</td> <td>Wc</td> <td>5,036</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>DE LA AGUA + RECIPIENTE</td> <td></td> <td>4,561</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>DE LA AGUA</td> <td>Wa</td> <td>2,813</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (f = 1 000/Wa)</td> <td>f</td> <td>355,49</td> <td>m³</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD	MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		6,784	Kg	DE RECIPIENTE		1,748	Kg	DE LA MUESTRA COMPACTADA	Wc	5,036	Kg	DE LA AGUA + RECIPIENTE		4,561	Kg	DE LA AGUA	Wa	2,813	Kg	DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (f = 1 000/Wa)	f	355,49	m ³	<p>CÁLCULO PREVIO</p> <p>PUC = f x Wc</p>	<p>RESULTADO</p> <p>P.UNIT.COMPACTADO = 1790 Kg/m³</p>
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD																												
MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		6,784	Kg																												
DE RECIPIENTE		1,748	Kg																												
DE LA MUESTRA COMPACTADA	Wc	5,036	Kg																												
DE LA AGUA + RECIPIENTE		4,561	Kg																												
DE LA AGUA	Wa	2,813	Kg																												
DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (f = 1 000/Wa)	f	355,49	m ³																												



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL
 AGREGADO FINO

NORMA	NTP 400.017
MUESTRA N	02
PESO DE LA MUESTRA	12 000 g.
MEDIDA DE RECIPIENTE	1/10 ps ³

AGREGADO	ARENA GRUESA LAVADA
ORIGEN	CANTERA JICAMARCA
FECHA	18-dic.-2009
ELABORADO POR	CINDY BENITES

O

O UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD
E LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6,208	Kg
E RECIPIENTE		1,748	Kg
E LA MUESTRA SUELTA	Ws	4,460	Kg
EL AGUA + RECIPIENTE	Wa	4,561	Kg
EL AGUA		2,813	Kg
PESO UNITARIO SUELTO	f	355,49	m ³

CÁLCULO PREVIO	
PUS = f x Ws	

RESULTADO	
P. UNITARIO SUELTO =	1585 Kg/m ³

O UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD
E LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		6,797	Kg
E RECIPIENTE		1,748	Kg
E LA MUESTRA COMPACTADA	Wc	5,049	Kg
EL AGUA + RECIPIENTE	Wa	4,561	Kg
EL AGUA		2,813	Kg
PESO UNITARIO COMPACTADO	f	355,49	m ³

CÁLCULO PREVIO	
PUC = f x Wc	

RESULTADO	
P.UNIT.COMPACTADO =	1795 Kg/m ³

TIPO DE AGREGADO	ARENA GRUESA LAVADA
ROCEDENCIA	CANTERA JICAMARCA
FECHA	18-dic.-2009
HECHO POR	CINDY BENITES

NORMA	NTP 400.017
MUESTRA N	03
PESO DE LA MUESTRA	12 000 g.
MEDIDA DE RECIPIENTE	1/10 ps ³

ENSAYO

. PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD
ESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6,344	Kg
ESO DE RECIPIENTE		1,748	Kg
ESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	4,596	Kg
ESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4,561	Kg
ESO DEL AGUA	Wa	2,813	Kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (f = 1.000/Wa)	f	355,49	m ⁻³

CÁLCULO PREVIO	$PUS = f \times Ws$
-----------------------	---------------------

RESULTADO	P. UNITARIO SUELTO = 1634 Kg/m³
------------------	---

. PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD
ESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		6,645	Kg
ESO DE RECIPIENTE		1,748	Kg
ESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Wc	4,897	Kg
ESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4,561	Kg
ESO DEL AGUA	Wa	2,813	Kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (f = 1.000/Wa)	f	355,49	m ⁻³

CÁLCULO PREVIO	$PUC = f \times Wc$
-----------------------	---------------------

RESULTADO	P.UNIT.COMPACTADO = 1741 Kg/m³
------------------	--



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL
AGREGADO FINO

TIPO DE AGREGADO	ARENA GRUESA LAVADA
PROCEDENCIA	CANTERA JICAMARCA
FECHA	18-dic.-2009

NORMA	NTP 400.017
MUESTRA N	PROMEDIO
HECHO POR	CINDY BENITES

ENSAYO

A. PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)

DESCRIPCIÓN	P.U.S.	UNIDAD
MUESTRA N° 01	1626	Kg/m ³
MUESTRA N° 02	1585	Kg/m ³
MUESTRA N° 03	1634	Kg/m ³
PROMEDIO	1615	Kg/m ³

B. PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)

DESCRIPCIÓN	P.U.C.	UNIDAD
MUESTRA N° 01	1790	Kg/m ³
MUESTRA N° 02	1795	Kg/m ³
MUESTRA N° 03	1741	Kg/m ³
PROMEDIO	1775	Kg/m ³

3.2.1.4 PESO ESPECÍFICO

El peso específico de los agregados, que se expresa también como densidad, conforme al Sistema Internacional de Unidades, adquiere importancia en la construcción, cuando se requiere que el concreto (hormigón) tenga un peso límite, sea máximo o mínimo. Además, el peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en el que es recomendable realizar pruebas adicionales.

El peso específico cobra especial importancia en los concretos (hormigones) de alto desempeño, dado que por requerimientos de resistencia es usual requerir un agregado con peso específico adecuado y no menor de lo convencional.

En las arenas el peso específico o densidad real varía entre 2,5 y 2,7 g/cm³, las arenas húmedas con igual volumen aparente pesan menos que las secas debido a que se recubren de una película de agua que la hace ocupar mayor volumen. El volumen de huecos de una arena natural oscila entre el 26% de mínimo para las arenas de granos iguales y el 55% para las de granos finos.

DEFINICIONES

- **PESO ESPECÍFICO:** Es la relación, a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario del 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 aquel de la porción impermeable.

$$P_{\text{específico aparente}}(G_a) = \frac{A}{(V-W) - (500-A)}$$

- **PESO ESPECÍFICO DE MASA:** Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (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.

$$G = \frac{A}{V-W}$$

- **PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO:** Es lo mismo que peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

$$G_{ss} = \frac{500}{V-W}$$

3.2.1.5 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

Es el incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca. El agregado se considera como

"seco" cuando se ha mantenido a una temperatura de 110°C ± 5°C por suficiente tiempo para remover toda el agua.

Para el agregado fino, de acuerdo al procedimiento normalizado, se sumerge totalmente en un recipiente con agua durante 24 horas.

La absorción se determina por la siguiente ecuación:

$$500 - A$$

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA CULTAD DE INGENIERÍA CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL BORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	
DO	ARENA GRUESA LAVADA CANTERA JICAMARCA 19-dic.-2009 CINDY BENITES	NORMA	NTP 400.022
		MUESTRA N	01
		PESO DE LA MUESTRA	4 000 g.
		PESO DE TARA	230,82 g.
CÁLCULOS Y RESULTADOS			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD
A		180,16	g
A SUPERFICIALMENTE		500	g
A SUPERFICIALMENTE A FIOLA		680,16	g
A SUPERFICIALMENTE A FIOLA + PESO DEL		998,3	g
	W	318,14	g
A SECA	A	492,5	g
FIOLA	V	500	ml
1. PESO ESPECÍFICO DE MASA		$\left(\frac{A}{V - W}\right)$ g/cm ³	
2. P. ESPECÍFICO DE LA MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO		$\frac{500}{(V - W)}$ g/cm ³	
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE		$\frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$ g/cm ³	
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN		$\left(\frac{500 - A}{A}\right) * 100$ %	
		2,71	
		2,75	
		2,82	
		1,52	

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**PESO ESPECÍFICO Y
 ABSORCIÓN DEL
 AGREGADO FINO**

LAGADO	ARENA GRUESA LAVADA
	CANTERA JICAMARCA
	21-dic.-2009
	CINDY BENITES

NORMA	NTP 400.022
MUESTRA N	02
PESO DE LA MUESTRA	4 000 g.
PESO DE TARA	230,82 g.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD
FIOLA		179,98	g
ARENA SUPERFICIALMENTE		500	g
ARENA SUPERFICIALMENTE DE LA FIOLA		679,98	g
ARENA SUPERFICIALMENTE DE LA FIOLA + PESO DEL		997,5	g
A	W	317,52	g
ARENA SECA	A	492,8	g
A FIOLA	V	500	ml

1. PESO ESPECÍFICO DE MASA	$\left(\frac{A}{V - W} \right)$	g/cm³
2,70		

2. P. ESPECÍFICO DE LA MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	$\frac{500}{(V - W)}$	g/cm³
2,74		

3. PESO ESPECÍFICO APARENTE	$\frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$	g/cm³
2,81		

4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$\left(\frac{500 - A}{A} \right) * 100$	%
1,46		

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y
 ABSORCIÓN DEL
 AGREGADO FINO

REGADO	ARENA GRUESA LAVADA
IA	CANTERA JICAMARCA
	21-dic.-2009
	CINDY BENITES

NORMA	NTP 400.022
MUESTRA N	03
PESO DE LA MUESTRA	4 000 g.
PESO DE TARA	230,82 g.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD
FIOLA		180,14	g
ARENA SUPERFICIALMENTE		500	g
ARENA SUPERFICIALMENTE DE LA FIOLA		680,14	g
ARENA SUPERFICIALMENTE DE LA FIOLA + PESO DEL		997,3	g
CUJA	W	317,16	g
ARENA SECA	A	492,6	g
DE LA FIOLA	V	500	ml

1. PESO ESPECÍFICO DE MASA	$\left(\frac{A}{V - W}\right)$	g/cm ³
	2,69	

2. P. ESPECÍFICO DE LA MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	$\frac{500}{(V - W')}$	g/cm ³
	2,73	

3. PESO ESPECÍFICO APARENTE	$\frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$	g/cm ³
	2,81	

4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$\left(\frac{500 - A}{A}\right) * 100$	%
	1,50	

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN
 DEL AGREGADO FINO

EGADO ARENA GRUESA LAVADA
 A CANTERA JICAMARCA
 21-dic.-2009

NORMA NTP 400.022
 MUESTRA N PROMEDIO
 HECHO POR CINDY BENITES

DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	SÍMBOLO	M-1	M-2	M-3	PROMEDIO
CÍFICO DE MASA	$\left(\frac{A}{V - W}\right)$	g/cm ³	2,71	2,70	2,69	2,70
CO DE LA MASA SATURADO MENTE SECO	$\frac{500}{(V - W)}$	g/cm ³	2,75	2,74	2,73	2,74
CÍFICO APARENTE	$\frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$	g/cm ³	2,82	2,81	2,81	2,81
JE DE ABSORCIÓN	$\left(\frac{500 - A}{A}\right) * 100$	%	1,52	1,46	1,50	1,49

3.2.1.6 CONTENIDO DE HUMEDAD

Puesto que la absorción representa el agua contenida en agregado en condición saturada y de superficie seca, podemos definir el contenido de humedad como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca. Así el contenido total de un agregado húmedo será igual a la suma de la absorción y el contenido de humedad.

El agregado expuesto a la lluvia acumula una considerable humedad en la superficie de las partículas, expuesto en la parte de la superficie de la pila, conserva esa humedad durante largo tiempo. Esto es particularmente cierto para el agregado fino; el contenido de humedad debe permitirse el cálculo de series de

cantidades y del requerimiento total de agua de la mezcla. En efecto la masa de agua añadida a la mezcla debe disminuirse y la masa de agregado incrementarse en cantidad igual a la masa del contenido de humedad, puesto que cambia con el clima y de una pila a otra.

Hay varios métodos disponibles, pero la exactitud dependerá de contar con una muestra representativa. En el laboratorio puede determinarse el contenido total de humedad por el método de secado en horno prescrito en la norma ASTM C -566.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Pesda muestra Húmeda} - \text{Pesda muestra Secca}}{\text{Pesda muestra Secca}} \times 100$$

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO	NTP 339.185 CINDY BENITES 230,96 g.																												
ARENA GRUESA LAVADA CANTERA JICAMARCA 22-dic.-2009	ARENA GRUESA LAVADA CANTERA JICAMARCA 22-dic.-2009																												
PROMEDIO DE MUESTRAS																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÍMBOLO</th> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> <th>UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>473,22</td> <td>476,4</td> <td>478,83</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>A - B</td> <td>26,78</td> <td>23,6</td> <td>21,17</td> <td>g</td> </tr> </tbody> </table>	ÍMBOLO	M-1	M-2	M-3	UNIDAD	A	500	500	500	g	B	473,22	476,4	478,83	g	A - B	26,78	23,6	21,17	g	<table border="1"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>% HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M - 1</td> <td>5,66</td> </tr> <tr> <td>M - 2</td> <td>4,95</td> </tr> <tr> <td>M - 3</td> <td>4,42</td> </tr> </tbody> </table>	MUESTRA	% HUMEDAD	M - 1	5,66	M - 2	4,95	M - 3	4,42
ÍMBOLO	M-1	M-2	M-3	UNIDAD																									
A	500	500	500	g																									
B	473,22	476,4	478,83	g																									
A - B	26,78	23,6	21,17	g																									
MUESTRA	% HUMEDAD																												
M - 1	5,66																												
M - 2	4,95																												
M - 3	4,42																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>H</th> <th>5,66</th> <th>4,95</th> <th>4,42</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td colspan="3"></td> <td>5,01</td> </tr> </tbody> </table>	H	5,66	4,95	4,42	%	PROMEDIO				5,01	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROMEDIO</th> <th>5,01</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	PROMEDIO	5,01																
H	5,66	4,95	4,42	%																									
PROMEDIO				5,01																									
PROMEDIO	5,01																												

) * 100

3.2.1.7 MATERIAL QUE PASA LA MALLA # 200

En cuanto a los límites que establece ASTM C - 33 para las llamadas sustancias perjudiciales, conviene comentarlos para tener clara su trascendencia.

El material más fino que pasa la malla # 200 tiene trascendencia entre el agregado y la pasta, afectando la resistencia. Por otro lado, las mezclas requieren una mayor cantidad de agua, por lo que se acostumbra limitarlos entre el 3% al 5%, aunque valores superiores hasta el orden del 7% no necesariamente causarán un efecto pernicioso notable que no pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación agua/cemento y/o optimizando la granulometría.

La norma NTP 400.018 establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa por tamiz normalizado de 75 um (N° 200), en el agregado a emplearse en la elaboración de concretos (hormigones) y morteros. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidos del agregado durante el ensayo.

$$\% \text{ que pasa a malla } N^{\circ} 200 = \frac{\text{Peso de muestra Lavada y Secada}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200 AGREGADO FINO		NORMA NTP 400.018	
		HECHO POR CINDY BENITES	
		PESO DE TARA 230,88 g.	

ADRID RICARDO PALMA DE INGENIERÍA OFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL IO DE ENSAYO DE MATERIALES		ARENA GRUESA LAVADA	
		CANTERA JICAMARCA	
		18-dic.-2009	

PROMEDIO DE MUESTRAS			
MUESTRA	% HUMEDAD		
M - 1	4,30		
M - 2	3,73		
M - 3	4,08		
PROMEDIO		4,04	

MO	M-1	M-2	M-3	UNIDAD
	500	500	500	g
	478,49	481,36	479,61	g
(2)	21,51	18,64	20,39	g
	4,30	3,73	4,08	%

100	
-----	--

3.2.2 AGREGADO GRUESO

Al igual que en el agregado fino, para el agregado grueso se han realizado una serie de ensayos experimentales, que serán detallados a continuación para un conocimiento más preciso de sus propiedades y características.

3.2.2.1 GRANULOMETRÍA

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la NTP 400.037 o en la norma ASTM C – 33, los cuales están indicados en la tabla 9, así como es recomendable tener en consideración lo siguiente:

- a. La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.

- b. La granulometría seleccionada deberá permitir obtener una máxima densidad del concreto (hormigón), con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de las mezclas.

- c. 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 1/4".

**Tabla 9. Requisitos para clasificar los agregados gruesos y finos según el
ASTM C 33.**

N° A.S.T.M	TAMAÑO NOMINAL	% Que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm	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	1,18m m	300 µm
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº50
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 3/4"					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 1/2"						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	3/4" a 3/8"							100	90 a 10	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	3/4" a Nº4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	1/2" a Nº4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	3/8" a Nº8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	3/8" a Nº16									100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 [^]	3/8" a Nº8										100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

De acuerdo con la norma NTP 400.012, el peso de la muestra debe ser el que corresponda al tamaño máximo de las partículas, según se establece en tabla 10.

TABLA 10. Cantidad mínima de la muestra del agregado grueso o global

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

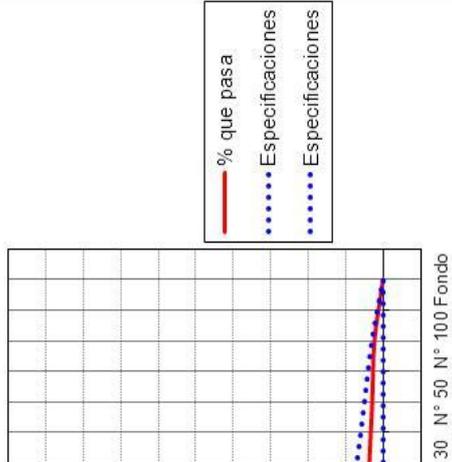


**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
DEL AGREGADO GRUESO**

NORMA	NTP 400.012
MUESTRA N	01
HECHO POR	CINDY BENITES

N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	Fondo
49,7	33,2	31,75	23,1	92,8
1	1	1	1	2
95	96	97	98	100
5	4	3	2	0
0	0	0	0	0
10	7	5	3	0

CIÓN

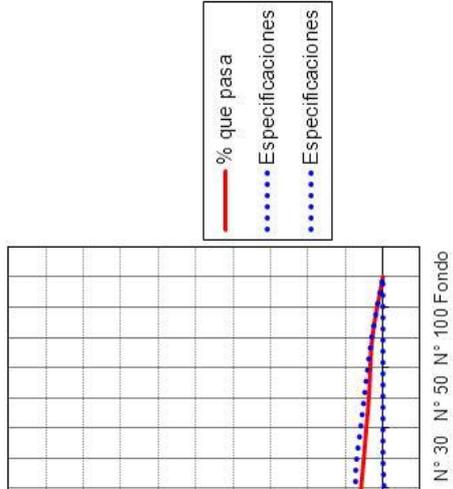


**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
DEL AGREGADO GRUESO**

NORMA	NTP 400.012
MUESTRA N	02
HECHO POR	CINDY BENITES

	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	Fondo
	71,8	59,3	53,3	36,6	113,3
2	1	1	1	1	3
93	95	96	97	100	100
7	5	4	4	3	0
0	0	0	0	0	0
10	7	5	5	3	0

ACCIÓN



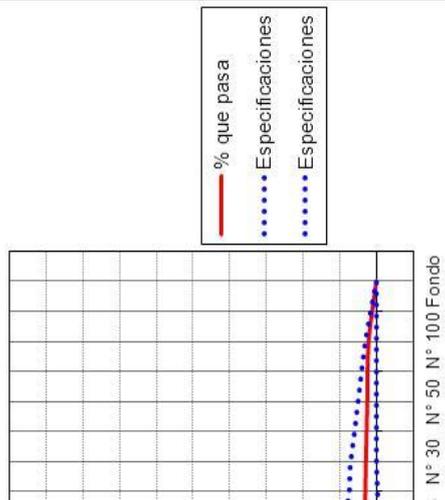
N° 30 N° 50 N° 100 Fondo

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
DEL AGREGADO GRUESO**

NORMA	NTP 400.012
MUESTRA N	03
HECHO POR	CINDY BENITES

	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	Fondo
	39,7	15,5	14,0	15,3	84,7
1	0	0	0	0	2
97	97	97	98	98	100
3	3	2	2	2	0
0	0	0	0	0	0
10	7	5	3	3	0

ADICIÓN

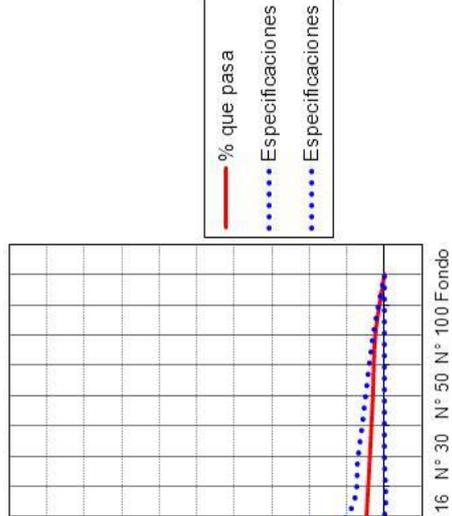


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

NORMA	NTP 400.012
MUESTRA N	PROMEDIO
HECHO POR	CINDY BENITES

8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	Fondo
167	53,73	36,0	33,02	25,0	96,93
1	1	1	1	1	2
1	95	96	97	98	100
5	4	4	3	2	0
0	0	0	0	0	0
0	10	7	5	3	0

ADADCIÓN



16 N° 30 N° 50 N° 100 Fondo

3.2.2.2 MÓDULO DE FINURA

El módulo de finura del agregado grueso, se obtiene de manera similar que en el agregado fino sumando los porcentajes acumulados retenidos en una serie de mallas especificadas, dividido entre 100, conforme a la norma NTP 400.011.

$$\text{Módulo de Finura } m_{f_g} = \frac{\sum \% \text{retenidos acumulados}}{100}$$

A continuación los módulos de finura de los ensayos realizados:

Ensayo N° 1:

$$m_{f_g} = \frac{07+91+500}{100} = 5,98$$

Ensayo N° 2:

$$mf_g = \frac{06+87+500}{100} = 5,93$$

Ensayo N° 3:

$$mf_g = \frac{04+96+500}{100} = 5,96$$

Promedio de Módulos de finura:

$$mf_p = \frac{5,98+5,93+5,96}{3} = 5,96$$

3.2.3. PESO UNITARIO

El peso unitario de los agregados es la relación entre el peso de una determinada cantidad de material y el volumen ocupado por el mismo, considerando como volumen al que ocupan las partículas del agregado y sus correspondientes espacios intergranulares, se expresa en kilos por metro cúbico.

El peso unitario de los agregados se realiza empleando un cilindro de diámetro y profundidad prescritas que depende del tamaño máximo del agregado y de la manera en que el peso unitario se ha identificado como suelto o compactado.

- **PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)**

El peso unitario suelto consiste en llenar el agregado seco en el recipiente hasta que desborde y después es nivelado haciendo rodar una varilla por encima. El peso unitario suelto se expresa en la siguiente fórmula:

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.S = f \times W_s$$

- **PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)**

PESO UNITARIO DEL
AGREGADO GRUESO

RMMA	NTP 400.017
MO #	89
ESTRATA N	02
MO DE MUESTRA	20 000 g.

CULO PREVIO

$$PUS = f \times Ws$$

ULTADO

$$\text{UNITARIO SUELTO} = 1542 \text{ Kg/m}^3$$

CULO PREVIO

$$PUC = f \times Wc$$

ULTADO

$$\text{NIT. COMPACTADO} = 1638 \text{ Kg/m}^3$$

PESO UNITARIO DEL
AGREGADO GRUESO

MA	NTP 400.017
#	89
TRA N	03
DE MUESTRA	20 000 g.

JLO PREVIO

PUS = f x Ws

.TADO

UNITARIO SUELTO = 1523 Kg/m³

JLO PREVIO

PUC = f x Wc

.TADO

IT.COMPACTADO = 1624 Kg/m³

PESO UNITARIO DEL
AGREGADO GRUESO

RMA	NTP 400.017
SO #	89
ESTRATA N	PROMEDIO
NO DE MUESTRA	*

UNIDAD
Kg/m ³
Kg/m ³
Kg/m ³
Kg/m ³

UNIDAD
Kg/m ³
Kg/m ³
Kg/m ³
Kg/m ³

3.2.2.4 PESO ESPECÍFICO

El peso específico del agregado grueso así como la absorción, son características cuyos valores en los diseños de mezclas, son tomados en cuenta para calcular el volumen ocupado por el agregado en el concreto (hormigón) y para ejercer control en el agua de mezclado, respectivamente.

Mediante los procedimientos utilizados en el presente ensayo se obtienen de la muestra analizada los datos siguientes:

- **PESO ESPECÍFICO APARENTE.**

$$Peso\ específico\ aparente\ (G_a) = \frac{A}{(V-W) - (500-A)}$$

- **PESO ESPECÍFICO DE MASA.**

$$Peso\ específico\ de\ masa\ (G) = \frac{A}{V-W}$$

- **PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO.**

$$Peso\ específico\ de\ masa\ saturado\ superficialmente\ seco\ (G_{ss}) = \frac{500}{V-W}$$

3.2.2.5 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

Es la capacidad de los agregados de llenar los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. Es por ello, que tiene gran importancia pues se refleja en el concreto (hormigón) reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo cual es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

Para el agregado grueso, de acuerdo al procedimiento normalizado, se sumerge totalmente en un recipiente con agua durante 24 horas, similar al agregado fino.

La absorción se determina por la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de absorción (\%)} = 100 \times \frac{500 - A}{A}$$



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y
 ABSORCIÓN DEL
 AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO	PIEDRA CHANCADA
PROCEDENCIA	CANTERA JICAMARCA
FECHA	19-dic.-2009
HECHO POR	CINDY BENITES

NORMA	NTP 400.022
HUSO #	89
MUESTRA N	01
PESO DE MUESTRA	20 000 g.

ENSAYO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	5000	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3766,3	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA		616,74	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	3149,56	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4957	g

CÁLCULOS Y RESULTADOS

1. PESO ESPECÍFICO DE MASA	$\left(\frac{A}{B - C}\right)$	g/cm ³
	2,68	

2. P. ESPECÍFICO DE LA MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	$\left(\frac{B}{B - C}\right)$	g/cm ³
	2,70	

3. PESO ESPECÍFICO APARENTE	$\left(\frac{A}{A - C}\right)$	g/cm ³
	2,74	

4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$\left(\frac{B - A}{A}\right) * 100$	%
	0,87	



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TIPO DE AGREGADO	PIEDRA CHANCADA
PROCEDENCIA	CANTERA JICAMARCA
FECHA	21-dic.-2009
HECHO POR	CINDY BENITES

ENSAYO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	5000	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3769,2	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA		617,6	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	3151,6	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4956	g

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

NORMA	NTP 400.022
HUSO #	89
MUESTRA N	02
PESO DE MUESTRA	20 000 g.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

1. PESO ESPECÍFICO DE MASA	$\left(\frac{A}{B - C}\right)$	g/cm ³
	2,68	

2. P. ESPECÍFICO DE LA MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	$\left(\frac{B}{B - C}\right)$	g/cm ³
	2,71	

3. PESO ESPECÍFICO APARENTE	$\left(\frac{A}{A - C}\right)$	g/cm ³
	2,75	

4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$\left(\frac{B - A}{A}\right) * 100$	%
	0,89	



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TIPO DE AGREGADO	PIEDRA CHANCADA
PROCEDENCIA	CANTERA JICAMARCA
FECHA	21-dic.-2009
HECHO POR	CINDY BENITES

ENSAYO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANT.	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	5000	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3762,3	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA		617,6	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	3144,7	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4954	g

PESO ESPECÍFICO Y
 ABSORCIÓN DEL
 AGREGADO GRUESO

NORMA	NTP 400.022
HUSO #	89
MUESTRA N	03
PESO DE MUESTRA	20 000 g.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

1. PESO ESPECÍFICO DE MASA	$\left(\frac{A}{B-C}\right)$	g/cm ³
	2,67	

2. P. ESPECÍFICO DE LA MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	$\left(\frac{B}{B-C}\right)$	g/cm ³
	2,69	

3. PESO ESPECÍFICO APARENTE	$\left(\frac{A}{A-C}\right)$	g/cm ³
	2,74	

4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$\left(\frac{B-A}{A}\right) * 100$	%
	0,93	



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN
 DEL AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO	PIEDRA CHANCADA
PROCEDENCIA	CANTERA JICAMARCA
FECHA	21-dic.-2009
HECHO POR	CINDY BENITES

NORMA	NTP 400.022
HUSO #	89
MUESTRA N	PROMEDIO
PESO DE MUESTRA	*

ENSAYO

DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	SÍMBOLO	MUESTRA			PROMEDIO
			M-1	M-2	M-3	
1. PESO ESPECÍFICO DE MASA	$\left(\frac{A}{B - C}\right)$	g/cm ³	2,68	2,68	2,67	2,68
2. P. ESPECÍFICO DE LA MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	$\left(\frac{B}{B - C}\right)$	g/cm ³	2,70	2,71	2,69	2,70
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE	$\left(\frac{A}{A - C}\right)$	g/cm ³	2,74	2,75	2,74	2,74
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$\left(\frac{B - A}{A}\right) * 100$	%	0,87	0,89	0,93	0,90

3.2.2.6 CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad es la cantidad superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

Asimismo, es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto (hormigón), razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas.

El contenido de humedad se expresa según la norma ASTM C -566.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de muestra Húmeda} - \text{Peso de muestra Seca}}{\text{Peso de muestra Seca}} \times 100$$



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD
AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO	PIEDRA CHANCADA
PROCEDENCIA	CANTERA JICAMARCA
FECHA	22-dic.-2009

NORMA	NTP 339.185
HUSO #	89
HECHO POR	CINDY BENITES

ENSAYO

PROMEDIO DE MUESTRAS

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	M-1	M-2	M-3	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	A	2000	2000	2000	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	B	1984,9	1985,1	1985,3	g
CONTENIDO DE AGUA	A - B	15,1	14,9	14,7	g

MUESTRA	% HUMEDAD
M - 1	0,76
M - 2	0,75
M - 3	0,74

CONTENIDO DE HUMEDAD	H	0,76	0,75	0,74	%
----------------------	---	------	------	------	---

PROMEDIO	0,75
----------	------

CÁLCULO PREVIO

$$H = \left(\frac{A - B}{B} \right) * 100$$

3.2.2.7 MATERIAL QUE PASA LA MALLA # 200

El material más fino que pasa la malla # 200 para el agregado grueso según la norma NTP 400.018 establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa por tamiz normalizado de 75 um (N° 200), en el agregado a emplearse en la elaboración de concretos (hormigones) y morteros, de la misma forma que para el agregado fino.

Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidos del agregado durante el ensayo.

$$\% \text{ que pasa a malla } \# 200 = \frac{\text{Pesda muestra Lavada y Secada}}{\text{Pesda muestra}} \times 100$$



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MATERIAL QUE PASA LA
MALLA N° 200
AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO	PIEDRA CHANCADA
PROCEDENCIA	CANTERA JICAMARCA
FECHA	18-dic.-2009

NORMA	NTP 400.018
HUSO #	89
HECHO POR	CINDY BENITES

ENSAYO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	M-1	M-2	M-3	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA	P1	2500	2500	2500	g
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	2475,94	2473,97	2471,65	g
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200	(P1 - P2)	24,06	26,03	28,35	g

PROMEDIO DE MUESTRAS

MUESTRA	% HUMEDAD
M - 1	0,96
M - 2	1,04
M - 3	1,13

CONTENIDO DE HUMEDAD	A	0,96	1,04	1,13	%
-----------------------------	----------	-------------	-------------	-------------	----------

PROMEDIO	1,04
-----------------	-------------

CÁLCULO PREVIO

$$A = \left(\frac{P1 - P2}{P1} \right) * 100$$

3.3 ADITIVOS

En la presente investigación se hizo uso de los aditivos: Sika Viscocrete 20 HE, Sika Plastiment TM -12, Sikastabilizer 100 y Sika Fume (adición mineral) por sus características y propiedades; donados por la empresa SIKA PERU. Para un conocimiento más exacto de cada uno de los aditivos empleados serán individualmente descritos a continuación.

3.3.1 SIKA VISCOCRETE 20 HE

Sika ViscoCrete 20 HE es un aditivo superplastificante de tercera generación para concreto (hormigón) y mortero. Basado en polímeros acrílicos, llamados también policarboxilatos, incrementa drásticamente la capacidad reductora de agua o el poder plastificante. Sin embargo, la principal ventaja no es de orden cuantitativo (hasta 40 % de reducción de agua), sino cualitativo: a través de estos aditivos es factible lograr una mayor permanencia en el tiempo de las propiedades reológicas del concreto (hormigón). De este modo, se aumenta el tiempo en que el concreto (hormigón) se mantiene trabajable según los parámetros de diseño, extendiéndose en algunos casos el período de trabajabilidad hasta 2 horas ó más, dependiendo por supuesto del diseño de mezcla, relación agua/cemento, tipo de cemento, condiciones ambientales, etc. Con el empleo de estos aditivos, surge mucho más factible de llevar a cabo una nueva tecnología de concretos (hormigones), los denominados fluidos o autocompactantes.

3.3.1.1 CARACTERÍSTICAS

- **CARACTERÍSTICAS BÁSICAS**

- **Aspecto:** Líquido.
- **Color:** Marrón claro.
- **Presentación:** Cilindro de 200 litros.
- **Almacenamiento:** Sika Viscocrete 20 HE puede almacenarse durante 6 meses en su envase original cerrado, protegido del sol directo y del congelamiento a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.

- **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- **Densidad:** 1,06 ± 0.01 kg/L.

3.3.1.2 VENTAJAS DE USAR SIKA VISCOCRETE 20HE

Sika Viscocrete 20HE actúa por diferentes mecanismos. Mediante su absorción superficial y el efecto de separación espacial de las partículas de cemento en paralelo al proceso de hidratación, se obtienen las siguientes propiedades:

- Extremadamente alta reducción de agua, generando una alta resistencia, densidad e impermeabilidad del concreto (hormigón).
- Incremento del desarrollo de resistencia inicial.
- Excelente fluidez, reduciendo al mínimo el trabajo en la colocación y compactación.
- Reduce el gasto de energía en elementos prefabricados curados al vapor.

- Fuerte comportamiento autocompactante. Por lo mismo, es altamente apropiado para la producción de concreto (hormigón) autocompactante, sin necesidad de vibración (Self Compacting Concrete - SCC).
- Mejoramiento del comportamiento en fluencia y retracción.
- Reducida velocidad de carbonatación del concreto (hormigón).

Sika Viscocrete 20 HE no contiene cloruros u otro ingrediente promotor de la corrosión por lo que puede ser utilizado sin restricciones en concreto (hormigón) armado y pretensado.



3.3.1.3 DOSIFICACIÓN Y APLICACIÓN

- **CONSUMO**

Sika Viscocrete 20 HE se utiliza en dosis 1.9 - 18.5 cm³ por kilogramo de cemento. Dependiendo de la trabajabilidad y reducción de agua deseada.

- **MÉTODO DE APLICACIÓN**

El aditivo debe agregarse diluido en el agua de amasado al momento del mezclado o agregado simultáneamente con el agua al interior del mezclador. Para un óptimo comportamiento, mezclar enérgicamente durante un mínimo de 1 minuto. Para el uso de concreto (hormigón) autocompactante se requiere de un diseño especial para el concreto (hormigón). Sika Viscocrete 20 HE puede ser utilizado en conjunto con otros aditivos Sika para lo cual se recomienda realizar ensayos previos con la combinación deseada.

Los aditivos superplastificantes así como se aplican diluidos en el agua de mezcla dentro del proceso de dosificación y producción del concreto (hormigón), también se pueden añadir a una mezcla normal en el sitio de obra un momento antes el vaciado, produciendo resultados impresionantes en cuanto a la modificación de trabajabilidad.

Por ejemplo, en una mezcla convencional con un Slump del orden de 2" a 3", el añadirle superplastificante puede producir asentamientos del orden de 6" a 8" sin

alterar la relación agua/cemento. El efecto es temporal, durante un mínimo del orden de 30 min. a 45 min. dependiendo del producto en particular y la dosificación.

Las mezclas en las que se desee emplear superplastificantes deben tener un contenido de finos ligeramente superior al convencional, ya que de otra manera se puede producir segregación, produciendo burbujas superficiales en el concreto (hormigón). Así como también, el uso excesivo de dichos aditivos pueden provocar exudación y segregación.

3.3.2 SIKA PLASTIMENT TM 12

Es un aditivo líquido, color marrón claro, retardante del tiempo de fraguado y reductor de agua. No contiene cloruros.

Tienen como objetivo incrementar el tiempo de endurecimiento normal del concreto (hormigón), con miras a disponer de un periodo de plasticidad mayor que facilite el proceso constructivo.

La manera como trabaja es actuando sobre el Aluminato Tricálcico retrasando la reacción, produciendo también un efecto de superficie, reduciendo fuerzas de atracción entre partículas. La reducción en la cantidad de agua de mezcla varía entre el 5% y 15%, la disminución real en el agua depende del contenido de cemento, del tipo de agregado, de la puzolana. Por lo tanto, las mezclas de ensayo son esenciales para lograr propiedades óptimas, como también para indagar acerca de los posibles efectos colaterales indeseables: segregación, exudación y pérdida de trabajabilidad en el tiempo.



3.3.2.1 CARACTERÍSTICAS

- **CARACTERÍSTICAS BÁSICAS**

- **Aspecto:** Líquido.
- **Color:** Marrón claro.
- **Presentación:** Dispenser de 1 000 litros, cilindro de 200 litros.
- **Almacenamiento:** Un año en sitio fresco y bajo techo en su empaque original bien cerrado.

- **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- **Densidad:** 1,18 kg/lts. +/- 0.02.
- **Tipo:** Composición de polihidroxiolos, carbohidratos.
- **pH:** 9 +/- 1
- **% Sólidos:** 33 +/- 2.

- **Normas:** Plastiment TM 12 cumple con la norma ASTM C – 494 como aditivo tipo D.
- **Base Química:** Composición de polihidroxis, carbohidratos.

3.3.2.2 VENTAJAS DE USAR SIKA PLASTIENT TM 12

- Vaciado de concreto (hormigón) en tiempo caluroso.
- Vaciado de concreto (hormigón) en grandes volúmenes.
- Evita juntas frías en faenas continuas.
- Concreto (hormigón) premezclado.
- Transporte de concreto (hormigón) a largas distancias.
- Concreto (hormigón) bombeado.

3.3.2.3 DOSIFICACIÓN Y APLICACIÓN

- **CONSUMO**

Del 0.2% al 0.5% del peso del cemento.

Por cada 100kg de cemento se recomienda 170ml a 430ml.

Del 0.5% - 0.9% del peso cemento en ambientes calurosos.

Por cada 100 Kg de cemento se recomienda 500 ml. a 900ml

- **MÉTODO DE APLICACIÓN**

Adicionar el producto disuelto al agua de amasado durante la preparación de la mezcla. Si se utiliza otros aditivos se deben de añadir por separado.

El Plastiment TM 12 se puede usar en combinación con otros aditivos como incorporadores de aire tipo Sika Aer, Sika Ferrogard 901, Sikament, Sika ViscoCrete entre otros.

- **IMPORTANTE**

La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y en las condiciones de la obra.

Dosificaciones superiores a las recomendadas pueden ocasionar retardos prolongados del fraguado del cemento, que no afectan la resistencia final. El Plastiment TM 12 puede presentar un mayor retardo según el tipo de cemento.

3.3.3 SIKASTABILIZER 100

Sikastabilizer 100 es un líquido basado en sílica coloidal.

Los agentes modificadores de la viscosidad o cohesionantes son aditivos químicos relativamente nuevos utilizados para aumentar la viscosidad y la cohesión del material cementicio, y para estabilizar la fluidez. Su utilización es común en concretos (hormigones) o pastas altamente fluidos.

Los agentes modificadores de la viscosidad son productos basados en polisacáridos o celulosa, solubles en agua, que mejoran la capacidad de retención de agua de la pasta reduciendo el riesgo de segregación de la mezcla durante su transporte, puesta en obra y consolidación. Otros tipos de contienen almidón o derivados de la industria del almidón.

Normalmente se utilizan agentes modificadores de la viscosidad en conjunto con superplastificantes, pero hay que tener en cuenta que en algunos casos estos dos tipos adiciones pueden ser incompatibles. Por ejemplo, los agentes modificadores viscosidad de celulosa son incompatibles con superplastificantes de naftalenos.

3.3.3.1 CARACTERÍSTICAS

- **CARACTERÍSTICAS BÁSICAS**

- **Presentación:** Granel y tambor de 230 kilos.

- **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- **Apariencia:** Indoloro y transparente líquido.
- **Densidad:** 1.10 Kg/cm³.

3.3.3.2 VENTAJAS DE USAR SIKASTABILIZER 100

- Incrementa la resistencia.
- Mejora las resistencias finales.
- Disminuye la permeabilidad.
- Ideal para la fabricación de concretos (hormigones) durables específicamente resistentes al ataque por sulfatos.

- Mejora la cohesividad de concretos (hormigones) autocompactados.
- Disminuye el rebote en concretos (hormigones) proyectados.

3.3.3.3 DOSIFICACIÓN Y APLICACIÓN

- **MODO DE EMPLEO**

- Se recomienda dosificar entre el 0.1% y 1.5% del peso del cemento.
- Sikastabilizer 100 es adicionado al concreto (hormigón) con el agua de mezclado, se recomienda el empleo de dosificadores por peso o volumen para una adecuada dosificación.
- Utilizar acompañado de reductores de agua de alto poder.
- Limpiar los equipos con agua.
- Sikastabilizer 100 es compatible con todos los aditivos Sika los cuales deben ser dosificados separadamente.
- Se recomienda mezclar entre 90 y 180 segundos dependiendo del tipo de mixer.
- Exceso en las dosificaciones puede afectar la manejabilidad.
- El efecto puede variar dependiendo del tipo de cemento usado.

- Se deben hacer evaluaciones con los materiales y bajo las condiciones de la obra para determinar la dosis ideal.

3.3.4 SIKA FUME

Es un aditivo en polvo compuesto por microsílíce (Sílica Fume) de alta calidad y que acondicionado a la mezcla de concreto (hormigón) o mortero, disminuye el lavado del cemento en el vaciado de la mezcla bajo agua. Sika Fume no contiene cloruros y puede utilizarse en concretos (hormigones) y morteros en conjunto con un superplastificante para obtener la fluidez necesaria para la colocación del concreto (hormigón).

3.3.4.1 CARACTERÍSTICAS

- **CARACTERÍSTICAS BÁSICAS**

- **Aspecto:** Polvo.
- **Color:** Gris.
- **Presentación:** Bolsa de 20 Kg.

- **Almacenamiento:** Se puede almacenar durante un año en su envase original cerrado en un lugar fresco y bajo techo.

- **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- **Análisis Químico:**

SiO₂ 93.0 % min.

FE₂O₃ 0.80 % máx.

Al₂O₃ 0.40 % máx.

CaO 0.60 % máx.

MgO 0.60 % máx.

Na₂O 0.20 % máx.

K₂O 1.2 % max.

C (Free) 2.0 % max.

SO₃ 0.40 % max.

L.O.I. 3.5 % máx.

- **Gravedad Específica:** 2.
- **Superficie Específica:** 18 000 – 22 000 m²/Kg.
- **Finura (diámetro promedio):** 0.1 – 0.2 µm.
- **Porcentaje pasando 45 µm:** 95 – 100 %.
- **Partícula:** Esférica.
- **Forma:** Amorfa.
- **Norma:** Cumple con la norma CSA – A 3001 – 03

3.3.4.2 VENTAJAS DE USAR SIKA FUME

- Disminuye la pérdida de cemento y elementos finos.
- Aumenta la resistencia mecánica.

- Aumenta la impermeabilidad.
- Aumenta la resistencia química.
- Aumenta la adherencia al acero.
- Permite utilizar mezclas altamente fluidas con alta cohesión.
- Aumenta la cohesión y disminuye la exudación de la mezcla fresca.
- Aumenta la durabilidad frente a agentes agresivos.
- Aumenta la resistencia a abrasión.

3.3.4.3 DOSIFICACIÓN Y APLICACIÓN

- **CONSUMO**

Puede utilizarse en dosis de aproximadamente 10 % del peso del cemento. Se recomienda realizar ensayos previos para definir el consumo exacto.

- **MÉTODO DE APLICACIÓN**

Se puede mezclar con productos Sikament o ViscoCrete. La dosificación del concreto (hormigón) se realiza de acuerdo a la práctica normal para concreto (hormigón) bajo agua o para la aplicación específica que se requiera. La utilización conjunta de ambos productos asegura las características de cohesión, adherencia y resistencia en el concreto (hormigón) bajo agua.

Sika Fume se adiciona a la mezcladora junto con el cemento o la arena. El aditivo Sikament se agrega diluido en el agua de amasado.



Debido a la presencia de segregación de las mezclas de concreto (hormigón), por falta de finos en nuestra investigación, se hizo necesario el uso de la adición mineral Sika Fume (microsílice) por sus propiedades de cohesión en las mezcla de concreto (hormigón) con bajo contenido de cemento. El rango utilizado de Sika Fume fue de 2% a 5% de acuerdo a cada diseño establecido.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE MEZCLA

Hoy en día la tecnología del concreto (hormigón) ha dejado de ser una ciencia joven, la gran cantidad de trabajos de investigación durante este periodo respaldan esta afirmación, actualmente los concretos (hormigones) no son fabricados solo con agregados, agua y cemento, existen adiciones minerales y aditivos químicos, que ya han pasado a formar parte de una mezcla de concreto (hormigón) convencional.

El diseño de mezclas de concreto (hormigón), es conceptualmente la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo.

El objetivo al diseñar una mezcla de concreto (hormigón) consiste en determinar la combinación más práctica y económica de los materiales con los que se dispone. Para lograr tal objetivo, una mezcla de concreto (hormigón) bien proporcionada deberá poseer las propiedades siguientes:

- En el concreto (hormigón) fresco, trabajabilidad aceptable.

- En el concreto (hormigón) endurecido, durabilidad, resistencia y presentación uniforme; y economía.

En nuestra investigación, las características de los diseños de mezcla varían en bajos contenidos de cemento (entre 275 a 375 Kg/m³), alta fluidez, tanto en el diseño de mezcla patrón, así como también, para el diseño de mezcla con el uso de aditivos.

Los diseños de mezclas patrón y con el uso de aditivos se han desarrollado según el método propuesto en el comité 211 del ACI. El método recomienda elaborar varias pruebas en laboratorio hasta encontrar la mezcla deseada.

4.1 DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN

Los diseños de mezcla patrón para nuestra investigación consisten en diseños de concreto (hormigón) normal con bajos contenidos de cemento.

De acuerdo con los procedimientos del método de diseño ya establecido necesitamos seleccionar la resistencia del concreto (hormigón) requerida, pero como nuestros diseños son variados por los contenidos de cemento optamos por un promedio entre las resistencias de 210 Kg/cm² y 350 Kg/cm² por ser las de mayor demanda en el mercado de la construcción, obteniendo una resistencia de 280 Kg/cm².

Para obtener la combinación ideal de los agregados se utilizará el método del agregado global y módulo de finura, desarrollado a continuación.

4.1.1 MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL Y MÓDULO DE FINURA

Para conseguir una buena combinación del cemento, agregados, agua y aditivos se requiere una serie de tanteos sucesivos en el laboratorio y las proporciones resultantes son aplicables a los materiales exclusivamente empleados en los ensayos.

El método consiste en optimizar sistemáticamente la proporción de arena y piedra como un solo material (agregado global), dirigido a:

- a. Controlar la trabajabilidad de la mezcla de concreto (hormigón).
- b. Obtener la máxima compacidad de la combinación de los agregados mediante ensayos de laboratorio, es decir, la relación de agregado fino y agregado grueso con la cual obtendremos menos vacíos, mayor resistencia y un ahorro de cemento favorable en nuestros diseños.

Para la adición de agua se debe tener en cuenta la durabilidad, según los mínimos empíricos de los códigos de diseño (ACI y Eurocódigo) que son similares y por resistencia de acuerdo a la relación agua cemento.

4.1.2 CRITERIOS DEL DISEÑO DE MEZCLA

- **CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CARACTERÍSTICAS DE LOS
MATERIALES

MATERIALES UTILIZADOS EN LOS DISEÑOS DE MEZCLA

DESCRIPCIÓN	A.FINO	A.GRUESO	UNIDAD
1. Peso Específico de Masa Seca	2,7	2,68	g/cm ³
2. Peso Específico de Masa SSS	2,74	2,7	g/cm ³
3. Peso Específico Aparente	2,81	2,74	g/cm ³
4. Peso Unitario Suelto Seco	1616	1530	Kg/m ³
5. Peso Unitario Compactado Seco	1776	1629	Kg/m ³
6. Contenido de Humedad	5,01	0,75	%
7. Porcentaje de Absorción	1,49	0,9	%
8. Módulo de Finura	3,11	5,96	

DATOS DE PESOS ESPECÍFICOS

CEMENTO "ATLAS" - TIPO IP	3,15	g/cm ³	3150	Kg/m ³
AGUA POTABLE SEDAPAL	1	g/cm ³	1000	Kg/m ³

ECUACIÓN PARA OBTENER EL MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN

$$m = r_f \times m_f + r_g \times m_{f_g}$$

m: Módulo de fineza de la combinación de agregados.

m_f: Módulo de fineza del agregado fino.

m_{f_g}: Módulo de fineza del agregado grueso.

r_f: Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado.

r_g: Porcentaje de agregado grueso en relación al volumen absoluto total del agregado.

- **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA**

Resistencia promedio a evaluar, mencionada anteriormente:

280 Kg/cm^2

- **SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL**

De acuerdo con el análisis granulométrico del agregado grueso tenemos:

$T.M.N = 3/8"$

- **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

Una de las características en nuestros diseños de concreto (hormigón) es obtener una alta fluidez para su óptima colocación en obra, por ello serán diseñados con el asentamiento siguiente:

$Slump 6'-8'$

- **CANTIDAD DE AGUA DE DISEÑO**

De acuerdo con la Tabla 2.1 del comité del ACI, los requisitos para obtener el agua de diseño aproximado son: el asentamiento y el TMN de los agregados, de los cuales obtenemos el agua de diseño siguiente sin aire incorporado:

Agua Diseño ~~20~~ 40 m³

El agua de diseño obtenida solo será utilizada para determinar el porcentaje ideal de los agregados. Para los diseños de mezcla finales el agua de diseño irá variando de acuerdo a la cantidad de cemento.

- **CANTIDAD DE AIRE EN LA MEZCLA**

En nuestros diseños no se considerará el aire incorporado, ya que no se encuentra expuesto, pero si aire atrapado. De acuerdo al TMN tenemos:

Aire Atrapado ~~1~~ 3%

- **SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO (a/c)**

De acuerdo con la resistencia promedio establecida de 280 Kg/cm², en la Tabla 3.1 del método de diseño del ACI interpolando obtenemos la siguiente relación a/c:

f _{cr}	a/c
300	0,55
280	0,58
250	0,62

$$D_{Patrón} a/c = 0,58$$

La relación agua cemento de los diseños de mezcla variarán de acuerdo a la cantidad de cemento en cada diseño.

- **CANTIDAD DE CEMENTO**

La cantidad de cemento se obtiene dividiendo la cantidad de agua de diseño y la relación agua – cemento.

$$Can_{Cemento} = \frac{Agua_{Diseño}}{a/c}$$

$$\text{Can Cemento} = \frac{240}{0,58} = 413,79 \text{ Kg}$$

FACTOR CEMENTO

- 1 Bolsa de cemento: 42,5 Kg./Bolsa

$$F.C. = 9,74 \text{ bols/m}^3$$

La cantidad de cemento obtenida solo se utilizará para evaluar el porcentaje ideal de los agregados.

- **CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADO**

El volumen absoluto del cemento, agua y aire se obtienen de la siguiente manera:

$$V.Abs - \text{Cemento} = \frac{\text{Pes (Kg)}}{\text{Peso Espec (Kg/m}^3)}$$

$$V.Abs - \text{Agua} = \frac{\text{Pes (Kg)}}{\text{Peso Espec (Kg/m}^3)}$$

$$V.Abs-Aire = \frac{\text{Porcentaje}}{100}$$

Cemento	0,1314	m3
Agua	0,2400	m3
Aire	0,0300	m3

Total de Volumen hallado 0,4014 m3

Con el volumen total hallado podemos calcular el volumen de los agregados:

$$V.Abs(f+g) = 1 - (V.Abs-Cemento + V.Abs-Agua + V.Abs-Aire)$$

$$\text{Volumen Abs de Agua} = 0,5986$$

De la Tabla 5.2 del ACI, podemos calcular el módulo de la combinación de los agregados de acuerdo al factor cemento obtenido, como el valor del F.C se

encuentra fuera de la tabla establecida se realizó una proyección y se obtuvo el valor del M.C iterando los valores.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso (mm)	Módulo de finura de la combinación de agregados el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en bolsa por metro cúbico de concreto indicadas				
	6	7	8	9	10
9,5	3,96	4,04	4,11	4,19	4.26
12,7	4,46	4,54	4,61	4,69	4.76
19,0	4,96	5,04	5,11	5,19	5.26
25,4	5,26	5,34	5,41	5,49	5.56
38,0	5,56	5,64	5,71	5,79	5.86
50,8	5,86	5,94	6,01	6,09	6.16
76,0	6,16	6,24	6,31	6,39	6.46

De la iteración se obtiene:

$$M.C.=4,24$$

Por consiguiente, obtendremos los siguientes valores:

- r_f : Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado.

$$r_f = \frac{(m_{f.g.} - m.c.)}{(m_{f.g.} - m.f.)}$$

- m_f : Módulo de fineza del agregado fino

$$mf.=3,11$$

- mf_g : Módulo de fineza del agregado grueso

$$mf_g=5,96$$

- rg : Porcentaje de agregado grueso en relación al volumen absoluto total del agregado.

$$r_g=1-r_f$$

A continuación se presentan los cálculos en los siguientes cuadros:



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO COMPACTADO DE
 LA COMBINACIÓN DE LOS
 AGREGADOS

DATOS

Relación a/c :	0,58	Agua de Diseño	:	240	lt/m3
mf :	3,11	Cemento	:	413,79	Kg.
mf _g :	5,96	P.Específico A.Gruoso	:	2,68	g/cm3
mc :	4,24	P.Específico A.Fino	:	2,7	g/cm3
Vol.-Abs (f + g):	0,5986	Vol. Prueba P.U.C.	:	0,004	

CÁLCULOS

Peso S (g)	636,32	721,91	770,04	802,12	834,21	882,34	962,55
Peso S (f)	975,15	888,92	840,43	808,11	775,79	727,30	646,49
Vabs(g)	0,237	0,269	0,287	0,299	0,311	0,329	0,359
Vabs(f)	0,361	0,329	0,311	0,299	0,287	0,269	0,239
rg	0,40	0,45	0,48	0,50	0,52	0,55	0,60
rf	0,60	0,55	0,52	0,50	0,48	0,45	0,40

CANTIDAD EN PESO PARA ENSAYAR LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS

Peso S (g)	2,55	2,89	3,08	3,21	3,34	3,53	3,85
Peso S (f)	3,90	3,56	3,36	3,23	3,10	2,91	2,59
rg	0,40	0,45	0,48	0,50	0,52	0,55	0,60
rf	0,60	0,55	0,52	0,50	0,48	0,45	0,40



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO COMPACTADO DE
 LA COMBINACIÓN DE LOS
 AGREGADOS

ENSAYO DEL PESO UNITARIO COMPACTADO P .U. C.

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5	6	7
% DE A GREGADO GRUESO	0,40	0,45	0,48	0,50	0,52	0,55	0,60
% DE A GREGADO FINO	0,60	0,55	0,52	0,50	0,48	0,45	0,40

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD							UNIDAD
	1	2	3	4	5	6	7	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE	7,264	7,185	7,294	7,282	7,217	7,247	7,160	kg
PESO DEL RECIPIENTE	1,748	1,748	1,748	1,748	1,748	1,748	1,748	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5,516	5,437	5,546	5,534	5,469	5,499	5,412	kg
PESO DEL A GUA + RECIPIENTE	4,561	4,561	4,561	4,561	4,561	4,561	4,561	kg
PESO DEL A GUA	2,813	2,813	2,813	2,813	2,813	2,813	2,813	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	355,49	355,49	355,49	355,49	355,49	355,49	355,49	m-3

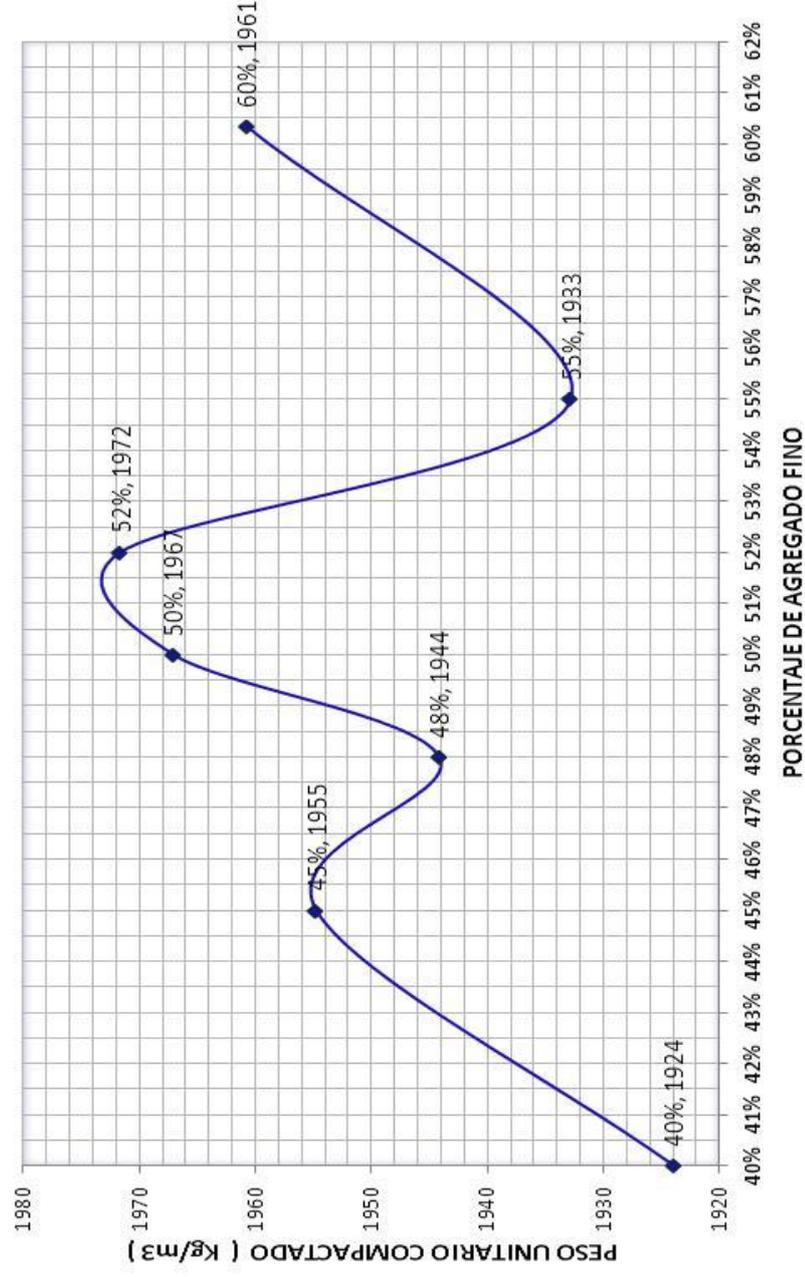
PESO UNITARIO COMPACTADO P.U.C.	1961	1933	1972	1967	1944	1955	1924	kg/ m3
---------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	--------



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO COMPACTADO DE
LA COMBINACIÓN DE LOS
AGREGADOS

P.U.C DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS



Se observa en la curva de compactación que las combinaciones más óptimas, se encuentran entre los ensayos N° 2, 3, 4 , 5, por tal motivo se diseñarán las mezclas con estas combinaciones para poder así evaluar su trabajabilidad y resistencias. Asimismo, se evaluará el ensayo N° 1, ya que corresponde al cálculo matemático de los porcentajes de volúmenes para los agregados.

Las cantidades de agregados para los diseños de mezclas de concreto (hormigón) deben ser pesados, y asimismo, se deberá considerar su humedad. Por lo general, el almacenamiento de los agregados en obra se encuentra expuesto, es por ello que encontramos a los agregados en condición húmeda y su peso seco se deberá incrementar el porcentaje de agua que contienen. El agua de mezclado incorporado a la mezcladora deberá ser reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal al contenido de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

$$Humedad\ Libre\ Fina = \frac{(contenido\ Humedad\ %\ absorción)}{100}$$

$$Humedad\ Libre\ Gruesa = \frac{(contenido\ Humedad\ %\ absorción)}{100}$$

$$AguaEfectivaDiseñoHLibro(f)*PSec(f) - HLibro(g)*PSec(g)$$



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MEZCLAS DE PRUEBA
DISEÑO PATRÓN

PRUEBAS PRELIMINARES

DISEÑO DE PRUEBA N° 1			
A / C = 0,58	60% AF + 40% AG		
	Volumen	CANT./m3	TANDA
		413,79	15,31
		1016,34	37,60
		643,09	23,79
		212,33	7,86
		7 1/2"	PULGADAS

DISEÑO DE PRUEBA N° 2			
A / C = 0,58	55% AF + 45% AG		
	Volumen	CANT./m3	TANDA
		413,79	15,31
		931,65	34,47
		723,47	26,77
		215,56	7,98
		7 1/4"	PULGADAS

DISEÑO DE PRUEBA N° 3			
A / C = 0,58	52% AF + 48% AG		
	Volumen	CANT./m3	TANDA
		413,79	15,31
		880,83	32,59
		771,71	28,55
		217,49	8,05
		7"	PULGADAS

DISEÑO DE PRUEBA N° 4			
A / C = 0,58	50% AF + 50% AG		
	Volumen	CANT./m3	TANDA
		413,79	15,31
		846,95	31,34
		803,86	29,74
		218,78	8,09
		7"	PULGADAS

DISEÑO DE PRUEBA N° 5			
A / C = 0,58	48% AF + 52% AG		
	Volumen	CANT./m3	TANDA
		413,79	15,31
		813,09	30,08
		836,01	30,93
		220,08	8,14
		6 1/2"	PULGADAS

CARDO PALMA
INGENIERÍA
CONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYO DE MATERIALES

AGUA EFECTIVA Y SLUMP
MEZCLA DE PRUEBA
DISEÑO PATRÓN

AGUA EFECTIVA Y SLUMP DE MEZCLA DE PRUEBA EN DISEÑO PATRÓN

PROPORCIONES	Agua efectiva (lt/m ³)	Slump (")
60% AF + 40% AG	212,33	7 1/2"
55% AF + 45% AG	215,56	7 1/4 "
52% AF + 48% AG	217,49	7"
50% AF + 50% AG	218,78	7"
48% AF + 52% AG	220,08	6 1/2"



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO COMPACTADO
 MEZCLAS DE PRUEBA
 DISEÑO PATRÓN

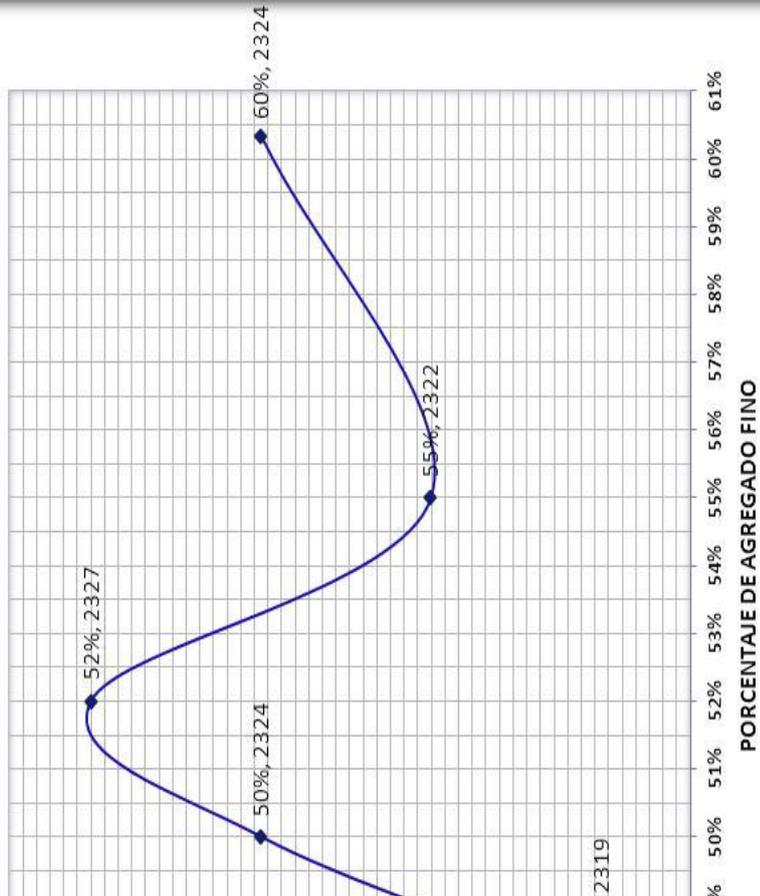
ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO

NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
% DE AGREGADO GRUESO	0,40	0,45	0,48	0,50	0,52
% DE AGREGADO FINO	0,60	0,55	0,52	0,50	0,48

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD					UNIDAD
	1	2	3	4	5	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE	22,780	22,760	22,800	22,780	22,740	kg
PESO DEL RECIPIENTE	4,160	4,160	4,160	4,160	4,160	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	18,620	18,600	18,640	18,620	18,580	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE	12,171	12,171	12,171	12,171	12,171	kg
PESO DEL AGUA	8,011	8,011	8,011	8,011	8,011	kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	124,83	124,83	124,83	124,83	124,83	m-3

PESO UNITARIO COMPACTADO P.U.C.	2324	2322	2327	2324	2319	kg/ m3
---------------------------------	------	------	------	------	------	--------

P.U.C. MEZCLAS DE PRUEBA EN DISEÑO PATRÓN



2319

50% 51% 52% 53% 54% 55% 56% 57% 58% 59% 60% 61%

PORCENTAJE DE AGREGADO FINO

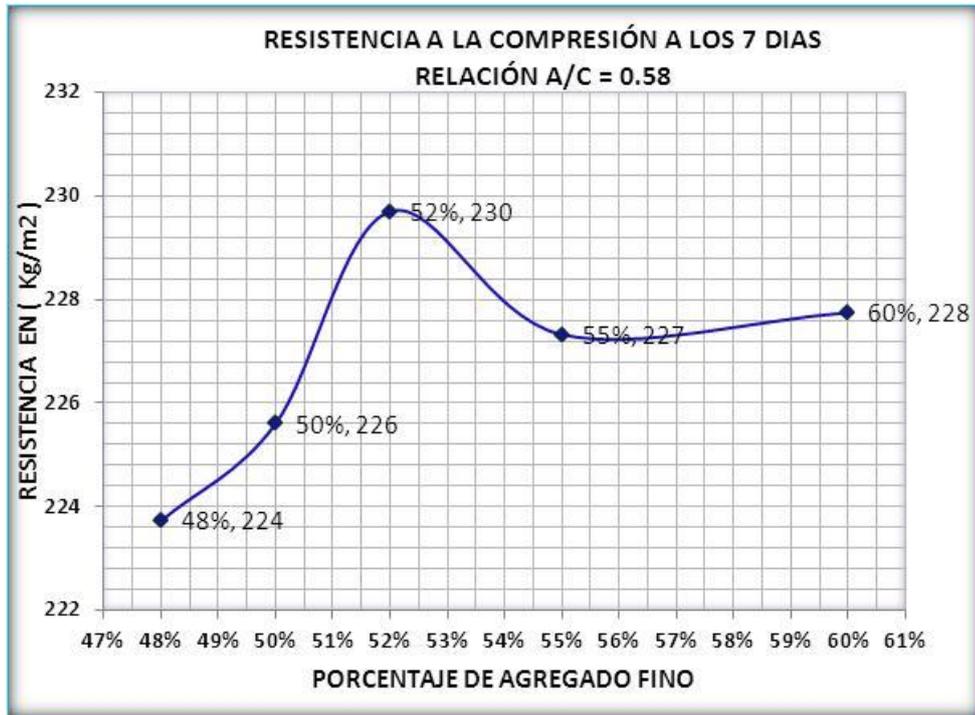


UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
MEZCLAS DE PRUEBA
DISEÑO PATRÓN

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS

% DE AGREGADO	TESTIGO	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	PROMEDIO (Kg/cm ²)
48% AF + 52% AG	T-1	219	224
	T-2	226	
	T-3	225	
	T-4	225	
50% AF + 50% AG	T-1	219	226
	T-2	229	
	T-3	229	
	T-4	225	
52% AF + 48% AG	T-1	228	230
	T-2	234	
	T-3	227	
	T-4	230	
55% AF + 45% AG	T-1	224	227
	T-2	228	
	T-3	233	
	T-4	224	
60% AF + 40% AG	T-1	226	228
	T-2	228	
	T-3	230	
	T-4	227	



Como se puede observar en los gráficos, la mejor combinación de agregados para los diseños es la que corresponde al porcentaje de 52% de agregado fino y 48% de agregado grueso.

4.1.3 SUSTENTACIÓN DEL DISEÑO FINAL DE LA MEZCLA PATRÓN

De acuerdo con la combinación de los agregados, evaluamos de manera experimental los datos obtenidos. Se realizó una mezcla de concreto (hormigón) con un contenido de cemento mínimo para evaluar la relación de porcentajes de los agregados AF/AG = 52/48 %, combinación que resultó óptima en los ensayos del agregado global obteniendo las mejores resistencias.

- **ENSAYO DE PRUEBA N° 1**

Cemento Atlas - Tipo IP.....300 kg

Agua diseño.....240L

Arena/piedra relación.....52/48



Después de haber realizado el ensayo de cono de Abrams a la mezcla a evaluar, se observa que dicha mezcla que falló por corte por la ausencia de finos en la misma, por tal motivo se aumentó la cantidad de arena hasta la siguiente relación.

- **ENSAYO DE PRUEBA N° 2**

Cemento Atlas - Tipo IP.....300 kg

Agua diseño.....240L

Arena/piedra relación.....55/45



En este nuevo ensayo, se observa aún presencia de corte en la mezcla después del ensayo de cono de Abrams, mínima apariencia pedregosa, poca homogeneidad, confirmando así la ausencia de finos en la mezcla.

Por consiguiente se evaluó un diseño de mezcla con la relación de 60% de agregado fino y 40% de agregado grueso, obteniendo un mejor resultado.

- **ENSAYO DE PRUEBA N° 3**

Cemento Atlas - Tipo IP.....300 kg

Agua diseño.....240L

Arena/piedra relación.....60/40



Podemos observar en este último diseño de mezcla, que la trabajabilidad y consistencia mejoran por el aumento de la relación arena / piedra, donde se incrementa el porcentaje de arena logrando así mejorar la consistencia del diseño.

Por lo tanto, los diseños de mezcla patrón finales serán diseñados con la combinación de agregados en un porcentaje de 60% de agregado fino y 40% de agregado grueso. Seguidamente, se mostrarán los diseños de mezcla establecidos con las distintas cantidades de cemento y el reajuste adecuado del agua.



HOJA ESTÁNDAR DE DISEÑO DE CONCRETO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCIÓN	AG. FINO	AG. GRUESO
Peso Específico de Masa Seca	2,7	2,68
Peso Específico de Masa SSS	2,74	2,7
Peso Específico aparente	2,81	2,74
Peso Unitario Suelto Seco	1616	1530
Peso Unitario Compactado Seco	1776	1629
Contenido de Humedad	4,8	0,21
Porcentaje de Absorción	1,49	0,90
Módulo de Finura	3,11	5,96
Módulo de Finura GLOBAL		4,25

Fecha
Tesis

28/05/2010
CINDY BENITES

Diseño
Aditivo a evaluar
Relación AF : AG
Relación a/c
Relación at/ct
Volumen de Prueba (m3)

PATRON

60 - 40
0,87
0,87
0,037

Dosificación del aditivo

ADITIVO	PORCENTAJE		CANTIDAD	UNID
	=	%		
	=	0,00	=	0,00
	=	0,00	=	0,00
	=	0,00	=	0,00
	=	0,00	=	0,00
	=	0,00	=	0,00
	=	0,00	=	0,00

MODIFICACIONES

MODIFICACIONES		FACTOR CEMENTO	
Adición de agua		ml	FC = 6,47
Reducción de agua	0,0	ml	
Cantidad Aditivos en Peso por Tanda			
	0	0gr	
	0	0gr	
	0	0gr	

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA

Descripción	Cantidad	Unid	MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m ³	PESO SECO kg/m ³	VOL.ABS	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	
									PESO MEZCLA	UNIDAD
Vol. Aire	: 3,0	%								
Vol. Agregados	: 0,643	%	Cemento	Cementos Lima	3150	275,0	0,0873	275,00	10,175	kg
Arena	: 60	%			2200	0,0	0,0000	0,00	0,000	kg
Piedra	: 40	%	Agua	Lab. Ing. URP	1000	240,0	0,2400	210,29	7,781	Lt
Piedra	: 100	%	Arena	Jicamarca	2700	1041,17	0,3856	1091,15	40,372	kg
	: 0	%	Piedra	Jicamarca	2680	688,97	0,2571	690,42	25,546	kg
Dosificación material cementante										
Agua Diseño	: 240,0	Lts.				0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml
Cemento	: 275,0	kg				0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml
						0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml
Cementante total	: 275,00	kg	Aire			0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml
					TOTAL	2245,14	1,0000			2266,86



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

HOJA ESTÁNDAR DE DISEÑO DE CONCRETO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES		
DESCRIPCIÓN	AG. FINO	AG. GRUESO
Peso Específico de Masa Seca	2,7	2,68
Peso Específico de Masa SSS	2,74	2,7
Peso Específico Aparente	2,81	2,74
Peso Unitario Suelto Seco	1616	1530
Peso Unitario Compactado Seco	1776	1629
Contenido de Humedad	4,7	0,21
Porcentaje de Absorción	1,49	0,90
Módulo de Finura	3,11	5,96
Módulo de Finura GLOBAL		4,25

Fecha	27/05/2010
Tesista	CINDY BENITES
Diseño	PATRON
Aditivo a evaluar	***
Relación AF : AG	60 - 40
Relación a/c	0,80
Relación at/ct	0,80
Volumen de Prueba (m3)	0,037

ADITIVO	Dosificación del aditivo		UNID
	PORCENTAJE	CANTIDAD	
	= 0,00	% = 0,00	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc
	= 0,00	% = 0,0	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc

MODIFICACIONES		FACTOR CEMENTO	
Adición de agua	ml	FC =	7,06
Reducción de agua	0,0 ml		
Cantidad Aditivos en Peso por Tanda			
0	0 gr		
0	0 gr		
0	0 gr		

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA											
Descripción	Cantidad	Unid	MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m ³	PESO SECO kg/m ³	VOL.ABS	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA PESO MEZCLA	UNIDAD	
Vol. Aire	: 3,0	%	Cemento	Cementos Lima	3150	300,0	0,0952	300,00	11,100	kg	
Vol. Agregados	: 0,635	%			2200	0,0	0,0000	0,00	0,000	kg	
Arena	: 60	%	Agua	Lab. Ing. URP	1000	240,0	0,2400	211,69	7,832	Lt	
Piedra	: 40	%	Arena	Jicamarca	2700	1028,31	0,3809	1076,65	39,836	kg	
Piedra	: 100	%	Piedra	Jicamarca	2680	680,46	0,2539	681,89	25,230	kg	
	: 0	%				0,00	0,0000	0,00	0,000	kg	
Dosificación material cementante											
Agua Diseño	: 240,0	Lts.				0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml	
Cemento	: 300,0	kg				0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml	
	:					0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml	
	:					0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml	
Cementante total	: 300,00	kg	Aire				0,0300	0,0000	0,000	ml	
TOTAL									2248,78	1,0000	2270,23

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCIÓN	AG. FINO	AG. GRUESO
Peso Específico de Masa Seca	2,7	2,68
Peso Específico de Masa SSS	2,74	2,7
Peso Específico Aparente	2,81	2,74
Peso Unitario Suelto Seco	1616	1530
Peso Unitario Compactado Seco	1776	1629
Contenido de Humedad	4,7	0,21
Porcentaje de Absorción	1,49	0,90
Módulo de Finura	3,11	5,96
Módulo de Finura GLOBAL		4,25

Fecha
Tesisista

27/05/2010
CINDY BENITES

Diseño
Aditivo a evaluar
Relación AF : AG
Relación a/c
Relación at/ct
Volumen de Prueba (m3)

PATRON

60 - 40
0,72
0,72
0,037

ADITIVO	Dosificación del aditivo		
	PORCENTAJE	CANTIDAD	UNID
	= 0,00	% = 0,00	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc
	= 0,00	% = 0,0	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc

MODIFICACIONES		FACTOR CEMENTO	
Adición de agua		ml	7,65
Reducción de agua	0,0	ml	
Cantidad Aditivos en Peso por Tanda			
	0	0 gr	
	0	0 gr	
	0	0 gr	

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA

Descripción	Cantidad	Unid	MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m ³	PESO SECO kg/m ³	VOL. ABS	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA		
									PESO MEZCLA	UNIDAD	
Vol. Aire	: 3,0	%									
Vol. Agregados	: 0,632		Cemento	Cementos Lima	3150	325,0	0,1032	325,00	12,025	kg	
Arena	: 60	%			2200	0,0	0,0000	0,00	0,000	kg	
Piedra	: 40	%	Agua	Lab. Ing. URP	1000	235,0	0,2350	206,82	7,652	Lt	
Piedra	: 100	%	Arena	Jicamarca	2700	1023,56	0,3791	1071,66	39,652	kg	
	: 0	%	Piedra	Jicamarca	2680	677,32	0,2527	678,74	25,113	kg	
Dosificación material cementante											
Agua Diseño	: 235,0	Lts.				0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml	
Cemento	: 325,0	kg				0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml	
	:					0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml	
	:					0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml	
Cementante total	: 325,00	kg	Aire				0,0300				
TOTAL									2260,87	1,0000	2282,22



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

HOJA ESTÁNDAR DE DISEÑO DE CONCRETO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES		
DESCRIPCIÓN	AG. FINO	AG. GRUESO
Peso Especifico de Masa Seca	2,7	2,68
Peso Especifico de Masa SSS	2,74	2,7
Peso Especifico Aparente	2,81	2,74
Peso Unitario Suelto Seco	1616	1530
Peso Unitario Compactado Seco	1776	1629
Contenido de Humedad	3,6	0,21
Porcentaje de Absorción	1,49	0,90
Módulo de Finura	3,11	5,96
Módulo de Finura GLOBAL	4,25	

Fecha	26/05/2010
Testista	CINDY BENITES

Diseño	PATRON
Aditivo a evaluar	***
Relación AF : AG	60 - 40
Relación a/c	0,67
Relación at/ct	0,67
Volumen de Prueba (m3)	0,037

Dosificación del aditivo			
ADITIVO	PORCENTAJE	CANTIDAD	UNID
=	0,00	% = 0,00	cc
=	0,00	% = 0,00	cc
=	0,00	% = 0,0	cc
=	0,00	% = 0,00	cc
=	0,00	% = 0,00	cc
=	0,00	% = 0,00	cc

MODIFICACIONES			FACTOR CEMENTO	
Adición de agua		ml	FC =	8,24
Reducción de agua	0,0	ml		
Cantidad Aditivos en Peso por Tanda				
0		0gr		
0		0gr		
0		0gr		

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Descripción	Dosificación de los agregados		MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m ³	PESO SECO kg/m ³	VOL-ABS	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	
	Cantidad	Unid							PESO MEZCLA	UNIDAD
Vol. Aire	: 3,0	%					0,1111	350,00	12,950	kg
Vol. Agregados	: 0,624	%	Cemento	Cementos Lima	3150	350,0	0,0000	0,00	0,000	kg
Arena	: 60	%			2200	0,0	0,2350	218,29	8,077	Lt
Piedra	: 40	%	Agua	Lab. Ing. URP	1000	235,0	0,3743	1047,09	38,742	kg
Piedra	: 100	%	Arena	Jicamarca	2700	1010,70	0,2496	670,21	24,798	kg
	: 0	%	Piedra	Jicamarca	2680	668,81	0,0000	0,0000	0,000	kg
Dosificación material cementante										
Agua Diseño	: 235,0	Lts.				0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml
Cemento	: 350,0	kg				0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml
						0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml
Cementante total	: 350,00	kg	Aire			0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml
TOTAL									2264,51	2285,59



HOJA ESTÁNDAR DE DISEÑO DE CONCRETO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES		
DESCRIPCIÓN	AG. FINO	AG. GRUESO
Peso Especifico de Masa Seca	2,7	2,68
Peso Especifico de Masa SSS	2,74	2,7
Peso Especifico Aparente	2,81	2,74
Peso Unitario Suelto Seco	1616	1530
Peso Unitario Compactado Seco	1776	1629
Contenido de Humedad	3,8	0,25
Porcentaje de Absorción	1,49	0,90
Módulo de Finura	3,11	5,96
Módulo de Finura GLOBAL	4,25	

Fecha	25/05/2010
Tesista	CINDY BENITES
Diseño	PATRON
Aditivo a evaluar	***
Relación AF : AG	60 - 40
Relación a/c	0,63
Relación at/ct	0,63
Volumen de Prueba (m3)	0,037

Dosificación del aditivo			
ADITIVO	PORCENTAJE	CANTIDAD	UNID
=	0,00	% = 0,00	cc
=	0,00	% = 0,00	cc
=	0,00	% = 0,0	cc
=	0,00	% = 0,00	cc
=	0,00	% = 0,00	cc
=	0,00	% = 0,00	cc

MODIFICACIONES			FACTOR CEMENTO	
Adición de agua	ml	FC =	8,82	
Reducción de agua	0,0	ml		
Cantidad Aditivos en Peso por Tanda				
0		0 gr		
0		0 gr		
0		0 gr		

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA									
Descripción	Cantidad	Unid	MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP	PESO SECO	VOL.ABS	CORRECCIÓN	TANDA DE PRUEBA
Vol. Aire	: 3,0	%	Cemento	Cementos Lima	3150	375,0	0,1190	375,00	13,875
Vol. Agregados	: 0,616	%	Agua	Lab. Ing. URP	2200	0,0	0,0000	0,00	0,000
Arena	: 60	%	Arena	Jicamarca	1000	235,0	0,2350	216,24	8,001
Piedra	: 40	%	Piedra	Jicamarca	2700	997,84	0,3696	1035,76	38,323
Piedra	: 100	%		Jicamarca	2680	660,30	0,2464	661,95	24,492
Piedra	: 0	%				0,00	0,0000	0,00	0,000
Dosificación material cementante									
Agua Diseño	: 235,0	Lts.				0,00	0,0000	0,0000	0,000
Cemento	: 375,0	kg				0,00	0,0000	0,0000	0,000
						0,00	0,0000	0,0000	0,000
						0,00	0,0000	0,0000	0,000
Cementante total	: 375,00	kg	Aire				0,0300		
TOTAL									2288,14
									2288,95



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CARACTERÍSTICAS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA PATRÓN

Cant. de Materiales por m³ de Obra

Cemento	:	275 kg
Agua efectiva	:	210,29 L
Arena	:	1091,15 kg
Piedra	:	690,42 kg
Slump	:	8"
Rel a/c	:	0,87
Af/Ag	:	60/40
F.C	:	6,5



Cant. de Materiales por m³ de Obra

Cemento	:	300 kg
Agua efectiva	:	211,69 L
Arena	:	1079,65 kg
Piedra	:	681,89 kg
Slump	:	8"
Rel a/c	:	0,80
Af/Ag	:	60/40
F.C	:	7,1



Cant. de Materiales por m³ de Obra

Cemento	:	325 kg
Agua efectiva	:	206,82 L
Arena	:	1071,66 kg
Piedra	:	678,74 kg
Slump	:	8"
Rel a/c	:	0,72
Af/Ag	:	60/40
F.C	:	7,6





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CARACTERÍSTICAS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA PATRÓN

Cant. de Materiales por m³ de Obra

Cemento	:	350 kg
Agua efectiva	:	218,29 L
Arena	:	1047,09 kg
Piedra	:	670,21 kg
Slump	:	8"
Rel a/c	:	0,67
Af/Ag	:	60/40
F.C	:	8,2



Cant. de Materiales por m³ de Obra

Cemento	:	375 kg
Agua efectiva	:	216,24 L
Arena	:	1035,76 kg
Piedra	:	661,95 kg
Slump	:	8"
Rel a/c	:	0,63
Af/Ag	:	60/40
F.C	:	8,8



4.2 DISEÑO DE MEZCLA CO.N ADITIVO

Los diseños de mezcla con aditivo para nuestra investigación consisten en diseños de concreto (hormigón) con bajos contenidos de cemento más aditivo superplastificante Sika Viscorcrete 20HE.

Asimismo, se utilizaron aditivos complementarios y adiciones minerales para obtener un concreto (hormigón) que cumpla con los requerimientos establecidos en la presente investigación.

4.2.1 CRITERIOS DEL DISEÑO DE MEZCLA

Como se mencionó al inicio del presente capítulo, los diseños de mezcla con el uso de aditivos han sido desarrollados según el método propuesto en el comité 211 del ACI.

- **CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

Los materiales utilizados en los diseños de mezcla con aditivos, son los mismos ya descritos en el subcapítulo 4.1.2.

- **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA**

La determinación de la resistencia final se obtendrá como resultado de los diseños de mezcla establecidos, ya que variarán por el contenido de cemento y la cantidad de aditivo utilizado.

- **SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL**

De acuerdo con el análisis granulométrico del agregado grueso tenemos:

$$T.M.N=3/8'$$

El T.M.N. utilizado los presentes diseños es el mismo que en los diseños de mezcla patrón.

- **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

Como se mencionó anteriormente, una de las características en nuestros diseños de concreto (hormigón) es obtener una alta fluidez para su óptima colocación en obra, por ello, se han diseñado concretos (hormigones) con un Slump de 6" a 8" en los diseños de mezcla patrón.

En los diseños de mezcla con el uso de aditivo superplastificante la trabajabilidad, cohesión y fluidez de la mezcla será mayor, por ello, el asentamiento establecido es el siguiente:

$$Slump 10$$

Asimismo, por su alta trabajabilidad las mezclas tienden a formar circunferencias que varían entre los 45 a 55 cm de diámetro, similar a un concreto (hormigón) autocompactado.

- **CANTIDAD DE AGUA DE DISEÑO**

El agua de diseño utilizada en los diseños de mezcla patrón varían entre los 235 a 240 l/m³, una de las características de los aditivos superplastificantes es reducir las cantidades de agua en el diseño de mezcla, por ello obtuvimos una reducción de agua entre un 18 a 20%.

La reducción del agua de diseño se logró determinar mediante muestras de ensayo hasta obtener el performance óptimo, donde se fue reduciendo agua a la mezcla de manera progresiva.

$$\text{Agua Diseño Aditivo} = \text{Agua Diseño Patrón} \cdot (1 - (\% \text{reducción}))$$

- **CANTIDAD DE AIRE EN LA MEZCLA**

Al utilizar el mismo agregado grueso solo se considerará el aire atrapado en el diseño. De acuerdo al TMN tenemos:

$$\text{Aire Atrapado} = 3\%$$

- **SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO (a/c)**

La relación agua – cemento se irá determinando de acuerdo al contenido de cemento y la cantidad de agua que se utilice en cada diseño de mezcla.

- **CANTIDAD DE CEMENTO**

La cantidad de cemento en los diseños de mezcla con aditivo varían entre 275 Kg/m³ a 375 Kg/m³, los mismos contenidos que fueron utilizados en los diseños de mezcla patrón.

- **CANTIDAD DE FINOS – ADICIONES MINERALES**

En la presente investigación se ha utilizado la adición mineral de microsílíce en un rango de 2 a 5%. La cantidad de microsílíce se ha calculado en relación al porcentaje del contenido de cemento, siendo este porcentaje inversamente proporcional al contenido de cemento.

$$\text{Adición Microsílíce} = \frac{\text{Cantidad Cemento} \times (\% \text{porcentaje})}{100}$$

$$\text{Cantidad} - (ct) = \text{Cantidad adición}$$

- **RELACIÓN AGUA/FINOS O CANTIDAD CEMENTANTE (a/cte)**

La relación agua finos o cantidad cementante se calcula dividiendo la cantidad de agua que contiene cada diseño y el contenido de cemento más la adición.

$$a/cte = \frac{Agudiseño}{(Cemento + Adición)}$$

- **DOSAJE DE ADITIVOS**

El dosaje de los aditivos se realiza teniendo en conocimiento las características y especificaciones técnicas, y como punto inicial el concreto (hormigón) que se desea diseñar. En nuestro caso se busca obtener concretos (hormigones) de alta fluidez y trabajabilidad, por ello, se va añadiendo los aditivos en dosis de 1 cc, el cual con su peso específico se calcula su porcentaje en la mezcla y con respecto al contenido de la cantidad cementante se determina su influencia en el volumen de la mezcla.

- **CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADO**

El volumen de los agregados varían por la presencia del volumen de las adiciones, por esta razón, se calculó el volumen absoluto del cemento, agua y aire, adición y aditivo que se obtienen de la siguiente manera:

$$V_{Abs-Cemento} = \frac{Pes(kg)}{PesoEspec(kg/m^3)}$$

$$V.Abs-Adición = \frac{Pes(kg)}{PesoEspec(kg/m^3)}$$

$$V.Abs-Agua = \frac{Pes(kg)}{PesoEspec(kg/m^3)}$$

$$V.Abs-Aditivo = \frac{CanAditi(cc) * CanCt(kg)}{1000000}$$

$$V.Abs-Aire = \frac{Porcent(\%)}{100}$$

Con los valores de los volúmenes totales hallados podemos calcular el volumen de los agregados:

$$V.Abs(f+g) = 1 - (V.Abs-Cemento + V.Abs-Agua + V.Abs-Aire + V.Abs-Aditivo + V.Abs-Adición)$$

Al volumen obtenido se le multiplicó los porcentajes de agregado fino y grueso establecidos en el diseño de mezcla patrón que corresponden al 60% y 40% respectivamente, para así poder ser utilizado como un indicador de comparación

4.2.2 SUSTENTACIÓN DE DISEÑO FINAL DE MEZCLA CON ADITIVO

De acuerdo con la combinación de agregados ya establecida de Af/Ag = 60/40%, al igual que en el diseño de la mezcla patrón se realizaron ensayos con una cantidad mínima de cemento para evaluar la performance de los diseños; la cantidad de aditivo Superplastificante Sika Viscocrete 20HE se evaluó según la trabajabilidad y fluidez deseada, con características de un Slump de 10" y un diámetro de 50cm.

- **ENSAYO DE PRUEBA N° 1**

Cemento Atlas - Tipo IP.....	300 kg
Agua diseño.....	240L
Arena/piedra relación.....	60/40
Plastiment TM12.....	4 cc
Viscocrete 20HE.....	10 cc

Donde se observó que la mezcla segregó por el alto contenido de aditivo y el agua de mezcla, por lo que se decidió en principio bajar la cantidad del aditivo hasta su rango mínimo según sus especificaciones técnicas.

- **ENSAYO DE PRUEBA N° 2**

Cemento Atlas - Tipo IP.....300 kg

Agua diseño.....240L

Arena/piedra relación.....60/40

Plastiment TM12.....2 cc

Viscocrete 20HE.....5 cc



Los resultados obtenidos en este ensayo fueron un Slump de 7 1/2", buena trabajabilidad, pero se observó que en un periodo de 30 minutos el Slump se redujo a 3".

Por tal motivo, se corroboró trabajar los diseños de mezclas con un mayor contenido de aditivo superplastificante adicionándole microsílíce (adición mineral) para evitar la segregación que se presentó en el primer ensayo.

- **ENSAYO DE PRUEBA N° 3**

Cemento Atlas - Tipo IP.....300 kg
Sika Fume.....3% (del peso del cemento)
Agua diseño.....200 L
Arena/piedra relación.....60/40
Plastiment TM12.....4 cc
Viscocrete 20HE.....8,5 cc

Se observa en el desarrollo de este ensayo, que la segregación en la mezcla de concreto (hormigón) disminuye considerablemente por el uso de microsilíce, pero aún se observa segregación en la mezcla.

Paralelamente, se observa en la mezcla de concreto (hormigón) cierta exudación y burbujeo al ser colocada en un recipiente, a pesar de los reajustes en la cantidad de aditivo superplastificante y el uso de microsilíce, por consiguiente se determinó falta de cohesión en la mezcla.



De acuerdo a lo determinado se hizo necesario el uso de un aditivo estabilizador o agente de viscosidad para eliminar la exudación, burbujeo y el sangrado de la mezcla de concreto (hormigón).

- **ENSAYO DE PRUEBA N° 4**

Cemento Atlas - Tipo IP.....	300 kg
Sika Fume.....	3% (del peso del cemento)
Agua diseño.....	195 L
Arena/piedra relación.....	60/40
Plastiment TM12.....	4 cc
Stabilizer 100.....	3 cc
Viscocrete 20HE.....	8 cc

En el siguiente ensayo, el aditivo estabilizador se fue adicionando a la mezcla de centímetro cúbico en centímetro cúbico hasta obtener la dosificación óptima.



Como se observa, la mezcla de concreto (hormigón) presenta una buena trabajabilidad y fluidez con un Slump de 10" y 50 cm de diámetro, homogeneidad y excelente cohesión.

Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos en el último ensayo se determina la dosificación de los aditivos para los diseños finales de las mezclas de concreto (hormigón) con bajos contenidos de cemento y el uso de aditivos, logrando así obtener una comparación entre los diseños de mezcla patrón y los diseños de mezcla con el uso de aditivos.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

HOJA ESTÁNDAR DE DISEÑO DE CONCRETO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES			
DESCRIPCIÓN	AG. FINO	AG. GRUESO	
Peso Especifico de Masa Seca	2,7	2,68	
Peso Especifico de Masa SSS	2,74	2,7	
Peso Especifico Aparente	2,81	2,74	
Peso Unitario Suelto Seco	1616	1530	
Peso Unitario Compactado Seco	1776	1629	
Contenido de Humedad	4,5	0,21	
Porcentaje de Absorción	1,49	0,90	
Módulo de Finura	3,11	5,96	
Módulo de Finura GLOBAL		4,25	

Fecha	18/06/2010
Tesista	CINDY BENITES
Diseño	ADITIVO
Aditivo a evaluar	SIKA VISCOCRETE 20 HE
Relación AF : AG	60 - 40
Relación a/c	0,73
Relación at/ct	0,72
Volumen de Prueba (m3)	0,087

Dosificación del aditivo			
ADITIVO	PORCENTAJE	CANTIDAD	UNID
PLASTIMENT TM-12	= 0,53	% = 4,50	cc
SIKAMENT 100SC	= 0,28	% = 2,50	cc
VISCOCRET 20HE	= 0,85	% = 8,0	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc
	=	% = 0,00	

MODIFICACIONES			
Adición de agua	ml	ml	FACTOR CEMENTO
Reducción de agua	0,0	ml	FC = 6,47
Cantidad Aditivos en Peso por Tanda			
PLASTIMENT TM-12		56,19 gr	
SIKAMENT 100SC		29,101 gr	
VISCOCRET 20HE		8,9735 gr	

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA									
Descripción	Cantidad	Unid	MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP	PESO SECO	VOL.ABS	CORRECCIÓN	TANDA DE PRUEBA
Vol. Aire	: 3,0	%	Cemento	Cementos Lima	3150	275,0	0,0873	275,00	10,175
Vol. Agregados	: 0,673	%	SF 100	SIKA	2200	11,0	0,0050	11,00	0,407
Arena	: 60	%	Agua	Lab. Ing. URP	1000	200,0	0,2000	172,14	6,369
Piedra	: 40	%	Arena	Jicamarca	2700	1090,92	0,4040	1140,01	42,180
Piedra	: 100	%	Piedra	Jicamarca	2680	721,89	0,2694	723,41	26,766
Piedra	: 0	%				0,00	0,0000	0,00	0,000
Dosificación material cementante									
Agua Diseño	: 200,0	Lts.	PLASTIMENT TM-12	SIKA	1180	1,52	0,0013	0,0013	47,619
Cemento	: 275,0	kg	SIKAMENT 100SC	SIKA	1100	0,79	0,0007	0,0007	26,455
SF 100 %	: 4,00	%	VISCOCRET 20HE	SIKA	1060	2,43	0,0023	0,0023	84,656
SF 100	: 11,00	kg				0,00	0,0000	0,0000	0,000
Cementante total	: 286,00	kg	Aire				0,0300		
TOTAL							2303,55	1,0000	2321,57



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

HOJA ESTÁNDAR DE DISEÑO DE CONCRETO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES		
DESCRIPCIÓN	AG. FINO	AG. GRUESO
Peso Específico de Masa Seca	2,7	2,68
Peso Específico de Masa SSS	2,74	2,7
Peso Específico Aparente	2,81	2,74
Peso Unitario Suelto Seco	1616	1530
Peso Unitario Compactado Seco	1776	1629
Contenido de Humedad	5,2	0,31
Porcentaje de Absorción	1,49	0,90
Módulo de Finura	3,11	5,96
Módulo de Finura GLOBAL	4,25	

Fecha
09/06/2010

Testista
CINDY BENITES

Diseño

Aditivo a evaluar

Relación AF : AG

Relación a/c

Relación at/ct

Volumen de Prueba (m3)

ADITIVO	
SIKA VISCOCRETE 20 HE	
60 - 40	
0,67	
0,66	
0,037	

Dosificación del aditivo			
ADITIVO	PORCENTAJE	CANTIDAD	UNID
PLASTIMENT TM-12	= 0,53	= 4,50	cc
SIKAMENT 100SC	= 0,33	= 3,00	cc
VISCOCRET 20HE	= 0,85	= 8,0	cc
	= 0,00	= 0,00	cc
	= 0,00	= 0,00	cc
	=	= 0,00	

MODIFICACIONES		FACTOR CEMENTO	
Adición de agua	ml	FC =	7,06
Reducción de agua	0,0		
Cantidad Aditivos en Peso por Tanda			
PLASTIMENT TM-12		60,709	gr
SIKAMENT 100SC		37,729	gr
VISCOCRET 20HE		9,6952	gr

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Descripción	Cantidad	Unid	MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m ³	PESO SECO kg/m ³	VOL.ABS	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA PESO MEZCLA	UNIDAD
Vol. Aire	: 3,0	%	Cemento	Cementos Lima	3150	300,0	0,0952	300,00	11,100	kg
Vol. Agregados	: 0,666		SF 100	SIKA	2200	9,0	0,0041	9,00	0,333	kg
Arena	: 60	%	Agua	Lab.Ing. URP	1000	200,0	0,2000	164,19	6,075	Lt
Piedra	: 40	%	Arena	Jicamarca	2700	1078,73	0,3995	1134,82	41,988	kg
Piedra	: 100	%	Piedra	Jicamarca	2680	713,82	0,2664	716,04	26,493	kg
Dosificación material cementante										
Agua Diseño	: 200,0	Lts.	PLASTIMENT TM-12	SIKA	1180	1,64	0,0014	0,0014	51,449	ml
Cemento	: 300,0	kg	SIKAMENT 100SC	SIKA	1100	1,02	0,0009	0,0009	34,299	ml
SF 100 %	: 3,00	%	VISCOCRET 20HE	SIKA	1060	2,62	0,0025	0,0025	91,464	ml
SF 100	: 9,00	kg				0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml
Cementante total	: 309,00	kg	Aire				0,0300			
TOTAL					2306,83				2324,06	



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

HOJA ESTÁNDAR DE DISEÑO DE CONCRETO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES		
DESCRIPCIÓN	AG. FINO	AG. GRUESO
Peso Específico de Masa Seca	2,7	2,68
Peso Específico de Masa SSS	2,74	2,7
Peso Específico Aparente	2,81	2,74
Peso Unitario Suelto Seco	1616	1530
Peso Unitario Compactado Seco	1776	1629
Contenido de Humedad	4,5	0,21
Porcentaje de Absorción	1,49	0,90
Módulo de Finura	3,11	5,96
Módulo de Finura GLOBAL	4,25	

Fecha	09/06/2010
Tesista	CINDY BENITES
Diseño	ADITIVO
Aditivo a evaluar	SIKA VISOCRET 20 HE
Relación AF : AG	60 - 40
Relación a/c	0,60
Relación at/ct	0,60
Volumen de Prueba (m3)	0,037

Dosificación del aditivo			
ADITIVO	PORCENTAJE	CANTIDAD	UNID
PLASTIMENT TM-12	= 0,47	% = 4,00	cc
SIKAMENT 100SC	= 0,33	% = 3,00	cc
VISOCRET 20HE	= 0,85	% = 8,0	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc
	=	% =	

MODIFICACIONES			FACTOR CEMENTO	
Adición de agua	ml	7,65		
Reducción de agua	0,0	ml		
Cantidad Aditivos en Peso por Tanda				
PLASTIMENT TM-12	58,461	gr		
SIKAMENT 100SC	40,873	gr		
VISOCRET 20HE	10,503	gr		

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Descripción	Dosificación de los agregados		MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m ³	PESO SECO kg/m ³	VOLABS	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA	
	Cantidad	Unid							PESO MEZCLA	UNIDAD
Vol. Aire	: 3,0	%	Cemento	Cementos Lima	3150	325,0	0,1032	325,00	12,025	kg
Vol. Agregados	: 0,662	%	SF 100	SIKA	2200	9,8	0,0044	9,75	0,361	kg
Arena	: 60	%	Agua	Lab. Ing. URP	1000	195,0	0,1950	167,60	6,201	Lt
Piedra	: 40	%	Arena	Jicamarca	2700	1073,04	0,3974	1121,33	41,489	kg
Piedra	: 0	%	Piedra	Jicamarca	2680	710,06	0,2649	711,55	26,328	kg
Dosificación material cementante										
Agua Diseño	: 195,0	Lts.	PLASTIMENT TM-12	SIKA	1180	1,58	0,0013	0,0013	49,543	ml
Cemento	: 325,0	kg	SIKAMENT 100SC	SIKA	1100	1,10	0,0010	0,0010	37,157	ml
SF 100 %	: 3,00	%	VISOCRET 20HE	SIKA	1060	2,84	0,0027	0,0027	99,086	ml
SF 100	: 9,75	kg				0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml
Cementante total	: 334,75	kg	Aire				0,0300			
TOTAL						2318,38	1,0000	2335,24		



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

HOJA ESTÁNDAR DE DISEÑO DE CONCRETO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES		
DESCRIPCIÓN	AG. FINO	AG. GRUESO
Peso Específico de Masa Seca	2,7	2,68
Peso Específico de Masa SSS	2,74	2,7
Peso Específico Aparente	2,81	2,74
Peso Unitario Suelto Seco	1616	1530
Peso Unitario Compactado Seco	1776	1629
Contenido de Humedad	4,5	0,21
Porcentaje de Absorción	1,49	0,90
Módulo de Finura	3,11	5,96
Módulo de Finura GLOBAL	4,25	

Fecha	15/06/2010
Tesista	CINDY BENITES
Diseño	ADITIVO
Aditivo a evaluar	SIKA VISCOCRET 20 HE
Relación AF : AG	60 - 40
Relación a/c	0,56
Relación at/ct	0,56
Volumen de Prueba (m3)	0,037

Dosificación del aditivo		
ADITIVO	PORCENTAJE	CANTIDAD UNID
PLASTIMENT TM-12	= 0,47 %	= 4,00 cc
SIKAMENT 100SC	= 0,39 %	= 3,50 cc
VISCOCRET 20HE	= 0,85 %	= 8,0 cc
	= 0,00 %	= 0,00 cc
	= 0,00 %	= 0,00 cc
	= 0,00 %	= 0,00 cc

MODIFICACIONES		
Adición de agua	ml	FACTOR CEMENTO
Reducción de agua	0,0	8,24

Cantidad Aditivos en Peso por Tanda	
PLASTIMENT TM-12	62,346 gr
SIKAMENT 100SC	50,855 gr
VISCOCRET 20HE	11,201 gr

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA							
Descripción	Dosificación de los agregados		MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m ³	PESO SECO kg/m ³	
	Cantidad	Unid					
Vol. Aire	: 3,0	%	Cemento	Cementos Lima	3150	350,0	
Vol. Agregados	: 0,655	%	SF 100	SIKA	2200	7,0	
Arena	: 60	%	Agua	Lab. Ing. URP	1000	195,0	
Piedra	: 40	%	Arena	Jicamarca	2700	1061,38	
Piedra	: 100	%	Piedra	Jicamarca	2680	702,35	
	: 0	%				0,00	
Dosificación material cementante							
Agua Diseño	: 195,0	Lts.	PLASTIMENT TM-12	SIKA	1180	1,69	
Cemento	: 350,0	kg	SIKAMENT 100SC	SIKA	1100	1,37	
SF 100 %	: 2,00	%	VISCOCRET 20HE	SIKA	1060	3,03	
SF 100	: 7,00	kg				0,00	
Cementante total	: 357,00	kg	Aire			0,0300	
TOTAL						2321,81	1,0000
							2337,87

CORRECCIÓN		TANDA DE PRUEBA	
POR HUMEDAD	VOL. ABS	PESO MEZCLA	UNIDAD
350,00	0,1111	12,950	kg
7,00	0,0032	0,259	kg
167,90	0,1950	6,212	Lt
1109,14	0,3931	41,038	kg
703,82	0,2621	26,041	kg
0,00	0,0000	0,000	kg
0,0014	0,0014	52,836	ml
0,0012	0,0012	46,232	ml
0,0029	0,0029	105,672	ml
0,0000	0,0000	0,000	ml



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES		
DESCRIPCIÓN	AG. FINO	AG. GRUESO
Peso Especifico de Masa Seca	2,7	2,68
Peso Especifico de Masa SSS	2,74	2,7
Peso Especifico aparente	2,81	2,74
Peso Unitario Suelto Seco	1616	1530
Peso Unitario Compactado Seco	1776	1629
Contenido de Humedad	4,5	0,21
Porcentaje de Absorción	1,49	0,90
Módulo de Finura	3,11	5,96
Módulo de Finura GLOBAL	4,25	

Fecha	16/06/2010
Tesista	CINDY BENITES
Diseño	ADITIVO
Aditivo a evaluar	SIKA VISCOCRETE 20 HE
Relación AF : AG	60 - 40
Relación a/c	0,52
Relación at/ct	0,53
Volumen de Prueba (m3)	0,037

Dosificación del aditivo			
ADITIVO	PORCENTAJE	CANTIDAD	UNID
PLASTIMENT TM-12	= 0,47	% = 4,00	cc
SIKAMENT 100SC	= 0,39	% = 3,50	cc
VISCOCRET 20HE	= 0,85	% = 8,0	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc
	= 0,00	% = 0,00	cc
	=	% =	
	=	% =	

MODIFICACIONES			FACTOR CEMENTO	
Adición de agua	ml	FC =	8,82	
Reducción de agua	0,0	ml		
Cantidad Aditivos en Peso por Tanda				
PLASTIMENT TM-12	66,8	gr		
SIKAMENT 100SC	54,487	gr		
VISCOCRET 20HE	12,001	gr		

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE PRUEBA										
Descripción	Cantidad	Unid	MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m ³	PESO SECO kg/m ³	VOL-ABS	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA PESO MEZCLA	UNIDAD
Vol. Aire	: 3,0	%	Cemento	Cementos Lima	3150	375,0	0,1190	375,00	13,875	kg
Vol. Agregados	: 0,647	%	SF 100	SIKA	2200	7,5	0,0034	7,50	0,278	kg
Arena	: 60	%	Agua	Lab.Ing. URP	1000	195,0	0,1950	168,25	6,225	Lt
Piedra	: 40	%	Arena	Jicamarca	2700	1047,52	0,3880	1094,65	40,502	kg
Piedra	: 100	%	Piedra	Jicamarca	2680	693,17	0,2586	694,63	25,701	kg
	: 0	%				0,00	0,0000	0,00	0,000	kg
Dosificación material cementante										
Agua Diseño	: 195,0	Lts.	PLASTIMENT TM-12	SIKA	1180	1,81	0,0015	0,0015	56,610	ml
Cemento	: 375,0	kg	SIKAMENT 100SC	SIKA	1100	1,47	0,0013	0,0013	49,534	ml
SF 100 %	: 2,00	%	VISCOCRET 20HE	SIKA	1060	3,24	0,0031	0,0031	113,220	ml
SF 100	: 7,50	kg				0,00	0,0000	0,0000	0,000	ml
Cementante total	: 382,50	kg	Aire				0,0300			
					TOTAL	2324,71	1,0000		2340,04	



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CARACTERÍSTICAS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA CON ADITIVO

Cant. de Materiales por m3 de Obra

Cemento	:	275 kg
Sika Fume	:	11 kg
Agua efectiva	:	172,14 L
Arena	:	1140,14 kg
Piedra	:	723,41 kg
Plastiment TM 12	:	1287 ml
Stabilizer 100	:	715 ml
Viscocrete 20 HE	:	2288 ml
Slump	:	10"
Diámetro	:	50 cm
F.C	:	6,5



Cant. de Materiales por m3 de Obra

Cemento	:	300 kg
Sika Fume	:	9 kg
Agua efectiva	:	164,19 L
Arena	:	1134,82 kg
Piedra	:	716,04 kg
Plastiment TM 12	:	1390,5 ml
Stabilizer 100	:	927 ml
Viscocrete 20 HE	:	2472 ml
Slump	:	10"
Diámetro	:	45 cm
F.C	:	7,1



Cant. de Materiales por m3 de Obra

Cemento	:	325 kg
Sika Fume	:	9,75 kg
Agua efectiva	:	167,6 L
Arena	:	1121,33 kg
Piedra	:	711,55 kg
Plastiment TM 12	:	1339 ml
Stabilizer 100	:	1004,25 ml
Viscocrete 20 HE	:	2678 ml
Slump	:	10"
Diámetro	:	50 cm
F.C	:	7,6





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CARACTERÍSTICAS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA CON ADITIVO

Cant. de Materiales por m3 de Obra

Cemento	:	350 kg
Sika Fume	:	7 kg
Agua efectiva	:	167,9 L
Arena	:	1109,14 kg
Piedra	:	703,82 kg
Plastiment TM 12	:	1428 ml
Stabilizer 100	:	1249,5 ml
Viscocrete 20 HE	:	2856 ml
Slump	:	10"
Diámetro	:	50 cm
F.C	:	8,2



Cant. de Materiales por m3 de Obra

Cemento	:	375 kg
Sika Fume	:	7,5 kg
Agua efectiva	:	168,25 L
Arena	:	1094,65 kg
Piedra	:	694,63 kg
Plastiment TM 12	:	1530 ml
Stabilizer 100	:	1338,75 ml
Viscocrete 20 HE	:	3060 ml
Slump	:	10"
Diámetro	:	50 cm
F.C	:	8,8





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESUMEN DISEÑO
 VISCOCRETE 20 HE

RESUMEN DE MATERIALES EN DISEÑO VISCOCRETE 20 HE									
CEMENTO	Kg	Variable	275	300	325	350	375		
SIKA FUME (MICROSÍLICE)	Kg	Variable	11,00	9,00	9,75	7,00	7,50		
	%		4,00	3,00	3,00	2,00	2,00		
AGUA	L	Variable	200	200	195	195	195		
Af/Ag	%	Constante	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40		
R a/c	-	Variable	0,73	0,67	0,6	0,56	0,52		
R a/cte	-	Variable	0,72	0,66	0,6	0,56	0,53		
S.VISCOCRETE 20HE	cc/Kg. cte	Constante	2,50	3,00	3,00	3,50	3,50		
	%		0,28	0,33	0,33	0,39	0,39		
S.STABILIZER 100	cc/Kg. cte	Variable	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00		
	%		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85		
S.PLASTIMENT TM-12	cc/Kg. cte	Variable	4,50	4,50	4,00	4,00	4,00		
	%		0,53	0,53	0,47	0,47	0,47		

CAPÍTULO V

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

En el presente capítulo, se adjuntarán tablas y gráficos con los resultados de los diferentes ensayos de laboratorio del concreto (hormigón) en estado fresco como en estado endurecido.

La presentación de cada gráfico estará sujeto al análisis de los diseños de mezcla patrón y los diseños de mezcla con aditivo Sika Viscocrete 20 HE, para cada tipo de diseño con los diferentes contenidos de cemento.

Previamente, se describirá el proceso de mezclado para los diseños de mezcla patrón y los diseños con aditivo. Asimismo, posteriormente el proceso de muestreo de probetas cilíndricas y prismáticas.

5.1 MÉTODO DE MEZCLADO

5.1.1 MÉTODO DE MEZCLADO DEL DISEÑO PATRÓN

El proceso de mezclado de los diseños de mezcla patrón es el siguiente:

- Se humedece la mezcladora, de capacidad de 40 litros.
- El agua de mezclado es dividida en dos partes: la primera parte, en un litro y la segunda parte, el agua restante que es añadida al inicio de la mezcla.
- Luego, se incorpora la piedra dando un número de cinco revoluciones a la mezcladora.
- Seguidamente se añade la arena con el cemento, tapando la boca de la mezcladora para evitar pérdida de material, se deja mezclando los materiales durante un minuto.
- Después del periodo de mezcla de los materiales, se observa la condición de la mezcla resultante, como ésta se encuentra en una condición seca se va añadiendo el agua restante del litro de agua separada inicialmente, siendo incorporada poco a poco durante el periodo de mezclado.
- El periodo de mezclado comprende 5 minutos para los diseños de mezcla patrón.

5.1.2 MÉTODO DE MEZCLADO DEL DISEÑO CON ADITIVO

El proceso de mezclado de los diseños de mezcla con aditivo es el siguiente:

- El agua de mezclado es dividida en dos partes: la primera que corresponde a un litro y la segunda que corresponde al resto del agua.
- El agua restante es combinada con el aditivo superplastificante Sika Viscocrete 20 HE y es vertida a la mezcladora.
- Seguidamente se añade la piedra que se combinará con el agua, dándole a la mezcladora un número de 5 revoluciones para su mezclado.
- Luego, se incorpora el cemento con la Microsilíce Sika Fume y la mitad del contenido de la arena, dejando mezclar por un periodo de un minuto, como la mezcla resultante presenta una condición seca se añade la otra mitad de la arena más medio litro del agua separada inicialmente, mezclándose entre sí por 2 minutos más.
- Observando la condición fluida de la mezcla y que cae en forma de lluvia de las paletas de la mezcladora, se añade el estabilizador Sikastabilizer 100 mezclándose durante un periodo de 3 minutos más. Como resultado se obtiene una mezcla poco fluida y con eliminación de burbujas, por lo que se deja reposar 2 minutos.
- Continuando con el proceso de mezclado, se añade el retardante Sika Plastiment TM 12 con el resto del agua, y se deja mezclar por 3 minutos, obteniendo como resultado final una mezcla fluida, cohesiva y trabajable.

5.2 ENSAYOS DE CONCRETO FRESCO

El control de calidad del concreto (hormigón) fresco depende en primera instancia de los procedimientos de muestreo que permitan contar con porciones representativas y luego, el conocimiento de las propiedades en este estado y las pruebas que las evalúan.

Los ensayos realizados son los siguientes:

- Temperatura
- Asentamiento
- Peso unitario
- Contenido de aire
- Pérdida de trabajabilidad en el tiempo
- Tiempo de Fraguado

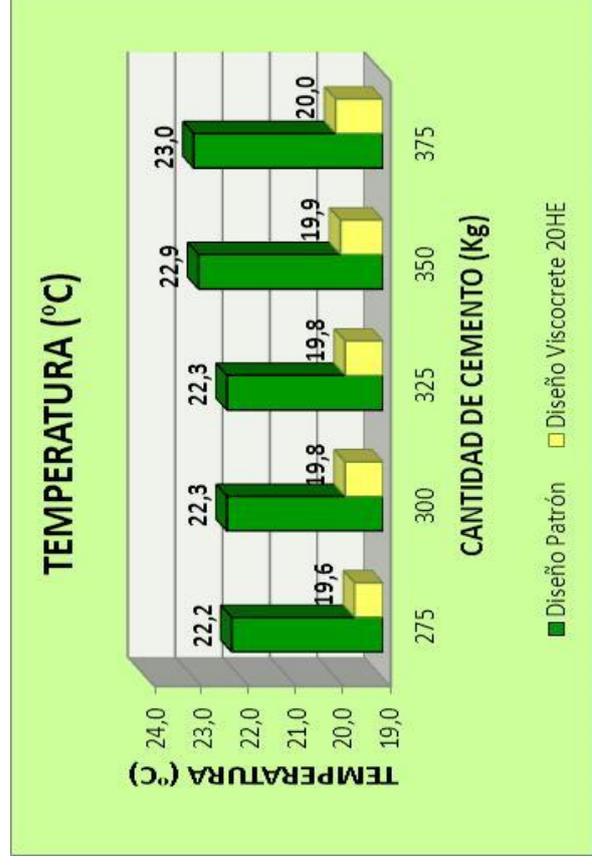


UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

5.2.1 TEMPERATURA (°C)

SEGÚN NORMA NTP 339.184

CANTIDAD DE CEMENTO (Kg)	TEMPERATURA (°C)	
	Diseño Patrón	Diseño Viscocrete 20HE
275	22,2	19,6
300	22,3	19,8
325	22,3	19,8
350	22,9	19,9
375	23,0	20,0





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

5.2.2 ASENTAMIENTO

SEGÚN NORMA NTP 339.035

CANT. CEMENTO (Kg)	DISEÑO PATRÓN					
	R a/c	PROPORCIÓN AGREGADOS	AGUA DISEÑO (lt)	SLUMP (")	CONSISTENCIA	TRABAJABILIDAD
275	0,87	60% A.F 40% A.G	240	8	FLUIDA	TRABAJABLE
300	0,80	60% A.F 40% A.G	240	8	FLUIDA	TRABAJABLE
325	0,72	60% A.F 40% A.G	235	8	FLUIDA	TRABAJABLE
350	0,67	60% A.F 40% A.G	235	8	FLUIDA	TRABAJABLE
375	0,63	60% A.F 40% A.G	235	8	FLUIDA	TRABAJABLE

CANT. CEMENTO (Kg)	DISEÑO 8 cc. VISCOCRETE 20 HE					
	R a/c	PROPORCIÓN ADITIVOS	AGUA DISEÑO (lt)	SLUMP (")	CONSISTENCIA	TRABAJABILIDAD
275	0,73	4.5cc TM12 + 2.5cc Stb.	200	10	MUY FLUIDA	MUY TRABAJABLE
300	0,67	4.5cc TM12 + 3cc Stb.	200	10	MUY FLUIDA	MUY TRABAJABLE
325	0,60	4cc TM12 + 3cc Stb.	195	10	MUY FLUIDA	MUY TRABAJABLE
350	0,56	4cc TM12 + 3.5cc Stb.	195	10	MUY FLUIDA	MUY TRABAJABLE
375	0,52	4cc TM12 + 3.5cc Stb.	195	10	MUY FLUIDA	MUY TRABAJABLE

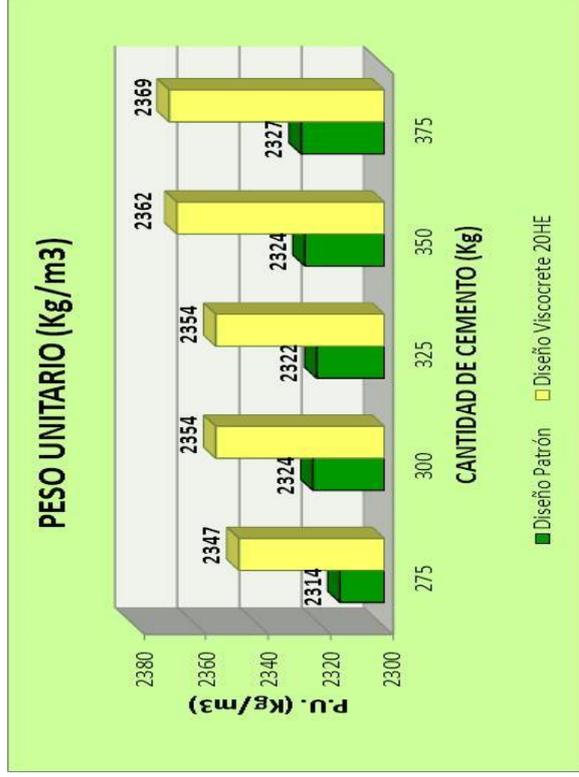


UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

5.2.3 PESO UNITARIO

SEGÚN NORMA NTP 339.046

CANT. CEMENTO (kg)	Diseño Patrón			Diseño Viscocrete 20HE		
	P.U. TEÓRICO (kg/m ³)	P.U. REAL (kg/m ³)	RENDIMIENTO %	P.U. TEÓRICO (kg/m ³)	P.U. REAL (kg/m ³)	RENDIMIENTO %
275	2267	2314	98	2322	2347	99
300	2270	2323	98	2324	2354	99
325	2282	2322	98	2335	2354	99
350	2286	2326	98	2338	2367	99
375	2289	2327	98	2340	2369	99





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

5.2.4 CONTENIDO DE AIRE

SEGÚN NORMA NTP 339.046

CANTIDAD DE CEMENTO (Kg)	% de AIRE ATRAPADO	
	Diseño Patrón	Diseño Viscocrete 20HE
275	1,3	2,5
300	1,2	2,1
325	1,2	2,1
350	1,1	2,0
375	1,1	2,0



5.2.5 PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD EN EL TIEMPO

En el presente ensayo, con la intención de evaluar la mantención de trabajabilidad, se realizó el ensayo para cada uno de los diseños de mezcla patrón y con el uso de aditivo.

Los factores principales del concreto (hormigón) que influyen en la pérdida de y trabajabilidad son: docilidad inicial, cantidad de cemento, cantidad de agua y temperatura de la mezcla.

Asimismo, los factores ambientales que intervienen en la pérdida de trabajabilidad son: humedad, temperatura y velocidad de viento.

A continuación, presentaremos los resultados obtenidos de cada uno de los ensayos.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD EN EL TIEMPO - DISEÑO PATRÓN

TIEMPO TRANSCURRIDO : T= 0 minutos

CANT. DE CEMENTO (Kg)	T _A (°C)	T _C (°C)	SLUMP (")
275	19,1	19,7	8
300	19,0	19,6	8
325	18,9	19,7	8
350	18,9	19,8	8
375	19,0	19,7	8



TIEMPO TRANSCURRIDO : T= 30 minutos

CANT. DE CEMENTO (Kg)	T _A (°C)	T _C (°C)	SLUMP (")
275	19,0	19,7	6 3/4
300	18,7	19,8	6 1/2
325	18,7	19,8	6 1/2
350	18,9	20,1	5 3/4
375	18,8	19,8	6 3/4



TIEMPO TRANSCURRIDO : T= 60 minutos

CANT. DE CEMENTO (Kg)	T _A (°C)	T _C (°C)	SLUMP (")
275	18,9	19,9	4 1/4
300	18,7	19,9	4
325	18,7	20,0	5
350	19,0	19,9	4
375	19,0	20,0	5





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD EN EL TIEMPO - DISEÑO PATRÓN

TIEMPO TRANSCURRIDO : T= 90 minutos

CANT. DE CEMENTO (Kg)	T _A (°C)	T _C (°C)	SLUMP (")
275	18,8	20,1	3 3/4
300	18,8	19,9	3 1/2
325	18,8	20,2	4
350	19,1	20,1	3 1/2
375	19,0	20,3	4



TIEMPO TRANSCURRIDO : T= 120 minutos

CANT. DE CEMENTO (Kg)	T _A (°C)	T _C (°C)	SLUMP (")
275	19,0	20,3	3
300	19,0	20,0	3 1/4
325	19,0	20,3	3 1/2
350	19,1	20,1	3
375	18,9	20,5	3





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD EN EL TIEMPO - DISEÑO VISCOCRETE 20 HE

TIEMPO TRANSCURRIDO : T= 0 minutos			
CANT. DE CEMENTO (Kg)	T _A (°C)	T _C (°C)	SLUMP (")
275	19,0	19,8	10
300	19,0	19,7	10
325	18,9	19,8	10
350	19,0	19,7	10
375	19,0	19,8	10

TIEMPO TRANSCURRIDO : T= 30 minutos			
CANT. DE CEMENTO (Kg)	T _A (°C)	T _C (°C)	SLUMP (")
275	18,8	19,9	8
300	18,8	19,8	8 1/4
325	19,0	19,9	8 3/4
350	19,0	19,8	8 1/2
375	18,9	19,9	8 1/2

TIEMPO TRANSCURRIDO : T= 60 minutos			
CANT. DE CEMENTO (Kg)	T _A (°C)	T _C (°C)	SLUMP (")
275	19,0	20,0	7
300	19,1	19,9	7
325	19,1	20,0	7 1/2
350	19,1	20,1	7 1/2
375	19,0	20,0	7 1/4



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD EN EL TIEMPO - DISEÑO VISCOCRETE 20 HE

TIEMPO TRANSCURRIDO : T= 90 minutos

CANT. DE CEMENTO (Kg)	T _A (°C)	T _C (°C)	SLUMP (")
275	19,0	20,2	6 1/4
300	19,1	20,0	6
325	18,9	20,2	6 3/4
350	18,9	20,2	6 1/4
375	19,1	20,1	6 1/2



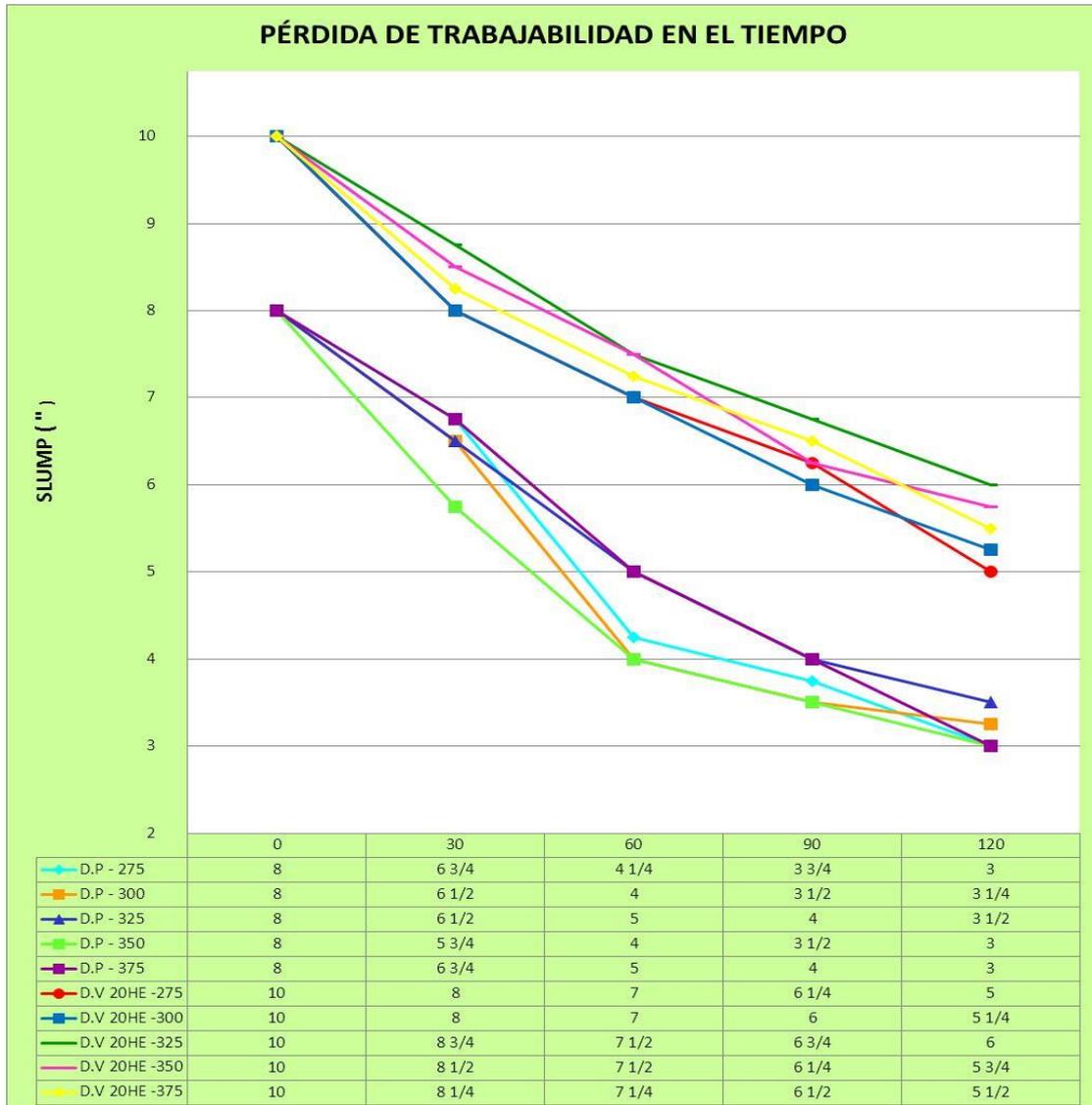
TIEMPO TRANSCURRIDO : T= 120 minutos

CANT. DE CEMENTO (Kg)	T _A (°C)	T _C (°C)	SLUMP (")
275	18,9	20,5	5
300	19,1	20,2	5 1/4
325	18,9	20,2	6
350	19,0	20,3	5 3/4
375	19,0	20,5	5 1/2





PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD EN EL TIEMPO



5.2.6 TIEMPO DE FRAGUADO

La medición del tiempo de fraguado del concreto (hormigón) nos permite contemplar el tiempo para determinar el tiempo de fraguado por resistencia a la penetración.

Los tiempos de fraguado inicial y final del concreto (hormigón), son determinados en base a un ensayo de velocidad de endurecimiento realizado por medio de agujas de resistencia a la penetración, en el mortero de la mezcla de concreto (hormigón).

El tiempo de fraguado inicial es el tiempo requerido después del contacto inicial del cemento y el agua, para que el mortero cernido del concreto (hormigón) alcance una resistencia a la penetración de 3,5 MPa (500 psi). El tiempo de fraguado final es el tiempo requerido después del contacto inicial del cemento y agua, para que el mortero alcance una resistencia a la penetración de 28 MPa (4000 psi).

El presente ensayo se encuentra establecido en la norma ASTM C 403 y en la norma NTP 339.082. El uso de este ensayo nos permitirá determinar los efectos variables del concreto (hormigón) tales como: la temperatura, la cantidad de cemento, las proporciones de la mezcla, aditivos y las características de endurecimiento.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TIEMPO DE FRAGUADO
 D.PATRÓN vs. D.VISCOCRETE 20HE

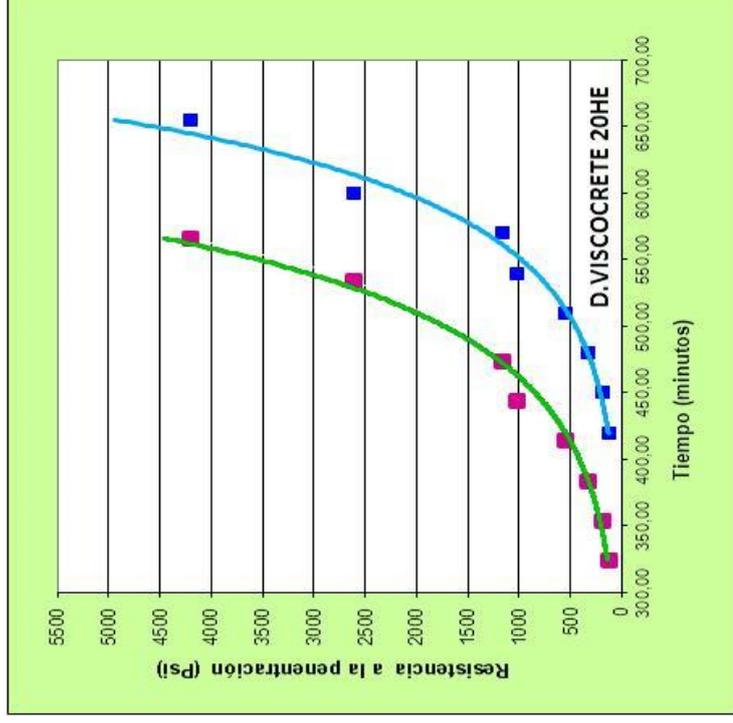
SEGÚN NORMAS NTP 339.082 Y ASTM C 403

CANT. CEMENTO (Kg/m ³)	DISEÑO	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	VARIACION hh:mm:ss	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	VARIACION hh:mm:ss	INTERVALO DE TIEMPO FRAGUA INICIAL - FINAL
375	PATRÓN	06:52:30		09:18:30		02:26:00
	VISCOCRETE 20 HE	08:27:30	01:35:00	10:33:00	01:14:30	02:05:30
350	PATRÓN	07:00:00		09:34:00		02:34:00
	VISCOCRETE 20 HE	08:51:00	01:51:00	11:10:00	01:36:00	02:19:00
325	PATRÓN	07:03:00		09:32:30		02:29:30
	VISCOCRETE 20 HE	09:00:00	01:57:00	11:12:30	01:40:00	02:12:30
300	PATRÓN	07:25:00		10:05:30		02:40:30
	VISCOCRETE 20 HE	09:03:30	01:38:30	11:18:00	01:12:30	02:14:30
275	PATRÓN	07:45:00		10:07:00		02:22:00
	VISCOCRETE 20 HE	09:19:00	01:34:00	11:08:30	01:01:30	01:49:30



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TIEMPO DE FRAGUADO
D. PATRÓN vs. D. VISCOCRETE 20 HE
375 Kg. CEMENTO



D. PATRÓN	
FRAGUA INICIAL (500 PSI)	06:52:30
FRAGUA FINAL (4000 PSI)	09:18:30

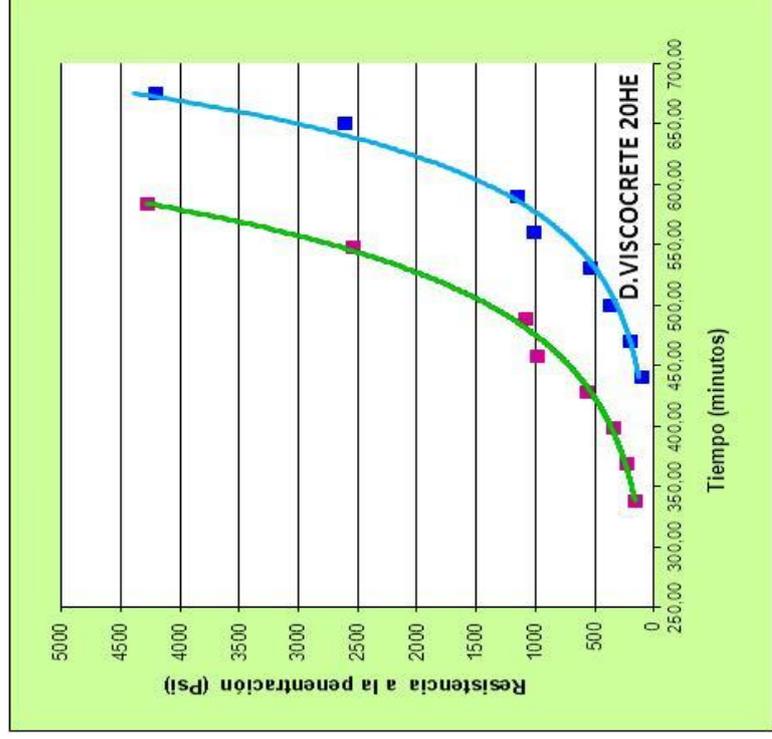
D. VISCOCRETE 20 HE	
FRAGUA INICIAL (500 PSI)	08:27:30
FRAGUA FINAL (4000 PSI)	10:33:00

DIFERENCIA DE TIEMPO	
INICIAL	01:35:00
FINAL	01:14:30



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TIEMPO DE FRAGUADO
 D.PATRÓN vs. D.VISCOCRETE 20HE
 350 Kg. CEMENTO



D. PATRÓN	
FRAGUA INICIAL (500 PSI)	07:00:00
FRAGUA FINAL (4000 PSI)	09:34:00

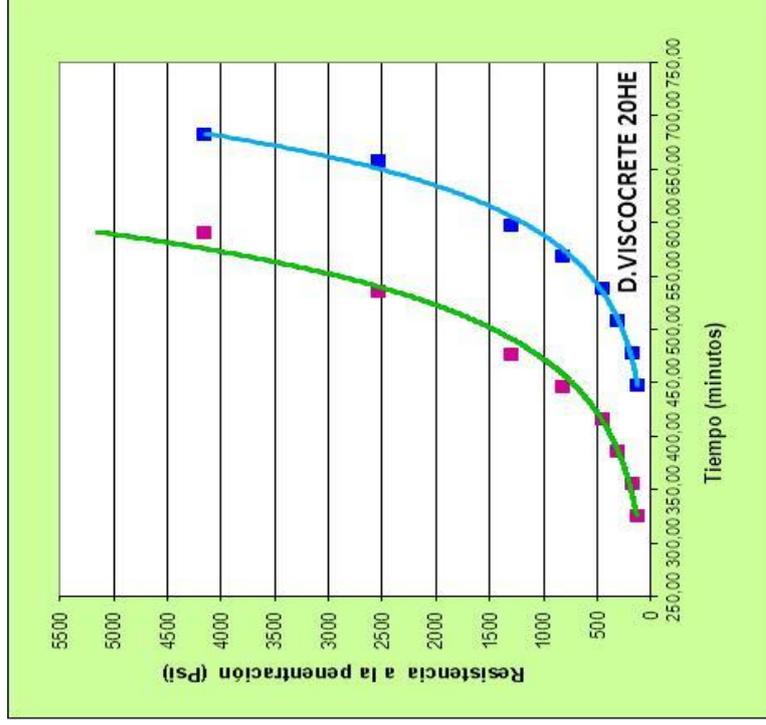
D. VISCOCRETE 20 HE	
FRAGUA INICIAL (500 PSI)	08:51:00
FRAGUA FINAL (4000 PSI)	11:10:00

DIFERENCIA DE TIEMPO	
INICIAL	01:51:00
FINAL	01:36:00

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



TIEMPO DE FRAGUADO
 D.PATRÓN vs. D.VISCOCRETE 20HE
 325 Kg. CEMENTO



D.PATRÓN	
FRAGUA INICIAL (500 PSI)	07:03:00
FRAGUA FINAL (4000 PSI)	09:00:00

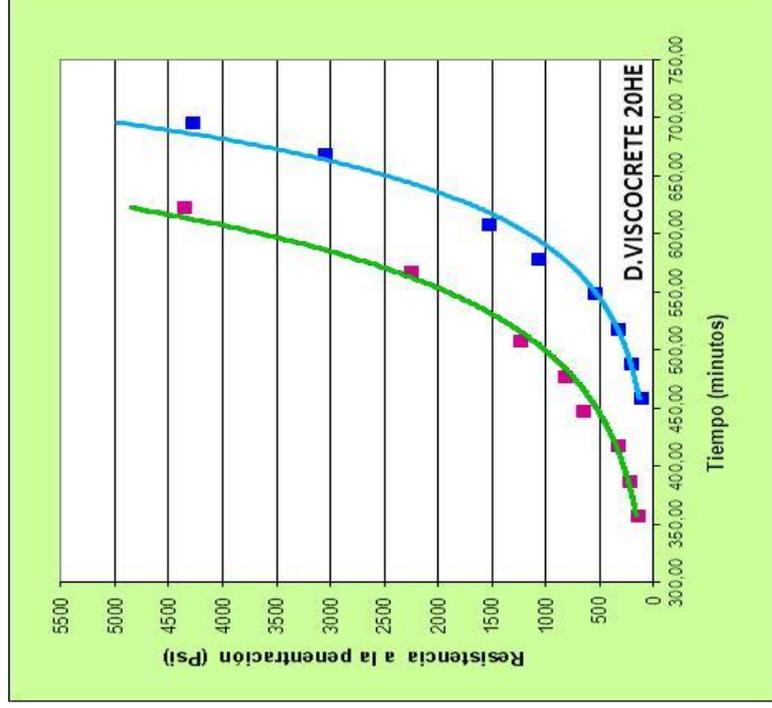
D.VISCOCRETE 20 HE	
FRAGUA INICIAL (500 PSI)	09:32:30
FRAGUA FINAL (4000 PSI)	11:12:30

DIFERENCIA DE TIEMPO	
INICIAL	01:57:00
FINAL	01:40:00



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TIEMPO DE FRAGUADO
 D.PATRÓN vs. D.VISCOCRETE 20HE
 300 Kg. CEMENTO



D.PATRÓN	
FRAGUA INICIAL (500 PSI)	07:25:00
FRAGUA FINAL (4000 PSI)	10:05:30

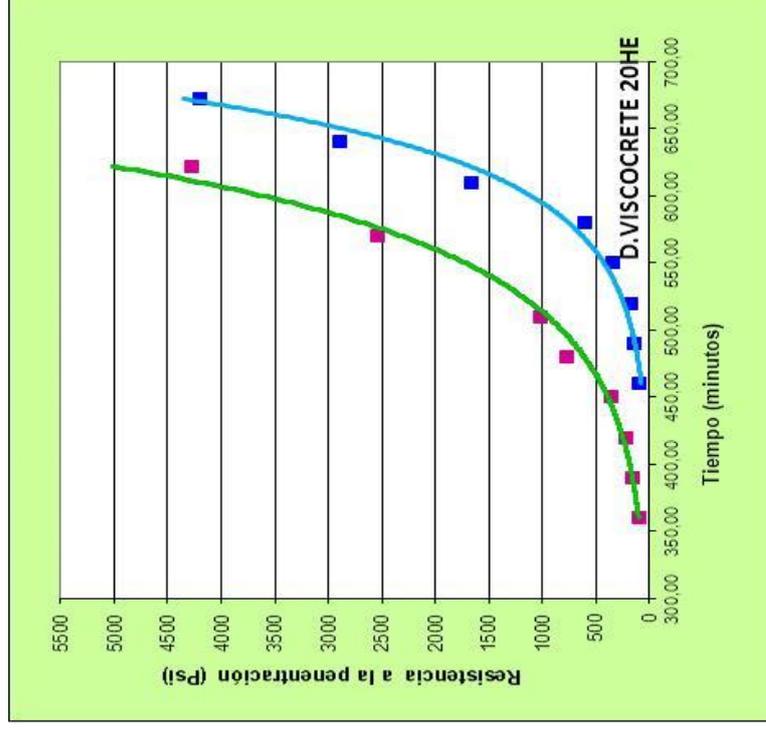
D.VISCOCRETE 20 HE	
FRAGUA INICIAL (500 PSI)	09:03:30
FRAGUA FINAL (4000 PSI)	11:18:00

DIFERENCIA DE TIEMPO	
INICIAL	01:38:30
FINAL	01:12:30



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TIEMPO DE FRAGUADO
 D.PATRÓN vs. D.VISCOCRETE 20HE
 275 Kg. CEMENTO



D.PATRÓN	
FRAGUA INICIAL (500 PSI)	07:45:00
FRAGUA FINAL (4000 PSI)	10:07:00

D.VISCOCRETE 20HE	
FRAGUA INICIAL (500 PSI)	09:19:00
FRAGUA FINAL (4000 PSI)	11:08:30

DIFERENCIA DE TIEMPO	
INICIAL	01:34:00
FINAL	01:01:30

5.3 MUESTREO DE PROBETAS

5.3.1 PROBETAS CILÍNDRICAS DE 6" x 12". Según norma NTP 339.033.

Preparación de molde. El molde con su base deben presentar un aspecto limpio y su superficie interior debe estar cuidadosamente aceitada.

PROCEDIMIENTO

La elaboración de la probeta debe comenzar no más tarde de diez minutos después del muestreo y en una zona libre de vibraciones.

El llenado de la probeta se efectuará evitando la segregación y vertiendo el concreto (hormigón) con la cuchara, la que se moverá alrededor del borde superior del cilindro.

Previo al llenado del molde se realiza la homogenización de la muestra contenida en el recipiente mediante un batido del concreto (hormigón), se llena inmediatamente el molde hasta un tercio de su altura, compactado a continuación de manera enérgica con la barra mediante 25 golpes verticales, uniformemente repartidos en forma de espiral, comenzando por el borde y terminando en el centro. El proceso se repite en las dos capas siguientes, de manera que la barra penetre hasta la capa precedente no más de 1 pulg. En la última, se coloca

material en exceso, para enrasar a tope con el borde superior del molde, sin agregar material.

Después de consolidar cada capa, se procederá a golpear ligeramente las paredes del molde, utilizando la barra compactadora y el martillo de goma, para eliminar los vacíos que pudieran haber quedado.

5.3.2 PROBETAS PRISMÁTICAS. Según norma 339.045.

Establece el procedimiento para moldear y curar, en el laboratorio, las probetas de concreto (hormigón) destinadas a la realización de ensayos de flexión.

Los moldes utilizados fueron de 6" x 6" (15 x 15 cm) de sección transversal y de 50 cm de longitud. Dichos moldes deben presentar un aspecto limpio y su superficie interior debe estar cuidadosamente aceitada.

La elaboración de la probeta prismática se inicia con la homogenización de la muestra, se llena el molde en una primera capa, compactado con la barra de 5/8" mediante 54 golpes. El proceso se repite en la capa siguiente, de manera que la barra penetre hasta la capa precedente no más de 1 pulg. En la última, se coloca material en exceso, para enrasar a tope con el borde superior del molde, sin agregar material.

Después de consolidar cada capa, se procederá a golpear ligeramente las paredes del molde, utilizando la barra compactadora y el martillo de goma, para eliminar los vacíos que pudieran haber quedado, como en el muestreo de las probetas cilíndricas.

5.3.3 CURADO DE PROBETAS

Las probetas hechas con el fin de juzgar la calidad y uniformidad del concreto (hormigón), se desmoldan al cabo de $20 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ después de moldeadas.

Inmediatamente después, las probetas se estacionan en una solución saturada de agua con cal, la saturación se puede obtener incorporando tentativamente 2 g de cal hidratada por litro de agua, no debiendo estar en ningún momento expuestas al goteo y a la acción del agua en movimiento.



5.4 ENSAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO

5.4.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Según norma NTP 339.034, la cual establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas.

MUESTRAS

Probetas

Las probetas de ensayo deben cumplir en cuanto a dimensiones, preparación y curado con las normas NTP 339.033 y NTP 339.034, según se trate de probetas de obra o de laboratorio, respectivamente.

PROCEDIMIENTO

Colocación de Probeta

Antes de iniciar cada ensayo, se limpian cuidadosamente las superficies planas de contacto de los bloques superior e inferior de la maquina y también ambas bases de cada probeta.

Se coloca la probeta el bloque inferior de apoyo, y se centra sobre la superficie del mismo, tratando que la probeta quede centrada con el bloque superior.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA
 COMPRESIÓN DISEÑO
 PATRÓN

ATLAS TIPO IP - 275 Kg/m³

R Af/Ag: 60/40%		R a/c: 0,87			Agua: 240 L.		
MUESTRA	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	45 Día	60 Día
P1	28	58	72	104	128	130	135
P2	29	59	88	104	126	126	125
P3	28	61	87	94	125	128	131
PROMEDIO	28	59	82	100	126	128	130
PORCENTAJE	22%	47%	65%	80%	100%	101%	103%

ATLAS TIPO IP - 300 Kg/m³

R Af/Ag: 60/40%		R a/c: 0,80			Agua: 240 L.		
MUESTRA	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	45 Día	60 Día
P1	38	75	105	128	134	164	155
P2	38	80	94	136	159	167	173
P3	37	80	102	124	156	170	178
PROMEDIO	37	78	100	129	150	167	169
PORCENTAJE	25%	52%	67%	86%	100%	112%	113%

ATLAS TIPO IP - 325 Kg/m³

R Af/Ag: 60/40%		R a/c: 0,72			Agua: 235 L.		
MUESTRA	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	45 Día	60 Día
P1	48	101	115	161	185	220	221
P2	48	102	134	164	207	214	215
P3	44	93	128	157	185	218	225
PROMEDIO	47	99	125	161	192	217	220
PORCENTAJE	24%	51%	65%	84%	100%	113%	115%



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DISEÑO
PATRÓN

ATLAS TIPO IP - 350 Kg/m³

R Af/Ag: 60/40%		Ra/c: 0,67			Agua: 235 L.		
MUESTRA	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	45 Día	60 Día
P1	71	123	135	181	215	233	232
P2	74	122	157	159	205	224	238
P3	68	131	156	179	220	230	240
PROMEDIO	71	125	149	173	213	229	236
PORCENTAJE	33%	59%	70%	81%	100%	107%	111%

ATLAS TIPO IP - 375 Kg/m³

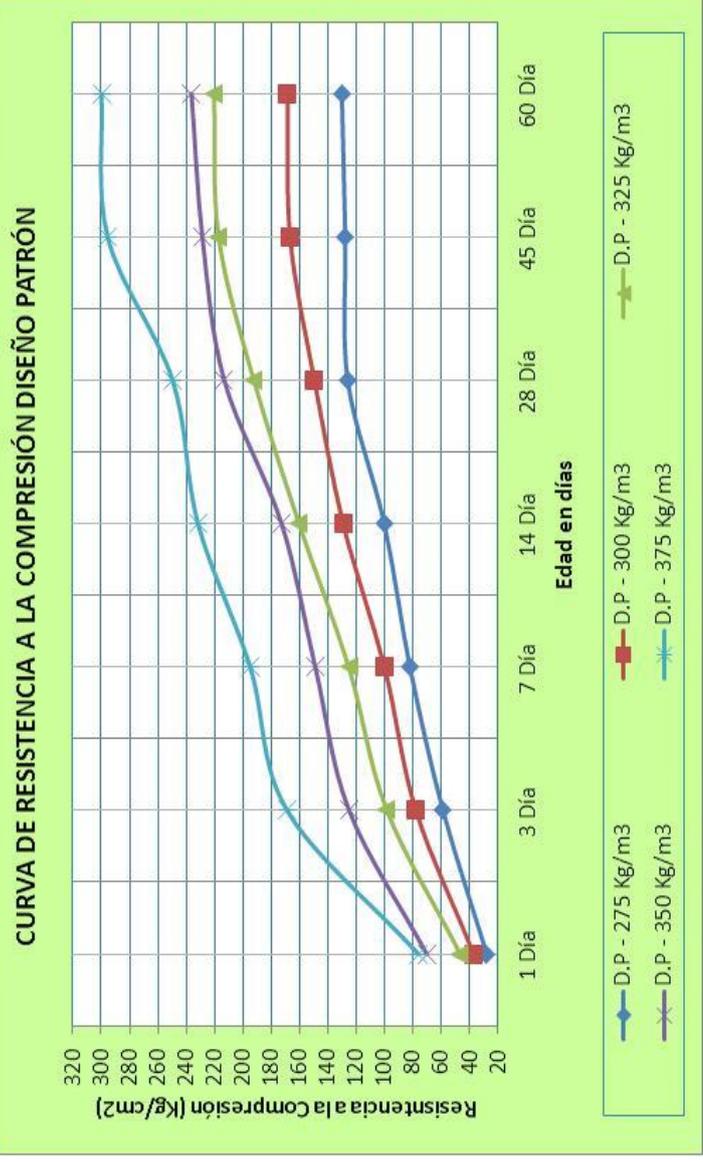
R Af/Ag: 60/40%		Ra/c: 0,63			Agua: 235 L.		
MUESTRA	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	45 Día	60 Día
P1	77	163	195	237	255	297	304
P2	77	175	190	239	246	291	296
P3	76	170	200	220	248	298	300
PROMEDIO	77	169	195	232	250	296	300
PORCENTAJE	31%	68%	78%	93%	100%	118%	120%



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA
 COMPRESIÓN DISEÑO
 PATRÓN

CANT. DE CEMENTO (kg)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)									
	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	45 Día	60 Día			
275	28	59	82	100	126	128	130			
300	37	78	100	129	150	167	169			
325	47	99	125	161	192	217	220			
350	71	125	149	173	213	229	236			
375	77	169	195	232	250	296	300			





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA
 COMPRESIÓN DISEÑO
 VISCOCRETE 20 HE

ATLAS TIPO IP - 275 Kg/m³ - 8 cc V.20 HE

4.5cc TM 12 + 2.5cc Stabilizer 100		R Af/Ag: 60/40%			R a/c: 0,73			Agua: 200 L.	
MUESTRA	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	45 Día	60 Día		
P1	37	156	212	242	282	300	306		
P2	62	153	204	234	277	299	312		
P3	60	134	200	241	283	314	310		
PROMEDIO	53	148	205	239	281	304	309		
PORCENTAJE	19%	53%	73%	85%	100%	108%	110%		

ATLAS TIPO IP - 300 Kg/m³ - 8 cc V.20 HE

4.5cc TM 12 + 3cc Stabilizer 100		R Af/Ag: 60/40%			R a/c: 0,67			Agua: 200 L.	
MUESTRA	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	45 Día	60 Día		
P1	81	180	228	255	287	321	346		
P2	89	178	220	242	293	311	340		
P3	83	178	237	259	296	323	353		
PROMEDIO	85	179	229	252	292	318	346		
PORCENTAJE	29%	61%	78%	86%	100%	109%	119%		

ATLAS TIPO IP - 325 Kg/m³ - 8 cc V.20 HE

4.0cc TM 12 + 3cc Stabilizer 100		R Af/Ag: 60/40%			R a/c: 0,60			Agua: 195 L.	
MUESTRA	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	45 Día	60 Día		
P1	99	207	241	276	357	377	406		
P2	103	211	239	303	326	392	384		
P3	102	226	267	282	331	373	396		
PROMEDIO	101	215	249	287	338	381	396		
PORCENTAJE	30%	63%	74%	85%	100%	113%	117%		



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DISEÑO
VISCOCRETE 20 HE

ATLAS TIPO IP - 350 Kg/m³ - 8 cc V.20 HE

4cc TM 12 + 3.5cc Stabilizer 100		R Af/Ag: 60/40%			R a/c: 0,56			Agua: 195 L.	
MUESTRA	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	45 Día	60 Día		
P1	130	251	293	322	370	438	433		
P2	137	242	297	323	376	394	416		
P3	130	247	290	325	379	408	447		
PROMEDIO	133	247	293	323	375	413	432		
PORCENTAJE	35%	66%	78%	86%	100%	110%	115%		

ATLAS TIPO IP - 375 Kg/m³ - 8 cc V.20 HE

4cc TM 12 + 3.5cc Stabilizer 100		R Af/Ag: 60/40%			R a/c: 0,52			Agua: 195 L.	
MUESTRA	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	45 Día	60 Día		
P1	168	290	336	371	439	482	494		
P2	169	287	335	390	418	465	525		
P3	165	276	354	385	440	471	501		
PROMEDIO	167	284	342	382	432	473	507		
PORCENTAJE	39%	66%	79%	88%	100%	109%	117%		

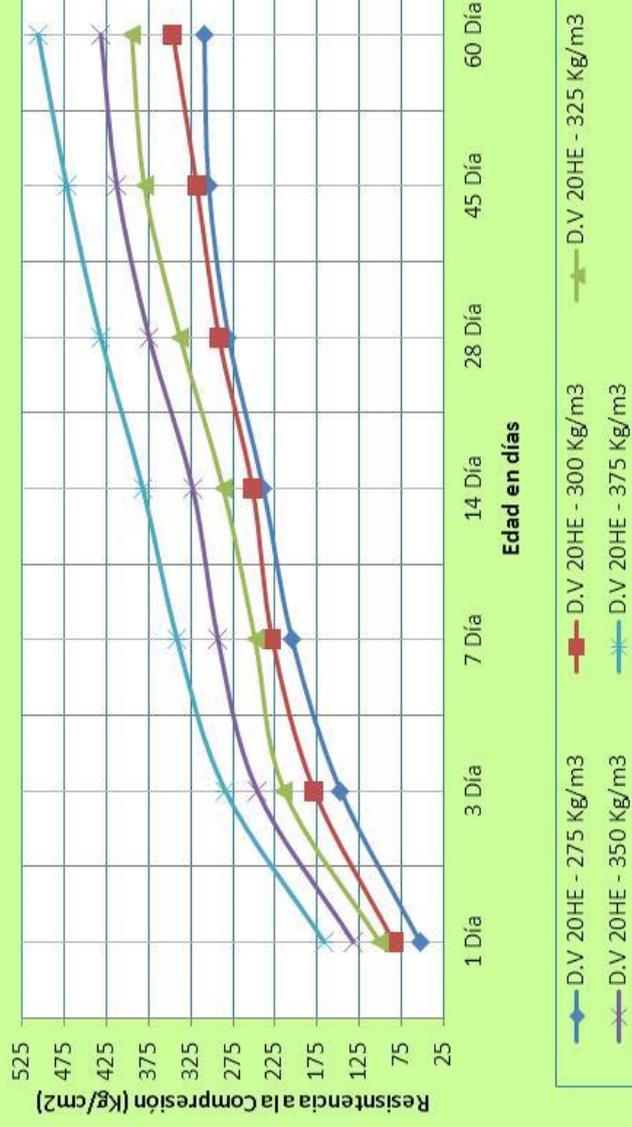


UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA
 COMPRESIÓN DISEÑO
 VISCOCRETE 20 HE

CANT. DE CEMENTO (kg)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)					
	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	60 Día
275	53	148	205	239	281	309
300	85	179	229	252	292	346
325	101	215	249	287	338	396
350	133	247	293	323	375	432
375	167	284	342	382	432	507

CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO VISCOCRETE 20 HE





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA
 COMPRESIÓN D. PATRÓN vs.
 DISEÑO VISCOCRETE 20 HE

CANT. DE CEMENTO (Kg)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)					
	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	60 Día
D.P - 275	28	59	82	100	126	130
D. V 20 HE - 275	53	148	205	239	281	309

CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN D.PATRÓN vs. D.VISCOCRETE 20HE



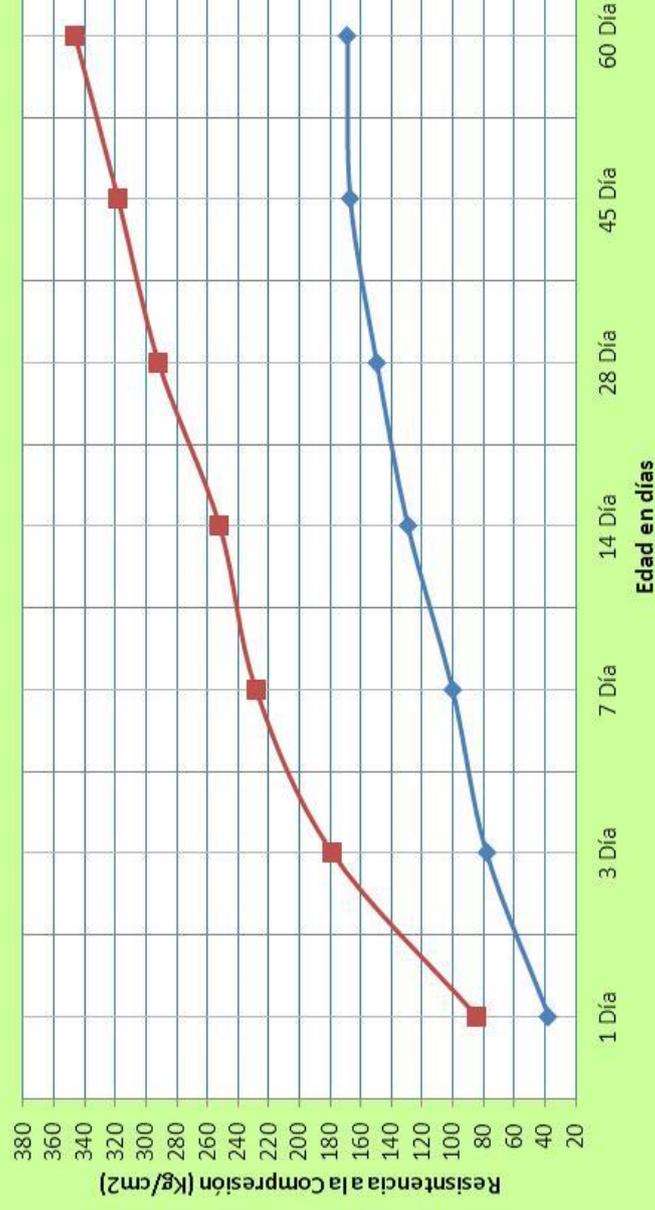


UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN D. PATRÓN vs.
DISEÑO VISCOCRETE 20 HE

CANT. DE CEMENTO (Kg)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)						
	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	45 Día	60 Día
D.P - 300	37	78	100	129	150	167	169
D. V 20 HE - 300	85	179	229	252	292	318	346

CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN D.PATRÓN vs. D.VISCOCRETE 20HE



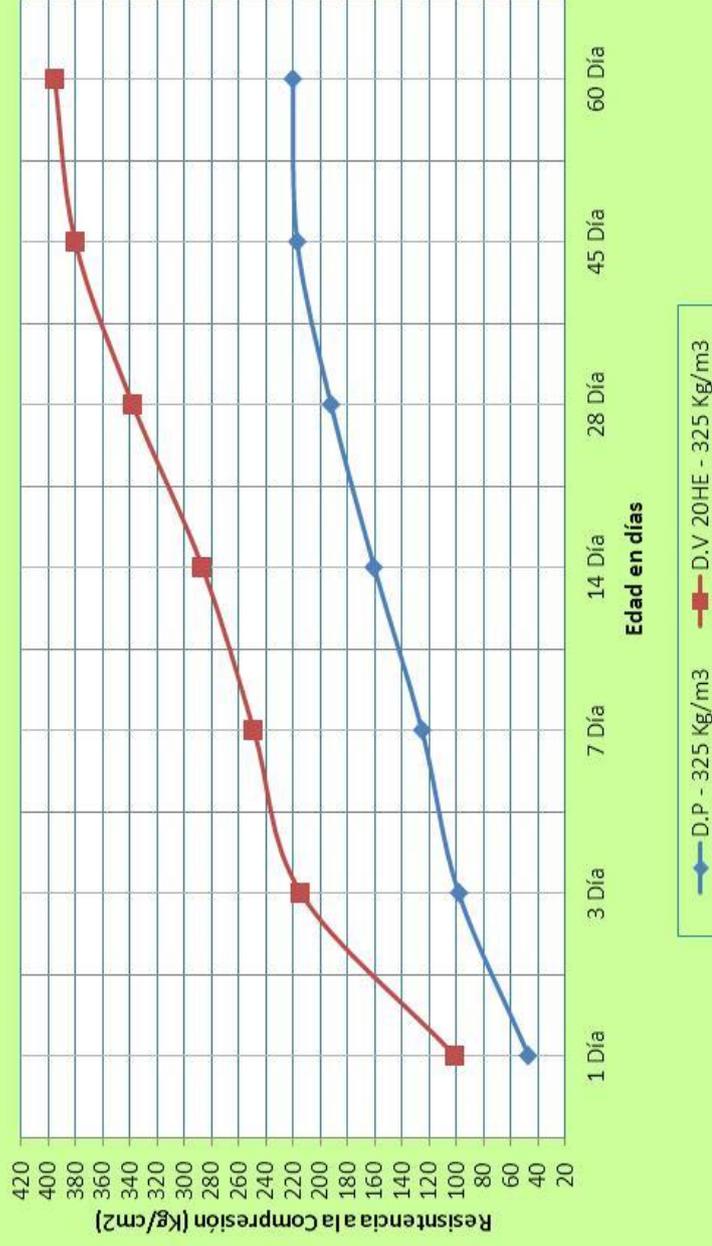


UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA
 COMPRESIÓN D. PATRÓN vs.
 DISEÑO VISCOCRETE 20 HE

CANT. DE CEMENTO (Kg)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)					
	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	60 Día
D.P - 325	47	99	125	161	192	220
D. V 20 HE - 325	101	215	249	287	338	396

CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN D. PATRÓN vs. D. VISCOCRETE 20HE





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA
 COMPRESIÓN D. PATRÓN vs.
 DISEÑO VISCOCRETE 20 HE

CANT. DE CEMENTO (Kg)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)					
	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	60 Día
D.P - 350	71	125	149	173	213	236
D. V 20 HE - 350	133	247	293	323	375	432



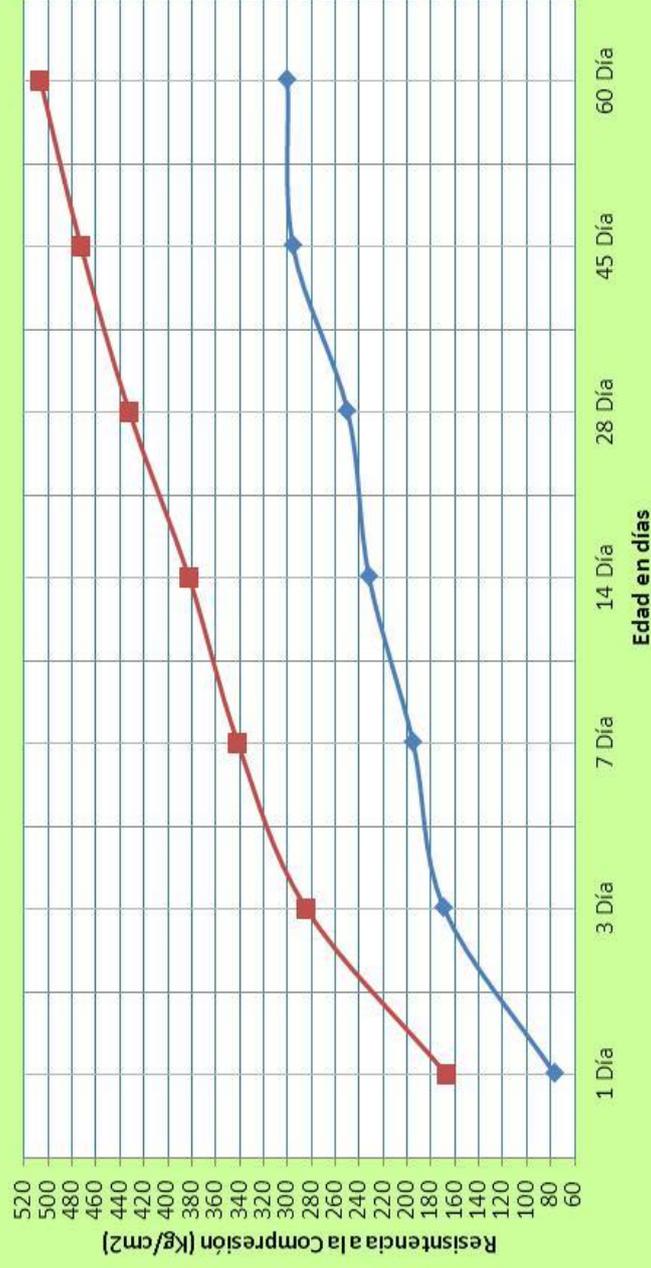


UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN D. PATRÓN vs.
DISEÑO VISCOCRETE 20 HE

CANT. DE CEMENTO (Kg)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)					
	1 Día	3 Día	7 Día	14 Día	28 Día	60 Día
D.P - 375	77	169	195	232	250	300
D. V 20 HE - 375	167	284	342	382	432	507

CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN D. PATRÓN vs. D. VISCOCRETE 20HE

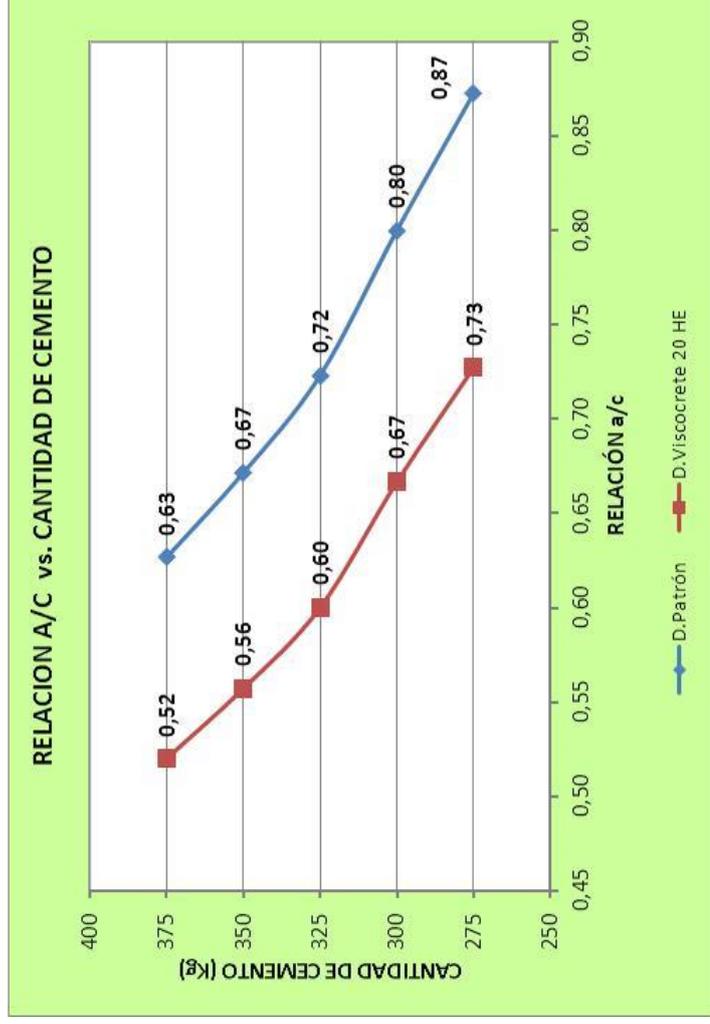




UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN A/ C vs.
CANTIDAD DE CEMENTO

CANT. DE CEMENTO (Kg)	Relación a/c	
	D.PATRÓN	D.VISCOCRETE 20 HE
275	0,87	0,73
300	0,80	0,67
325	0,72	0,60
350	0,67	0,56
375	0,63	0,52



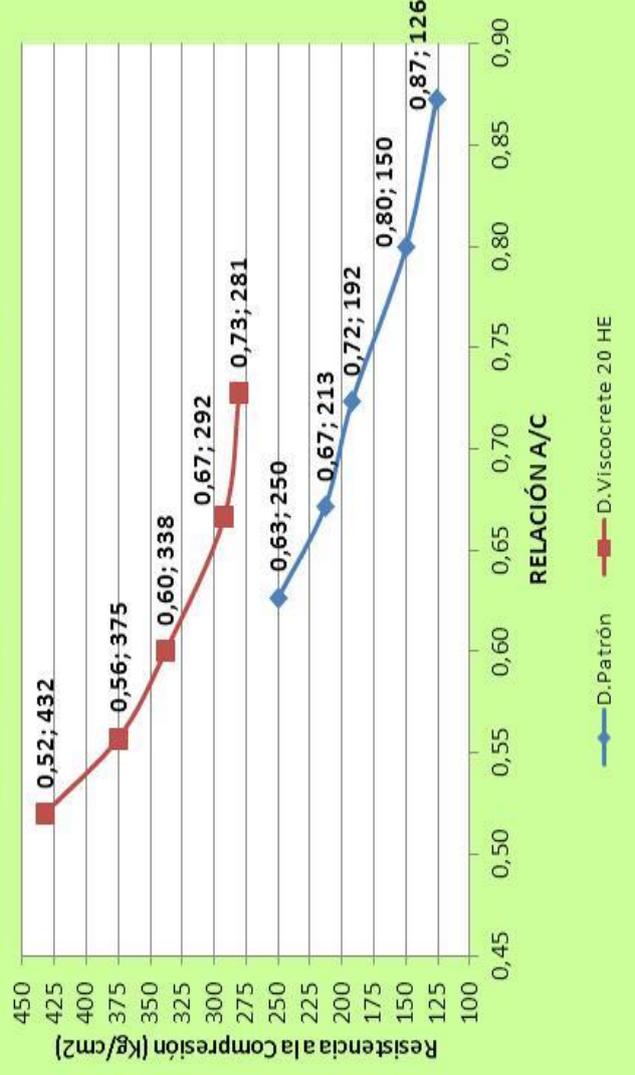


UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA vs.
 RELACIÓN A/ C

CANT. DE CEMENTO (Kg)	D.PATRÓN		D.VISCOCRETE 20 HE	
	Relación a/c	Resistencia 28 día	Relación a/c	Resistencia 28 día
275	0,87	126	0,73	281
300	0,80	150	0,67	292
325	0,72	192	0,60	338
350	0,67	213	0,56	375
375	0,63	250	0,52	432

RESISTENCIAS vs. RELACIÓN a/c

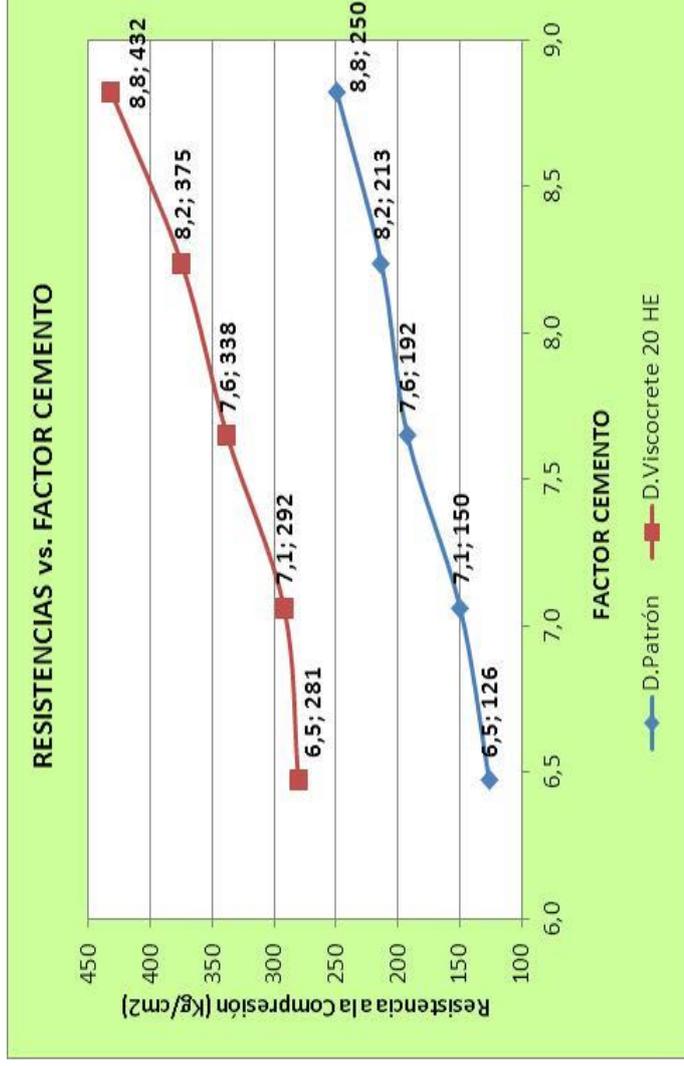




UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA vs. FACTOR
 CEMENTO

CANT. DE CEMENTO (kg)	D. PATRÓN		D. VISCOCRETE 20 HE	
	F. CEMENTO	Resistencia 28 día	F. CEMENTO	Resistencia 28 día
275	6,5	126	6,5	281
300	7,1	150	7,1	292
325	7,6	192	7,6	338
350	8,2	213	8,2	375
375	8,8	250	8,8	432



5.4.2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (hormigón), es decir, la medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto (hormigón) de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en Kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio).

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

Los ensayos de resistencia a la flexión es usada como control de calidad del concreto (hormigón) en pistas con frecuencia.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
 DISEÑO PATRÓN

ATLAS TIPO IP - 275 Kg/m³

R Af/Ag: 60/40%		Ra/c: 0,87			Agua: 240 L.	
MUESTRA	EDAD (día)	Ancho (cm)	Peralte (cm)	Largo (cm)	Carga (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)
V1	7	15,60	15,20	45	16	20
V2		15,40	15,40	45	17	21
V1	28	15,40	15,20	45	21	27
V2		15,50	15,30	45	24	30
V1	45	15,50	15,30	45	29	37
V2		15,40	15,30	45	29	37

ATLAS TIPO IP - 300 Kg/m³

R Af/Ag: 60/40%		Ra/c: 0,80			Agua: 240 L.	
MUESTRA	EDAD (día)	Ancho (cm)	Peralte (cm)	Largo (cm)	Carga (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)
V1	7	15,60	15,30	45	19	24
V2		15,40	15,30	45	19	24
V1	28	15,40	15,20	45	26	34
V2		15,50	15,20	45	26	33
V1	45	15,50	15,20	45	28	36
V2		15,40	15,20	45	35	45

ATLAS TIPO IP - 325 Kg/m³

R Af/Ag: 60/40%		Ra/c: 0,72			Agua: 235 L.	
MUESTRA	EDAD (día)	Ancho (cm)	Peralte (cm)	Largo (cm)	Carga (KN)	Resistencia (Kg/cm ²)
V1	7	15,30	15,30	45	20	26
V2		15,30	15,20	45	17	21
V1	28	15,50	15,20	45	31	40
V2		15,30	15,30	45	28	36
V1	45	15,50	15,20	45	34	44
V2		15,20	15,30	45	34	44



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
 DISEÑO PATRÓN

ATLAS TIPO IP - 350 Kg/m³

R Af/Ag: 60/40%		R a/c: 0,67			Agua: 235 L.		
MUESTRA	EDAD (día)	Ancho (cm)	Peralte (cm)	Largo (cm)	Carga (KN)	Carga Max.(Kg)	Resistencia (kg/cm ²)
V1	7	15,50	15,30	45	23	2345	29
		15,50	15,30	45	25	2548	32
V1	28	15,60	15,30	45	26	2650	33
		15,50	15,30	45	29	2956	37
V2	45	15,50	15,30	45	40	4077	51
		15,50	15,30	45	38	3823	47

ATLAS TIPO IP - 375 Kg/m³

R Af/Ag: 60/40%		R a/c: 0,63			Agua: 235 L.		
MUESTRA	EDAD (día)	Ancho (cm)	Peralte (cm)	Largo (cm)	Carga (KN)	Carga Max.(Kg)	Resistencia (kg/cm ²)
V1	7	15,50	15,30	45	29	2956	37
		15,50	15,50	45	27	2701	33
V1	28	15,70	15,30	45	36	3670	45
		15,50	15,30	45	41	4179	52
V2	45	15,40	15,30	45	41	4179	52
		15,60	15,30	45	43	4383	54



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
 DISEÑO VISCOCRETE 20 HE

ATLAS TIPO IP - 275 Kg/m³ - 8 cc V. 20 HE

4.5cc TM 12 + 2.5cc Stabilizer 100		R Af/Ag: 60/40%		R a/c: 0,73		Agua: 200 L.	
MUESTRA	EDAD (día)	Ancho (cm)	Peralte (cm)	Largo (cm)	Carga (KN)	Carga Max. (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
V1	7	15,40	15,20	45	28	2854	36
V2		15,60	15,30	45	24	2446	30
V1	28	15,40	15,20	45	29	2956	37
V2		15,50	15,20	45	29	2956	37
V1	45	15,40	15,30	45	42	4281	53
V2		15,50	15,20	45	38	3874	49

ATLAS TIPO IP - 300 Kg/m³ - 8 cc V. 20 HE

4.5cc TM 12 + 3cc Stabilizer 100		R Af/Ag: 60/40%		R a/c: 0,67		Agua: 200 L.	
MUESTRA	EDAD (día)	Ancho (cm)	Peralte (cm)	Largo (cm)	Carga (KN)	Carga Max. (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
V1	7	15,40	15,30	45	26	2650	33
V2		15,40	15,20	45	23	2345	30
V1	28	15,40	15,30	45	36	3670	46
V2		15,40	15,20	45	32	3262	41
V1	45	15,40	15,30	45	40	4077	51
V2		15,30	15,20	45	35	3568	45

ATLAS TIPO IP - 325 Kg/m³ - 8 cc V. 20 HE

4.0cc TM 12 + 3cc Stabilizer 100		R Af/Ag: 60/40%		R a/c: 0,60		Agua: 195 L.	
MUESTRA	EDAD (día)	Ancho (cm)	Peralte (cm)	Largo (cm)	Carga (KN)	Carga Max. (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
V1	7	15,50	15,20	45	24	2446	31
V2		15,50	15,20	45	25	2548	32
V1	28	15,50	15,20	45	46	4689	59
V2		15,50	15,20	45	32	3262	41
V1	45	15,40	15,20	45	39	3976	50
V2		15,30	15,20	45	45	4587	58



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
 DISEÑO VISCOCRETE 20 HE

ATLAS TIPO IP - 350 Kg/m³ - 8 cc V.20 HE

4cc TM 12 + 3.5cc Stabilizer 100		R Af/Ag: 60/40%	R a/c: 0,56	Agua: 195 L.			
MUESTRA	EDAD (día)	Ancho (cm)	Peralte (cm)	Largo (cm)	Carga (KN)	Carga Max.(Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
V1	7	15,50	15,30	45	34	3466	43
V2		15,50	15,30	45	28	2854	35
V1	28	15,40	15,30	45	34	3466	43
V2		15,30	15,30	45	44	4485	56
V1	45	15,40	15,30	45	51	5199	65
V2		15,50	15,30	45	57	5810	72

ATLAS TIPO IP - 375 Kg/m³ - 8 cc V.20 HE

4.5cc TM 12 + 3.5cc Stabilizer 100		R Af/Ag: 60/40%	R a/c: 0,52	Agua: 195 L.			
MUESTRA	EDAD (día)	Ancho (cm)	Peralte (cm)	Largo (cm)	Carga (KN)	Carga Max.(Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
V1	7	15,40	15,20	45	31	3160	40
V2		15,60	15,20	45	28	2803	35
V1	28	15,30	15,20	45	40	4077	52
V2		15,40	15,30	45	36	3670	46
V1	45	15,30	15,30	45	48	4893	61
V2		15,30	15,30	45	44	4485	56



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
 % DE INCIDENCIA DE LA
 RESISTENCIA A LA
 COMPRESIÓN

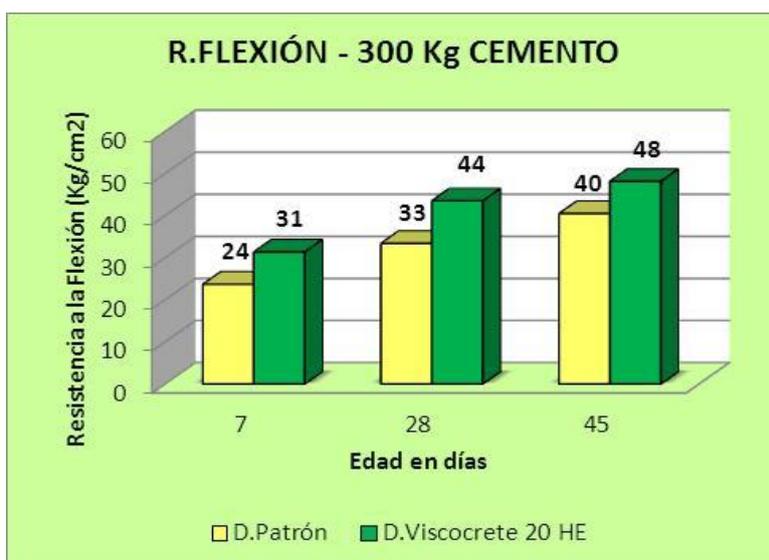
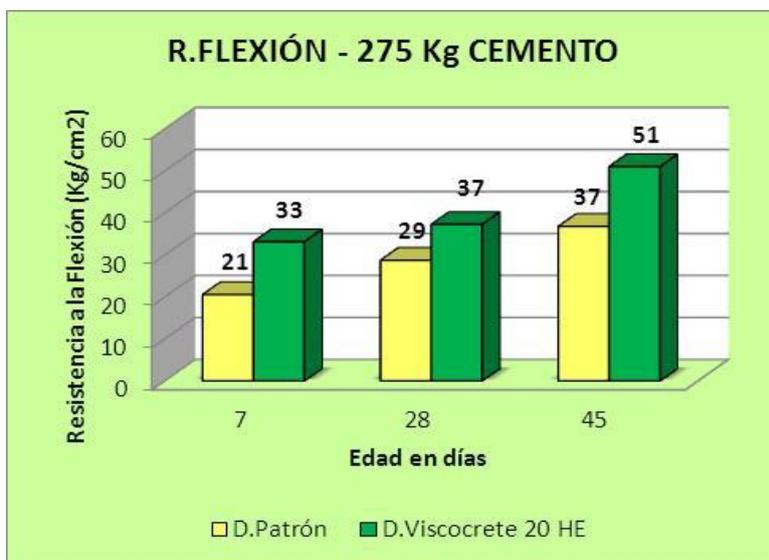
DISEÑO PATRÓN									
EDAD	7 Día			28 Día			45 Día		
	R.FLEXIÓN (Kg/cm2)	R.COMPRESIÓN (Kg/cm2)	% DE INCIDENCIA	R.FLEXIÓN (Kg/cm2)	R.COMPRESIÓN (Kg/cm2)	% DE INCIDENCIA	R.FLEXIÓN (Kg/cm2)	R.COMPRESIÓN (Kg/cm2)	% DE INCIDENCIA
275	21	82	25	29	126	23	37	128	29
300	24	100	24	33	150	22	40	167	24
325	24	125	19	38	192	20	44	217	20
350	30	149	20	35	213	16	49	229	21
375	35	195	18	48	250	19	53	296	18

DISEÑO VISCOCRETE 20 HE									
EDAD	7 Día			28 Día			45 Día		
	R.FLEXIÓN (Kg/cm2)	R.COMPRESIÓN (Kg/cm2)	% DE INCIDENCIA	R.FLEXIÓN (Kg/cm2)	R.COMPRESIÓN (Kg/cm2)	% DE INCIDENCIA	R.FLEXIÓN (Kg/cm2)	R.COMPRESIÓN (Kg/cm2)	% DE INCIDENCIA
275	33	205	16	37	281	13	51	304	17
300	31	229	14	44	292	15	48	318	15
325	31	249	13	50	338	15	54	381	14
350	39	293	13	50	375	13	68	413	17
375	37	342	11	49	432	11	59	473	12



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

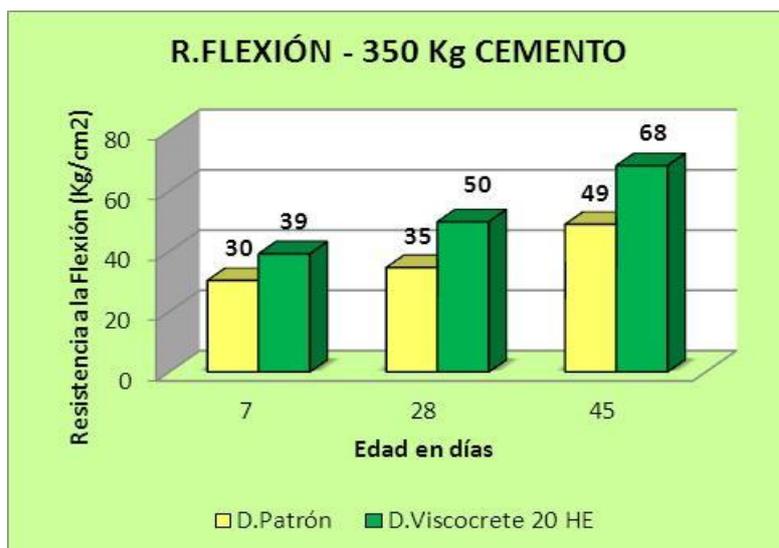
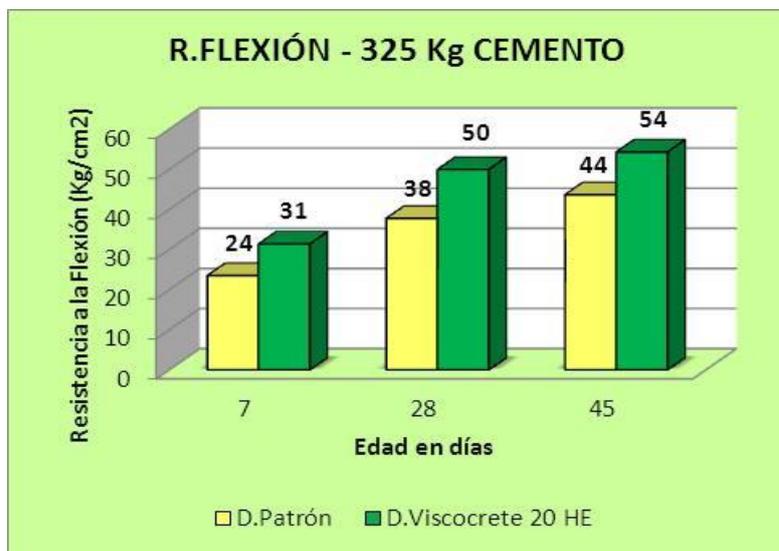
COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - D.Patrón vs. D.Viscocrete 20 HE





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

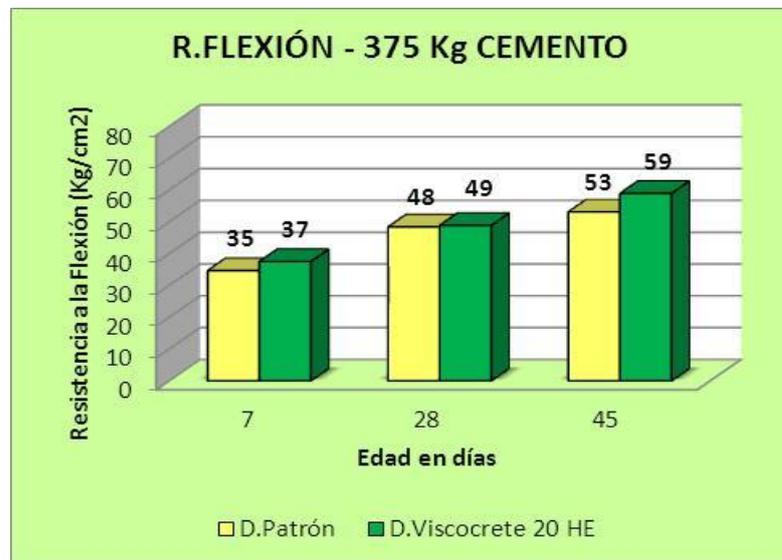
COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - D.Patrón vs. D.Viscocrete 20 HE





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COMPARACIÓN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - D.Patrón vs. D.Viscocrete 20 HE



Es el método de prueba para la determinación del Módulo de Elasticidad Estático Secante (Módulo de Young) y de la relación de Poisson en especímenes cilíndricos de concreto (hormigón), cuando se someten a esfuerzos de compresión longitudinal.

El módulo de elasticidad, es la relación que existe entre el esfuerzo y la deformación unitaria axial al estar sometido el concreto (hormigón) a esfuerzos de compresión dentro del comportamiento elástico. Es la pendiente de la secante definida por dos puntos de la curva del esfuerzo-deformación, dentro de esta zona elástica.

La Relación de Poisson, es la relación entre las deformaciones transversal y longitudinal al estar sometido el concreto (hormigón) a esfuerzos de compresión dentro del comportamiento elástico.

El instrumento que se utiliza para medir las deformaciones es un compresómetro o extensómetro, consta de dos especies de anillos, uno de los cuales está rígidamente sujeto al espécimen (A) y otro sujeto por dos puntos diametralmente opuestos, libres de rotación. En la circunferencia del anillo de rotación, en la mitad entre los dos puntos de soporte, hay una varilla pivote, que será usada para mantener la distancia constante entre los dos anillos.

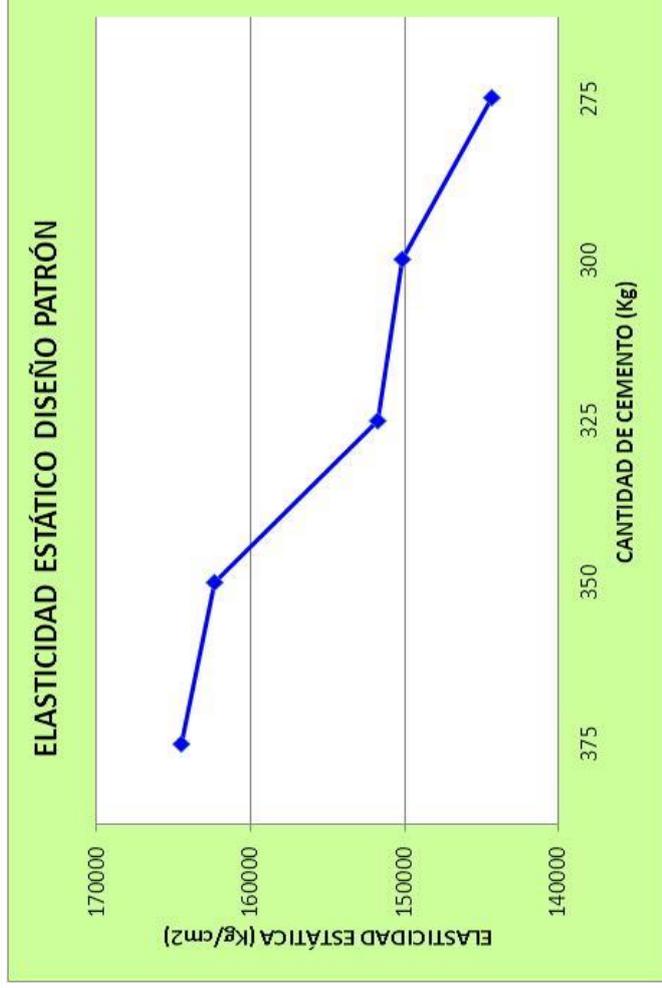


UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO
DISEÑO PATRÓN

SEGÚN NORMA ASTM C 469

CANT. CEMENTO (kg)	DISEÑO PATRÓN			
	R a/c	PROPORCIÓN AGREGADOS	RESISTENCIA (kg/cm ²)	ELASTICIDAD ESTÁTICO (kg/cm ²)
375	0,72	60% A.F 40% A.G	271	164536
350	0,62	60% A.F 40% A.G	218	162322
325	0,61	60% A.F 40% A.G	197	151739
300	0,53	60% A.F 40% A.G	159	150145
275	0,46	60% A.F 40% A.G	126	144377



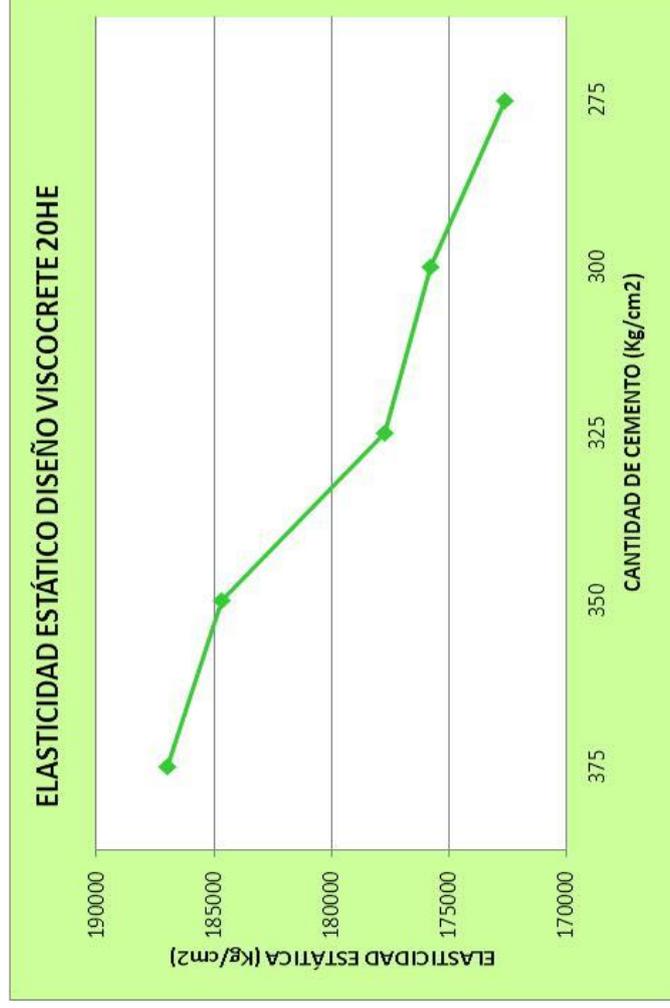


UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO
DISEÑO VISCOCRETE 20 HE

SEGÚN NORMA ASTM C 469

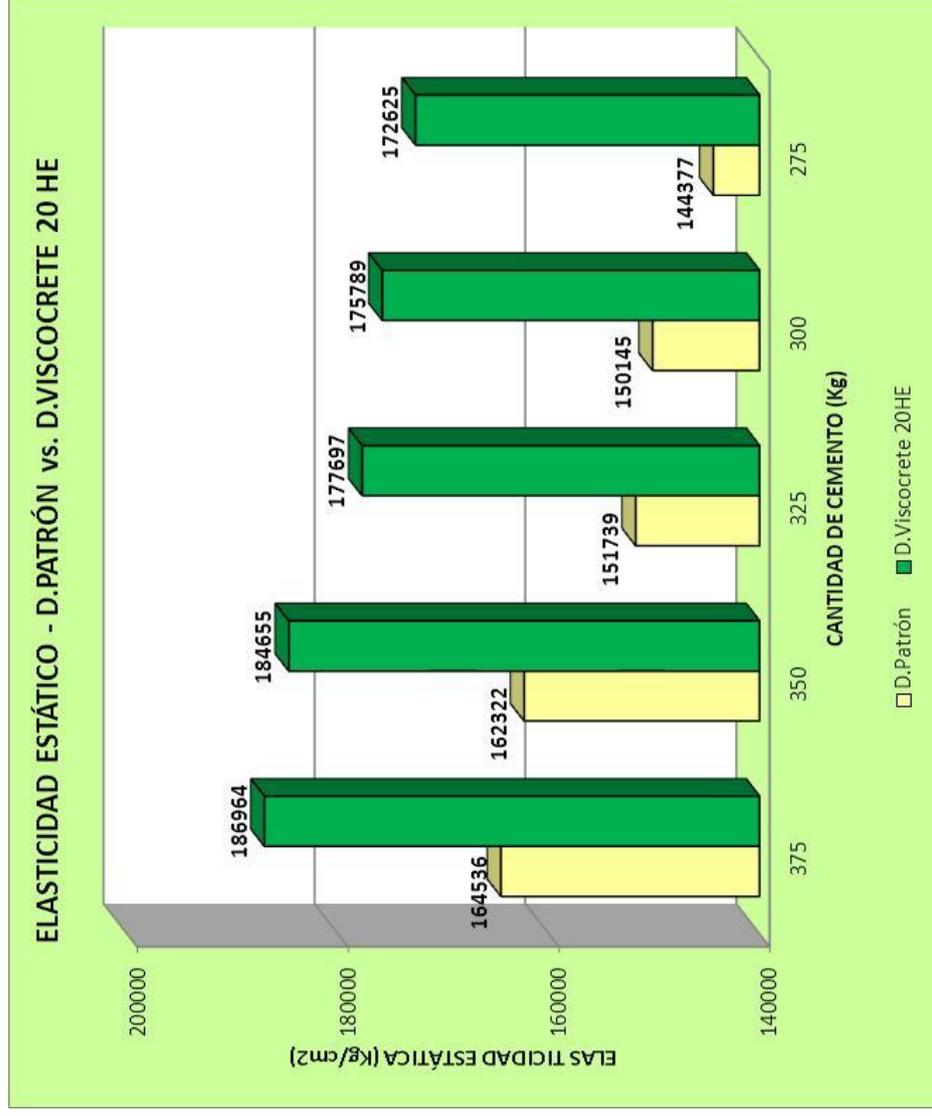
CANT. CEMENTO (Kg)	DISEÑO 8 cc. VISCOCRETE 20 HE				
	R a/c	PROPORCIÓN ADITIVOS	MICROSÍLICE (%)	RESISTENCIA (Kg/cm)	ELASTICIDAD ESTÁTICA (Kg/cm ²)
375	0,01	4.5cc TM12 + 2.5cc Stb.	2	422	186964
350	0,01	4.5cc TM12 + 3cc Stb.	2	382	184655
325	0,01	4cc TM12 + 3cc Stb.	3	362	177697
300	0,01	4cc TM12 + 3.5cc Stb.	3	297	175789
275	0,01	4cc TM12 + 3.5cc Stb.	4	286	172625





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO
D.PATRÓN vs. D.VISCOCRETE 20 HE



CAPÍTULO VI

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

De los resultados presentados podemos afirmar lo siguiente:

- El ensayo de granulometría de los agregados se consideran satisfactorios, obteniendo un módulo de finura en el agregado fino de 3,11 considerado dentro del rango establecido favorable para concretos (hormigones) de alta desempeño y en el agregado grueso de 5,96, asimismo, se observa en los gráficos de gradación que uno de los puntos evaluados no ingresa en las especificaciones de la gráfica, por la cual nuestras mezclas de concreto (hormigón) presentaron una segregación mínima en sus inicios.
- De acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior por las características obtenidas en especial en el agregado fino, se hizo necesario analizar a los agregados por medio del método de la combinación de los mismos, donde se evaluaron diversas relaciones de los agregados obteniendo como mejor relación de agregado fino y agregado grueso el 52 y 48% respectivamente con óptimas resistencias, pero al ser evaluadas en nuestro diseños finales con bajos contenidos de cemento nos vimos en la necesidad de aumentar el agregado fino hasta una proporción de 60% logrando así una mejor consistencia y cohesividad en las mezclas evaluadas.

- En el ensayo de temperatura de las mezclas de concreto (hormigón) podemos observar, que tanto en los diseños de mezcla patrón como en los diseños con el uso de aditivo Sika Viscocrete 20HE sus temperaturas aumentan de acuerdo al incremento en la cantidad de cemento, asimismo cabe mencionar que la variación existente de temperaturas entre el diseño de mezcla patrón y el diseño con aditivo está relacionado a la temperatura de ambiente.
- En cuanto al ensayo de asentamiento de las mezclas de concreto (hormigón) se obtiene un Slump de 8" para los diseños de mezcla patrón y un Slump de 10" en los diseños con aditivo Sika Viscocrete 20HE, ambos diseños presentan características fluidas, trabajables y de buena consistencia. Asimismo, se evaluó la pérdida de trabajabilidad en el tiempo en ambos diseños con las diversas cantidades de cemento establecidos, obteniendo una pérdida de trabajabilidad promedio de 3 ¼" a las 2 horas del primer ensayo en los diseños de mezcla patrón, y un promedio de 5 ½" a las 2 horas en los diseños con aditivo.
- Con relación a los ensayos de peso unitario y contenido de aire se observa, que en los diseños de mezcla patrón se obtienen pesos unitarios de 2314 a 2326 Kg/m³ y en los diseños con aditivo Sika Viscocrete 20HE pesos unitarios de 2347 a 2369 Kg/m³. Asimismo en el ensayo de contenido de aire se obtuvo en los diseños patrón contenidos de aire de 1,1 a 1,3% y de 2 a 2,5% en los diseños de

mezcla con aditivo, habiendo considerado en los diseños un valor de contenido de aires teórico de 3%. Por consiguiente, se confirma que a mayor contenido de aire menor peso unitario. Los rendimientos obtenidos entre el peso unitario teórico y el peso unitario real estuvieron comprendidos entre 0,98 y 0,99, resultados de acuerdo a la norma ASTM C 138.

- En el ensayo de tiempo de fraguado no existen rangos específicos para concretos (hormigones) fluidos, obteniendo para el caso de los diseños de mezcla patrón tiempos de fraguado inicial comprendidos entre las 6:50 a 7:45 horas y tiempos de fraguado final comprendidos entre las 9:15 a 10:10 horas, en el caso de los diseños con aditivo Sika Viscocrete los tiempos de fraguado inicial estuvieron en un rango de 8:25 a 9:20 horas y el tiempo de fraguado final comprendido entre las 10:30 y 11:20 horas. Podemos observar que tanto en los diseños de mezcla patrón como en los diseños con aditivo, donde se emplea mayor cantidad de cemento el tiempo de fraguado es menor, posiblemente por las bajas relaciones agua cemento y mayor calor de hidratación.
- En cuanto a los resultados obtenidos de resistencias a la compresión, se observa que tanto en los diseños de mezcla patrón como en los diseños con aditivo Sika Viscocrete 20 HE las resistencias van incrementando con relación a la cantidad de cemento empleada en cada diseño. Además, podemos observar que las resistencias obtenidas a los 28 días en los diseños de mezcla patrón son

equivalentes a las resistencias obtenidas a los 3 días en los diseños con aditivo en todas las cantidades de cemento evaluadas. Las resistencias en los diseños patrón varían entre $f'c = 130 \text{ Kg/cm}^2$ a $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$ y para el caso de los diseños con aditivo están comprendidas entre $f'c = 309 \text{ Kg/cm}^2$ y 507 Kg/cm^2 .

- En los ensayos de resistencia a la flexión, se observa una incidencia promedio de 21% en los diseños de mezcla patrón y 14% en los diseños con aditivo Sika Viscocrete 20 HE con relación a los ensayos de resistencia a la compresión evaluados el mismo día. Asimismo, de acuerdo a los resultados obtenidos observamos, que a mayor resistencia a la compresión la incidencia de la resistencia a la flexión disminuye.
- Con relación al ensayo de módulo de elasticidad estático del concreto (hormigón), se obtiene para los diseños de mezcla patrón valores comprendidos entre $144\,377 \text{ Kg/cm}^2$ a $164\,536 \text{ Kg/cm}^2$ y en los diseños con aditivo Sika Viscocrete 20 HE valores que varían entre $172\,625 \text{ Kg/cm}^2$ a $186\,964 \text{ Kg/cm}^2$, los cuales fueron aumentando de acuerdo al incremento en la cantidad de cemento. Además, se puede observar que existe una mayor diferencia entre los módulos de elasticidad estático entre el diseño de mezcla patrón y el diseño con aditivo con una cantidad de cemento de 275 Kg, ya que en dicha cantidad se incrementó el porcentaje de microsilíce.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

Del análisis observado en el capítulo anterior se puede concluir en lo siguiente:

- El concreto (hormigón) obtenido finalmente, es un concreto (hormigón) fluido de buena performance, y de mediana alta resistencia según las condiciones requeridas.
- Se observa que es necesario realizar mezclas de concreto (hormigón) con contenidos de cemento mayores a los 400 Kg, debido a que siendo menor el contenido de cemento se altera los porcentajes de la combinación de los agregados, requiriendo agregado fino en porcentajes mayores para compensar la ausencia de finos en la mezcla.
- En relación a la temperatura del concreto (hormigón), se puede concluir que la temperatura en los diseños de mezcla patrón será menor que en los diseños de mezcla con aditivo, debido a la acción del aditivo retardante, sobre los compuestos del cemento, logrando disminuir así el calor de hidratación y garantizando un mayor tiempo de trabajo para su puesta en obra.

- El asentamiento obtenido en los diseños de mezcla con aditivo Sika Viscocrete 20 HE presentan características muy trabajables y fluidas, en especial en los contenidos de cemento de 325, 350 y 375 Kg., manteniendo una trabajabilidad de 5" en un periodo de dos horas, tiempo considerado para su puesta en obra aproximadamente. Cabe mencionar que la cantidad de aditivo utilizada en los diseños de mezcla fue de 8,0 cc de Sika Viscocrete 20HE, acompañado con aditivos retardadores, modificadores de viscosidad y estabilizadores en dosificaciones mínimas.
- Los contenidos de aire se mantuvieron por debajo del 3%, favoreciendo así el desarrollo de las resistencias iniciales.
- De acuerdo con lo establecido en la norma ASTM C 494, el tiempo de fragua en los diseños de mezcla con aditivo no debería ser mayor a las 3 horas con respecto al tiempo de fragua en los diseños de mezcla patrón; cumpliendo así con lo mencionado en todos los diseños realizados, garantizando un mayor y mejor tiempo de trabajo de dichas mezclas.
- Las resistencias a la compresión finales obtenidas de los diseños de mezcla con aditivo Sika Viscocrete 20HE, resultan valores mayores al doble de las resistencias obtenidas en cada uno de los diseños de mezcla patrón, asimismo,

se puede observar que las resistencias iniciales a los 3 días en los diseños de mezcla con aditivo son mayores a los obtenidos en los diseños de mezcla patrón a los 28 días, cumpliéndose de esta manera uno de los objetivos planteados en la presente investigación.

- En la resistencia a la flexión, se puede concluir que la incidencia en relación a la resistencia a la compresión, disminuye en cuanto aumenta la resistencia a la compresión, así como que también la resistencia a la flexión obtenida por los diseños de mezcla con aditivo Sika Viscocrete 20HE es superior a los resultados obtenidos en los diseños de mezcla patrón, lográndose con esto corroborar su efectividad para un pronto desencofrado y puesta ha servicio de la estructura vaciada.
- En cuanto al módulo de elasticidad estático, se observa que éste aumenta en medida que se incrementa el contenido de cemento, se concluye así que la elasticidad dependerá más de la cantidad cementante en función a la resistencia, ya que los valores obtenidos no guardan ninguna relación con ecuaciones teóricas, debido a que los diseños presentan aditivos y adiciones los cuales incrementan la resistencia pero no la elasticidad. Cabe mencionar que si se desea hacer un diseño estructural con este concreto (hormigón), los esfuerzos cortantes tendrán que ser diseñados en base a su módulo de elasticidad y evaluados de

manera correcta, teniendo de esta manera un buen refuerzo enzunchado en estructuras verticales.

- Podemos concluir que se tiene un nuevo concreto (hormigón) que presenta una excelente reología, con características fluidas, y que puede ser utilizado por su alta trabajabilidad en estructuras densamente reforzadas, además, de garantizar un acabado uniforme y sin cangrejas, por la alta cohesividad que estos diseños de mezcla presentan. Añadido a esto su alto valor de resistencia a la compresión tanto iniciales como finales.
- Se deberá tener presente que este estudio se realizó con el cemento pórtland Puzolánico Tipo IP – Atlas y con ciertas condiciones de agregados, si se deseara llevar a otras condiciones, se deberá hacer un estudio más exacto, en cuanto a agregados, cemento y clima, ya que se podría variar la dosificación de los aditivos.
- Se demuestra con la presente investigación el éxito de mezclas de concreto (hormigón) desarrollada con una adecuada dosificación de aditivo, presentan una excelente reología con características fluidas, evaluadas mediante el proceso de un diseño de concreto (hormigón) convencional.

BIBLIOGRAFÍA

- 1. Título:** Tópicos de tecnología del concreto
Autor: Enrique Pasquel Carbajal
Lugar de publicación: Lima, Perú 1992-1993

- 2. Título:** Tecnología del concreto
Autor: A.M. Neville y J.J. Brooks
Lugar de publicación: México, 1998

- 3. Título:** Diseño de mezcla
Autor: Rivas López
Lugar de publicación: Perú, 2009

- 4. Título:** Pruebas al concreto fresco
Autor: Instituto mexicano del cemento y del concreto
Lugar de publicación: México, 2007

- 5. Título:** Concreto Fluido
Autor: Universidad Nacional de Ingeniería
Lugar de publicación: Perú, 2005

- 6. Título:** La construcción moderna en concreto y las especificaciones de materiales en los EE.UU.
- Autor:** Bridget Mintz Testa
- Lugar de publicación:** Usa, 2009
-
- 7. Título:** Manual de laboratorio de materiales de construcción
- Autor:** L.E.M - URP
- Lugar de publicación:** Perú, 2009
-
- 8. Título:** Utilización del filler y de superplastificante en el hormigón de altas prestaciones
- Autor:** M. Sumer
- Lugar de publicación:** Turquía, 2007
-
- 9. Título:** XV Congreso Nacional de Ingeniera estructural
- Autor:** Sociedad mexicana de Ingeniería estructural
- Lugar de publicación:** México, 2007

- 10. Título:** Tesis de Concreto autocompactado en Guatemala
- Autor:** Rudy Artemio Chután Muñoz
- Lugar de publicación:** Guatemala, 2004
-
- 11. Título:** Tesis diferentes dosis de plastificantes para el hormigón
- Autor:** Madolfo Andrés Quiroz Lütjens
- Lugar de publicación:** Chile, 2006
-
- 12. Título:** Standard specification for concrete aggregates
- Autor:** ASTM C33
- Lugar de publicación:** USA, 2003
-
- 13. Título:** Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method
- Autor:** ASTM C231
- Lugar de publicación:** USA, 2004

- 14. Título:** Standard test method for slump of hydraulic cement concrete
- Autor:** ASTM C 143
- Lugar de publicación:** USA, 2005
-
- 15. Título:** Standard test method for density (unit weight), yield and air content (gravimetric) of concrete
- Autor:** ASTM C 138
- Lugar de publicación:** USA, 2001
-
- 16. Título:** Standard test method for compressive strength of cylindrical specimens
- Autor:** ASTM C 39
- Lugar de publicación:** USA, 2004
-
- 17. Título:** Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third point loading)
- Autor:** ASTM C 78
- Lugar de publicación:** USA, 2002

18. Título: Standard test method for Static
Modulus of Elasticity and Poisson's
Ratio of Concrete in Compression

Autor: ASTM C 469

Lugar de publicación: USA, 2002

19. Título: Self Consolidating Concrete

Autor: ACI 237R

Lugar de publicación: USA, 2007

20. Título: 1º congreso español sobre concreto
autocompactante (HAC)

Autor: Hormigon Autocompactante

Lugar de publicación: España, 2008

21. Título: Concreto: estructura, propiedades y
materiales

Autor: Mehta K.P. Monteiro

Lugar de publicación: EE.UU, 1993