

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN
AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO AGREGADOS
DE MINAS LOCALES Y SU INFLUENCIA EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN
AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.**

AUTOR:

IVÁN FERNANDO SOBERÓN LÓPEZ

TUTORA:

ING. M.Sc. MARITZA UREÑA

AMBATO – ECUADOR

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo Ing. MSc. Maritza Ureña, certifico que el presente proyecto de investigación realizada por Iván Fernando Soberón López, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi dirección, es un proyecto de investigación previo a la obtención del título de ingeniero civil, personal e inédito y ha sido concluido bajo el tema **“DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO AGREGADOS DE MINAS LOCALES Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, Septiembre de 2015.

.....
Ing. M.Sc. Maritza Ureña

TUTORA

AUTORÍA DE LA TESIS

Indico que los criterios emitidos en el trabajo de graduación “**DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO AGREGADOS DE MINAS LOCALES Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**” como también los contenidos presentados, las ideas, análisis, síntesis son de exclusiva responsabilidad de mi persona en calidad de autor de este trabajo investigativo a excepción de las citas bibliográficas.

Ambato, Octubre de 2015.

.....

Sr. Iván Fernando Soberón López

AUTOR

Índice general de contenidos

CAPÍTULO I

1.1.	Tema	1
1.2.	Planteamiento del problema.....	1
1.3.	Justificación	4
1.4.	Objetivos	5
2.1.	Antecedentes investigativos.....	6
2.2.	Fundamentación filosófica.....	7
2.3.	Fundamentación legal	7
2.4.	Categorías Fundamentales	8
2.5.	Hipótesis	20
2.6.	Señalamiento de variables	20

CAPÍTULO III

3.1.	Enfoque	21
3.2.	Modalidad básica de la investigación	21
3.3.	Nivel o tipo de investigación	22
3.4.	Población y muestra.....	22
3.5.	Operacionalización de variables	23
3.6.	Plan de recolección de la información	25
3.7.	Procesamiento y análisis	26
4.1.	Análisis de los resultados.....	28
4.2.	Interpretación de datos.....	40
4.3.	Verificación de la hipótesis.....	41

CAPÍTULO V

5.1.	Conclusiones.....	42
5.2.	Recomendaciones	43

CAPÍTULO VI
LA PROPUESTA

6.1.	Datos informativos.....	44
6.2.	Antecedentes de la propuesta.....	46
6.3.	Justificación	47
6.4.	Objetivos.....	48
6.5.	Análisis de factibilidad	48
6.6.	Fundamentación.....	49
6.7.	Metodología.....	84
6.8.	Administración.....	91
6.9.	Previsión de la evaluación	91

Índice de cuadros y gráficos

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Supraordinación de la variable independiente.....	8
Gráfico 2 Supraordinación de la variable dependiente.....	8
Gráfico 3 Dimensiones y diseño típico de la caja en L.	50
Gráfico 4 Diseño de la caja en L. Fuente: Iván Soberón.....	51
Gráfico 5 Caja en L terminado. Fuente: Iván Soberón.....	52
Gráfico 6 Dimensiones del embudo en V.....	54
Gráfico 7 Vistas del embudo en V. Fuente: Iván Soberón	55
Gráfico 8 Diseño del embudo en V. Fuente: Iván Soberón.....	55
Gráfico 9 Embudo en V terminado. Fuente: Iván Soberón	56
Gráfico 10. Proceso para el diseño de un hormigón autocompactante.....	58
Gráfico 11 Máquina de compresión simple.....	78
Gráfico 12 Llenado de cilindros. Fuente: Iván Soberón.....	78
Gráfico 13 Cámara de curado. Fuente: Iván Soberón	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de la variable independiente	23
Tabla 2 Operacionalización de la variable dependiente	24
Tabla 3 Plan de recolección de la información.....	25
Tabla 4 Técnicas e instrumentos	26
Tabla 5 Ensayos realizados a los agregados.....	32
Tabla 6 Granulometría del agregado fino.....	33
Tabla 7 Granulometría agregado grueso	34
Tabla 8 Densidad aparente compactada	35
Tabla 9 Formato densidad aparente suelta	35
Tabla 10 Densidad aparente de la mezcla	36
Tabla 11 Gravedad específica y capacidad de absorción del agregado grueso	37
Tabla 12 Gravedad específica y capacidad de absorción del agregado fino	38
Tabla 13 Gravedad específica del cemento	39
Tabla 14 Determinación de la relación agua/cemento.....	59
Tabla 15 Propiedades del Hormigón Autocompactante	62
Tabla 16 Porcentajes referenciales de adiciones	63
Tabla 17 Dosificación HAC Prueba 1	64
Tabla 18 Dosificación HAC Prueba 2	65
Tabla 19 Dosificación HAC Prueba 3	66
Tabla 20 Dosificación HAC Prueba 4	67
Tabla 21 Dosificación HAC Prueba 5	68
Tabla 22 Dosificación HAC Prueba 6	69
Tabla 23 Dosificación HAC Prueba 7	70

Tabla 24 Dosificación HAC Prueba 8	71
Tabla 25 Dosificación HAC Prueba 9	72
Tabla 26 Dosificación HAC Prueba 10	73
Tabla 27 Ensayos al hormigón autocompactante.	74
Tabla 28 Resumen de las dosificaciones ensayadas en el laboratorio.....	75
Tabla 29 Propiedades del hormigón autocompactante. Dosificación #8.....	76
Tabla 30 Propiedades del hormigón autocompactante. Dosificación #9.....	76
Tabla 31 Propiedades del hormigón autocompactante. Dosificación #10.....	77
Tabla 32 Resumen de los ensayos a compresión.....	80
Tabla 33 Análisis de precios de los materiales de un hormigón convencional.	81
Tabla 34 Análisis de precios de los materiales de un hormigón autocompactante.	81
Tabla 35 Análisis de precios unitarios de un hormigón convencional	82
Tabla 36 Análisis de precios unitarios de un hormigón autocompactante	83

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO AGREGADOS DE MINAS LOCALES Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”

Autor: Iván Soberón López

Tutora: Ing. M.S.c Maritza Ureña Aguirre

Para el desarrollo del presente proyecto se empezó recolectando los materiales necesarios para su ejecución, los agregados se recogieron de la mina A&P ubicada en Ambato sector “Las Viñas”, también se dispuso de el superplastificante y el filler; una vez con todos los materiales requerido se comprobó su calidad determinando sus propiedades a través de los diferentes ensayos de laboratorio en base a los parámetros que indica la norma INEN, consiguiendo también los datos necesarios para realizar la dosificación de un hormigón autocompactante de 350 kg/cm², ya realizada varias dosificaciones con diferentes mezclas de los materiales se comprobaron estas en el laboratorio a través de los tres ensayos principales que clasifican al hormigón autocompactante, para así conformar la dosificación requerida; al no disponer el laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de los instrumentos para determinar las propiedades del hormigón autocompactante se procedió a elaborar y dotar al laboratorio de estos. Con todos los datos obtenidos se elaboró como propuesta una guía técnica para la fabricación y puesta en obra del hormigón autocompactante en muros con lo que se da por finalizado el proyecto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema

“Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua”

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Contextualización

1.2.1.1. Macro

En Japón en el año de 1986 el profesor Hajima Okamura de la Universidad de Tokio produce el primer Hormigón Autocompactante, definiéndolo como aquel hormigón que es capaz de fluir en el interior del encofrado, rellenándolo de forma automática, pasando entre el reforzamiento y consolidándose únicamente bajo la acción de su propio peso. Este nuevo material revolucionó las técnicas de construcción y se empezó a utilizarse en grandes obras como el puente Akashi Kaikyo de 1191 mt. En el año de 1986 Donde se utilizaron 290.000 m³ de Hormigón Autocompactante, teniendo una ventaja de 1.900 m³/día, lo que supuso una disminución del plazo de ejecución del 20 %, reduciéndolo de 30 a 24 meses.

Luego del gran éxito en Japón esta nueva tecnología empieza a ser utilizada en otras partes del mundo como Suecia, Francia y España; que desde año de 1997 han construido cientos de obras logrando optimizar el tiempo de la ejecución de las construcciones y menorando los trabajadores necesarios.

1.2.1.2. Meso

Uno de los problemas más usuales que se dan al momento de construir estructuras de hormigón especiales, es la falta de buenas técnicas de compactación, que conllevan a inconvenientes por los vacíos que quedan y las vacuolas producidas por la evaporación del agua; además existe mucha dificultad para que los instrumentos para consolidar el concreto lleguen a lugares de difícil acceso debido a su configuración arquitectónica, esbeltez, congestionamiento en el reforzamiento, etc. Es por ello que se crea el Hormigón Autocompactante ya que este tiene la capacidad de facilitar la colocación del hormigón fresco en este tipo de estructuras.

1.2.1.3. Micro

En el Ecuador muchas empresas de producción de hormigón, están optando en crear mezclas para instaurar Hormigón Autocompactante en el mercado, sabiendo que es un hormigón de mayor costo ya que utiliza gran cantidad de aditivos pero considerando que disminuye el tiempo y el personal en una obra, existiendo una compensación entre el costo y el rendimiento.

1.2.2. Análisis crítico

En Ambato se realizan obras civiles, sin usar buenas técnicas de compactación, sobre todo en aquellos elementos esbeltos o de difícil acceso para un hormigón normal; obteniendo así hormigones de baja calidad, con densidades y resistencias menores a las requeridas, debido a que presentan demasiados espacios vacíos.

Para ello se utiliza el hormigón autocompactante que con su fluidez alta llena todos los espacios vacíos donde se esté vertiendo el hormigón; esta fluidez alcanzada en estado

fresco se logra con agregados de alta calidad y adiciones que cumplan las normas correspondientes.

Los agregados usados para elaborar Hormigón Autocompactante, deben cumplir varios requisitos técnicos para la dosificación adecuada, principal requisito de este tipo de concreto; uno de los inconvenientes en nuestro medio es que se desconoce las propiedades de los agregados por falta de ensayos a los materiales extraídos de las minas.

1.2.3. Prognosis

De no realizar la presente investigación, se seguirá usando las mismas técnicas anacrónicas de hormigones y no se promoverá a mejorar los procedimientos en el uso de hormigones.

1.2.4. Formulación del problema

¿Cómo diseñar una mezcla de hormigón autocompactante utilizando agregados de minas locales?

1.2.5. Preguntas directrices

¿Qué tipo de ensayos se deben realizar a los agregados?

¿Cuáles son los agregados que cumplen los requisitos para un hormigón autocompactante?

¿Cuáles deben ser las dosificaciones adecuadas de agregados y aditivos para obtener hormigones Autocompactantes?

¿Qué ensayos se deben realizar para determinar las propiedades mecánicas del hormigón?

1.2.6. Delimitación del problema

1.2.6.1. Delimitación de contenido

El presente proyecto requiere de estudios de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales.

1.2.6.2. Delimitación espacial

Los agregados a utilizarse se los conseguirá de las principales canteras que distribuyen estos materiales en la ciudad de Ambato.

Los ensayos necesarios se los realizará en el laboratorio de ensayo de materiales y mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2.6.3. Delimitación temporal.

La presente investigación se la realizará entre los meses de Marzo de 2015 a Octubre de 2015.

1.3. Justificación

Es de interés de alumnos y profesores de las Universidades, así como de profesionales de la ingeniería civil, impulsar la investigación de nuevas técnicas de construcción que ayuden a optimizar los recursos necesarios al construir una estructura, como lo es el Hormigón Autocompactante.

Al dar a conocer las ventajas de este tipo de Hormigón, se reflexiona sobre la importancia de realizar la presente investigación de modo que se cree una nueva tendencia en los

métodos constructivos, que ayuden al Ingeniero Civil de la ciudad de Ambato a mejorar los procesos y dejar de emplear las técnicas extemporáneas practicantes.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Diseñar una mezcla de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua.

1.4.2. Específicos

- Determinar los ensayos que se deben realizar a los agregados.
- Obtener las características que deben tener los agregados para realizar un hormigón autocompactante.
- Establecer la dosificación adecuada de un hormigón autocompactante.
- Comparar las propiedades mecánicas del hormigón autocompactante con las de un hormigón normal.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

(Cañizares Beltrán, 2012) En su tesis de grado “Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando materiales de la zona”, señala que “Si se realiza un correcto diseño de mezcla, con materiales de la zona, es posible obtener HAC, con propiedades similares o mejores a las del CC”

(Burón, Hernandez, & Garrido, 2006) En su publicación “Hormigón Autocompactante. Criterios para su utilización” señalan que “El hormigón autocompactante es un hormigón capaz de compactarse por la mera acción de la gravedad que llena los encofrados y discurre entre las armaduras sin necesidad de aplicar medios de compactación internos o externos y manteniéndose, durante su puesta en obra, homogéneo y estable sin presentar segregaciones (exudado o sangrado de la lechada ni bloqueo del árido grueso). La consistencia del hormigón autocompactante presenta cierta viscosidad que le caracteriza y, a la vez, le diferencia de los hormigones convencionales de consistencia fluida”.

(Leon Parra, 2009) En su publicación “Diseño de mezclas para Hormigón Autocompactante” señala que “Las mezclas de hormigón elaboradas con cemento tipo I se caracterizaron por presentar cohesión y viscosidad moderadas, lo que les permitió desarrollar excelente fluidez sin riesgo de segregación de los agregados ni exudación de la pasta”.

2.2. Fundamentación filosófica

Es necesario que los ingenieros civiles que trabajan en la construcción desarrollen nuevas tendencias de construcción que mejoren los tiempos de ejecución y disminuyan el personal necesario, como lo hace el hormigón autocompactante, para que posteriormente sea usado en más obras y se beneficien más profesionales y consumidores con este tipo de metodologías.

El presente proyecto tiene como finalidad que los profesionales tengan una mejor concepción sobre el mejoramiento del hormigón como material de construcción previo al endurecimiento de este, al dosificar un hormigón autocompactante utilizando materiales de minas locales y con estos resultados dejar una base para la realización de futuros proyectos fundamentándose en ensayos de laboratorio.

2.3. Fundamentación legal

Este proyecto de investigación está respaldado en: la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), American Society for Testing and Materials (A.S.T.M), Código American Concrete Institute (A.C.I.) y las Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante - 2006

2.4. Categorías Fundamentales

2.4.1. Supraordinación de variables

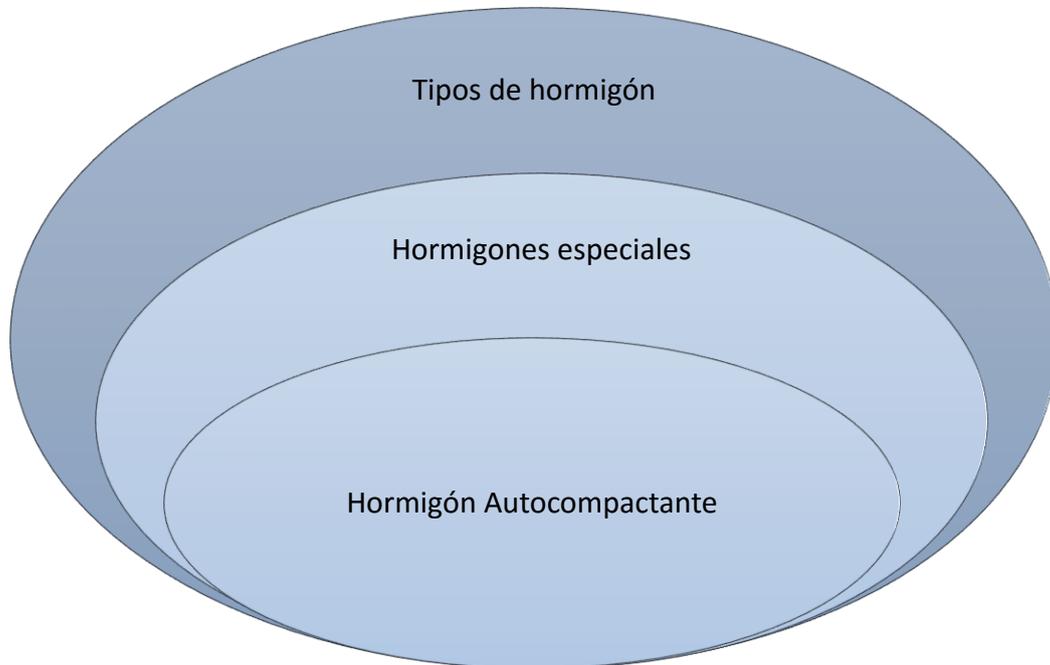


Gráfico 1 Supraordinación de la variable independiente

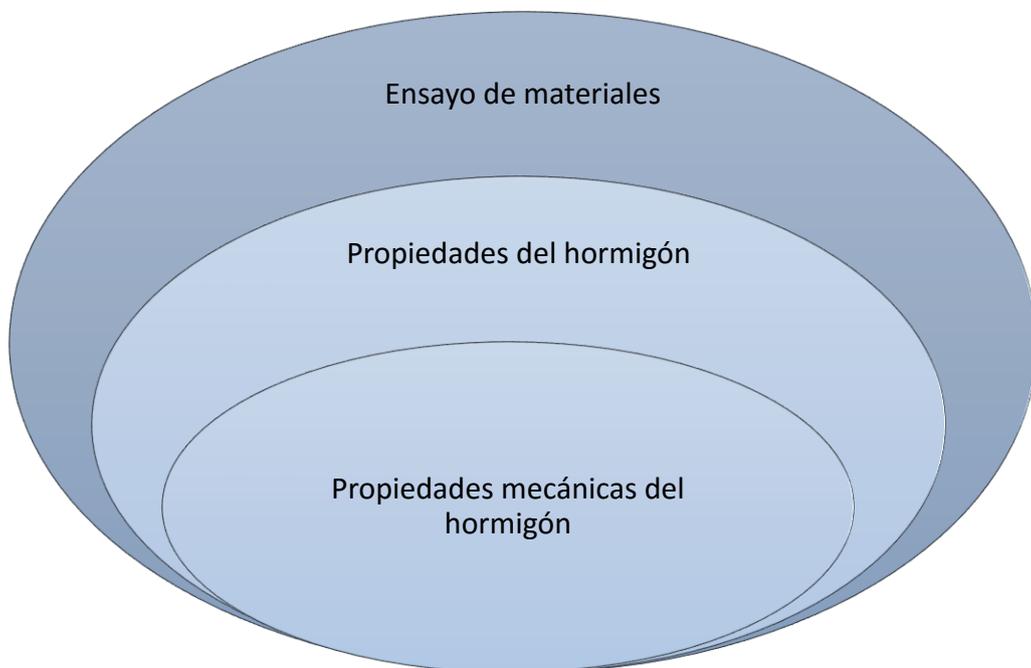


Gráfico 2 Supraordinación de la variable dependiente

2.4.2. Definiciones

DEFINICIONES DE LOS NIVELES DE SUPRAORDINACION DE LA VARIABLE

INDEPENDIENTE

1. Tipos de hormigón

Los hormigones se clasifican en 3 tipos: no estructurales, estructurales y especiales.

Hormigones no estructurales

“Aquellos hormigones que no aportan responsabilidad estructural a la construcción pero que colaboran en mejorar las condiciones durables del hormigón estructural o que aportan el volumen necesario de un material resistente para conformar la geometría requerida para un fin determinad.” (Fomento, 2014)

Hormigones estructurales

“El Hormigón estructural, en su acepción más amplia, comprende todo hormigón utilizado con propósitos estructurales, incluyendo hormigón en masa, armado y pretensado.” (Estructural, s.f.)

Hormigones especiales

Los hormigones especiales son todos aquellos a los que se agregan materiales diferentes a los utilizados en un hormigón tradicional para mejorar una propiedad específica. Se clasifican en:

- ✓ Hormigones livianos.
- ✓ Hormigones de alta resistencia.

- ✓ Hormigones autocompactantes.
- ✓ Hormigones de contracción compensada.
- ✓ Hormigones reforzados con fibras.
- ✓ Hormigones conteniendo polímeros.
- ✓ Hormigones de elevada densidad.
- ✓ Hormigones masivos.
- ✓ Hormigones compactados a rodillo.

2. Hormigones especiales.

Hormigones livianos

“Los **hormigones livianos** estructurales tienen un peso unitario aproximado de 1600 kg/m³ y una resistencia a compresión de 25 a 40 MPa.” (Carrasco, 2012)

Hormigones de alta resistencia

“Son hormigones de densidad normal (2400 kg/m³) de alta resistencia (600 a 800 kg/cm²) a compresión mediante el uso de aditivos superplastificantes y de finos.” (Carrasco, 2012)

Hormigones Autocompactantes

“A medida que las estructuras se vuelven más amplias y complejas, se requieren elementos estructurales más densamente armados. A modo de respuesta, los **hormigones autocompactantes** permiten obtener una gran trabajabilidad y fluidez, sin los inconvenientes de elevadas relaciones agua/cemento y de la segregación. Estos hormigones de gran trabajabilidad, no requieren una compactación mecánica y por lo tanto han extendido las fronteras de aplicación del hormigón.” (Carrasco, 2012)

Hormigones de contracción compensada

“La contracción por secado del hormigón frecuentemente produce la fisuración de las estructuras. Esto es reconocido tanto en lo que respecta al diseño como a la construcción, especialmente para estructuras como los pavimentos, pisos y elementos estructurales delgados. Para contrarrestar este problema, durante se han empleado exitosamente los **hormigones de contracción compensada**, elaborados con cementos o aditivos químicos expansivos.” (Carrasco, 2012)

Hormigones reforzados con fibras

“Algunos de los inconvenientes que presenta el hormigón tradicional pueden reducirse incorporando fibras cortas en su masa. Estas fibras una vez amasadas hasta conseguir una distribución discreta y uniforme, crean un material más homogéneo cuya resistencia a tracción y resistencia a la fatiga es mayor que la del hormigón tradicional.” (Carrasco, 2012)

Hormigones conteniendo polímeros

“La impermeabilidad de los materiales es importante en relación a su durabilidad en presencia de humedad o de soluciones químicas agresivas y para ello se han desarrollado **hormigones conteniendo polímeros** de muy baja permeabilidad y excelente resistencia química. Las capas delgadas de hormigones con polímeros resultan muy adecuadas para la protección de las estructuras en ambientes industriales o en puentes, así como para la rehabilitación de pavimentos deteriorados.” (Carrasco, 2012)

Hormigones de elevada densidad

“Los **hormigones de elevada densidad**, que presentan un peso unitario que supera al hormigón convencional en aproximadamente un 50 %, se utilizan para la construcción de escudos de radiación.” (Carrasco, 2012)

Hormigones masivos

“Hormigón masivo es cualquier volumen de hormigón cuyas dimensiones son lo suficientemente grandes como para que sea necesario considerar la generación de calor provocada por la hidratación del cemento y el consiguiente cambio de volumen y tomar medidas a fin de minimizar la fisuración” (Carrasco, 2012)

3. Hormigón autocompactante.

“es un tipo de hormigón que se caracteriza por la capacidad tiene la propiedad de fluir y rellenar cualquier parte del encofrado solamente por la acción de su propio peso, sin ser necesaria una compactación por medios mecánicos, y sin existir bloqueo ni segregación” (Carrasco, 2012)

La característica de autocompactabilidad se mide cuando el hormigón se encuentra en estado fresco, por lo tanto debe cumplir algunas propiedades específicas, como son:

“Capacidad de llenado: esto es ser capaz de asegurar el llenado completo de los encofrados y el encapsulado de las armaduras con un hormigón homogéneo.

- Resistencia a la segregación: alcanzar la cohesión necesaria para permitir al hormigón fresco (partículas en suspensión) mantener su homogeneidad durante el mezclado, transporte y proceso de colocación.

- Capacidad de pasaje: dotar al hormigón de la habilidad para atravesar obstáculos y secciones densamente armadas.” (Carrasco, 2012)

Componentes del hormigón autocompactante

“El hormigón autocompactante contiene como materiales necesarios para su mezcla los siguientes: alta cantidad de finos (áridos finos y filler), cemento, agua, superfluidificantes y dependiendo del diseño, un agente de viscosidad.” (Ramirez Ordoñez & Salazar Narvaez, 2008)

Adiciones

“Se pueden emplear adiciones en lugar de filler mineral para dar cohesión y trabajabilidad a la mezcla evitando la segregación de los áridos gruesos y la exudación del agua.” (Bermejo Nuñez, 2009)

“Los superplastificantes o reductores de alta actividad son aditivos cuyo fin es reducir el agua permitiendo una elevada trabajabilidad con una baja relación agua/cemento. El empleo de este tipo de aditivos es imprescindible en el hormigón autocompactante, especialmente de los superplastificantes de nueva generación, basados en policarboxilatos, que son capaces de reducir el agua hasta en un 40%.” (Bermejo Nuñez, 2009).

DEFINICIONES DE LOS NIVELES DE SUPRAORDINACION DE LA VARIABLE

DEPENDIENTE

1. Ensayo de Materiales

“Se denomina ensayo de materiales a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades de un material.” (Coca Rebollero & Rosique Jimenez)

Para cada propiedad que se desea obtener existe un ensayo específico normalizado principalmente por el INEN.

Existen varias maneras de clasificar a los ensayos de materiales, una de ellas es la siguiente:

a) Según la rigurosidad del ensayo

- “Ensayos científicos: son ensayos que se hacen en laboratorios especializados y permiten obtener valores precisos y reproducibles de las propiedades ensayadas, ya que las condiciones a las que se somete el material están convenientemente normalizadas.” (Andalucía, 2006).

- “Ensayos tecnológicos: se hacen en fábrica e indican calidades de material.” (Andalucía, 2006)

b) Según la naturaleza del ensayo

- “Ensayos químicos: permiten conocer la composición cualitativa y cuantitativa del material, así como la naturaleza del enlace químico o la estabilidad del material en presencia de compuestos corrosivos.” (Andalucía, 2006)

- “Ensayos metalográficos: con el uso de microscopios, permiten conocer la estructura interna del material.” (Andalucía, 2006)

- “Ensayos físicos: tienen por objeto cuantificar ciertas propiedades físicas tales como: densidad, punto de ebullición, punto de fusión, conductividad eléctrica, conductividad térmica, etc.” (Andalucía, 2006)

- “Ensayos mecánicos: con ellos se determina la resistencia del material a ciertos esfuerzos. Los ensayos de este tipo más importantes son: dureza, fatiga, choque, tracción, etc.” (Andalucía, 2006)

c) Según la utilidad de la pieza después de ser sometida al ensayo

- “Ensayos destructivos: son aquellos que producen un daño o rotura de la pieza sometida al ensayo.” (Andalucía, 2006)

- “Ensayos no destructivos: se analizan los defectos externos e internos de una pieza mediante procedimientos de observación directa empleando microscopios, rayos X, ultrasonidos, campos magnéticos, etc.” (Andalucía, 2006)

d) Según la velocidad de aplicación de los esfuerzos

- “Ensayos estáticos: son aquellos en los que la velocidad de aplicación de la fuerza no influye en el resultado. Un ejemplo de este tipo, es el ensayo de tracción.” (Andalucía, 2006)

- “Ensayos dinámicos: en ellos, la velocidad de aplicación de las fuerzas forma un papel importante en el ensayo. Un ejemplo de este tipo, es el ensayo de flexión.” (Andalucía, 2006)

2. Propiedades del hormigón

Los ensayos para determinar las propiedades del hormigón se las realizan en estado fresco y endurecido.

Hormigón fresco

Es el periodo durante la cual la mezcla de agregados con un aglomerante (cemento), se comporta como líquido; va desde que se añade agua a la mezcla hasta que esta empieza a perder plasticidad y ganar resistencia.

Los ensayos a determinarse en estado fresco son:

- Trabajabilidad: “Es la facilidad que tiene un hormigón para ser amasado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación que se disponga, depende de: Cantidad de agua de amasado, contenido de árido fino, Áridos redondeados, Contenido y finura del cemento y Empleo de superplastificante.” (Medina R, 2013)

- Consistencia: “Es la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. Varía con multitud de factores: cantidad de agua de amasado, tamaño máximo, granulometría, forma de áridos, etc.” (Medina R, 2013)

- Homogeneidad: “Es la cualidad por la cual los diferentes componentes del hormigón parecen regularmente distribuidos en toda la masa de manera tal que dos muestras tomadas en distintos lugares de la misma resulten prácticamente iguales. La homogeneidad se consigue con un buen amasado y para mantenerse requiere un transporte cuidadoso y una colocación adecuada.” (Medina R, 2013)

- Densidad: “Es la cantidad de peso por unidad de volumen (densidad = peso/volumen). Variará con la clase de áridos y con la forma de colocación en obra.” (Medina R, 2013)

Hormigón endurecido

- Densidad: “La densidad del hormigón se define como el peso por unidad de volumen” (Medina R, 2013).

- Compacidad: “La compacidad, íntimamente ligada a la densidad, depende de los mismos factores que ésta, sobre todo del método de consolidación empleado. Estos métodos de consolidación tienen por objeto introducir, en un volumen determinado, la mayor cantidad posible de áridos y, al mismo tiempo, que los huecos dejados por éstos se rellenen con la pasta de cemento, eliminando por completo las burbujas de aire.” (Medina R, 2013).

- Permeabilidad: “La permeabilidad de un hormigón es la facilidad que presenta este a ser atravesado por un fluido, bien sea líquido o gaseoso y es consecuencia de la porosidad que poseen la pasta hidratada y los áridos, de una falta de compactación adecuada e incluso de la exudación, debiendo ser la mínima posible.” (Medina R, 2013).

- “Resistencia al desgaste (Durabilidad): Es la capacidad del hormigón de resistir el paso del tiempo sin perder sus otras propiedades. La durabilidad del hormigón depende de los agentes que puedan agredir el material, ya sean: mecánicos, físicos o químicos.

3. Propiedades mecánicas del hormigón

Son las distintas formas de comportarse el hormigón endurecido cuando está sometido a una fuerza externa. El hormigón responde a las fuerzas que se les aplica, con fuerzas de sentido contrario.

Las propiedades mecánicas del hormigón son:

- Resistencia a la compresión.
- Módulo de elasticidad.
- Ductilidad.
- Resistencia a la tracción.
- Resistencia al corte.
- Flujo plástico.

Resistencia a la compresión.

“La resistencia a la compresión del hormigón se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas, que duran unos pocos minutos. Esta resistencia se la mide luego de 28 días de fraguado bajo condiciones controladas de humedad.” (Romo Proaño)

Módulo de elasticidad

Se denomina módulo de elasticidad a la pendiente del rango de comportamiento lineal de la curva esfuerzo deformación de las muestras de hormigón sometidas a compresión y recibe la denominación de Módulo de Elasticidad del material o Módulo de Young, que se simboliza “Ec”.

Ductilidad

“Se define como ductilidad de un material a la capacidad que tiene para continuar deformándose no linealmente a pesar de que los incrementos de carga sean mínimos, nulos e inclusive si existe una disminución de la carga.” (Romo Proaño)

Resistencia a la tracción

El hormigón es un material ineficiente resistiendo cargas de tracción; comparativamente esta resistencia representa hasta un 10% de su capacidad a la compresión. Es por ello que en el hormigón armado los esfuerzos de tracción son absorbidos por el acero de refuerzo.

Resistencia al corte

“Debido a que las fuerzas cortantes se transforman en tracciones diagonales, la resistencia al corte del hormigón “ v_c ” tiene órdenes de magnitud y comportamiento similares a la resistencia a la tracción.” (Romo Proaño)

Flujo plástico

“Cuando se somete al hormigón a cargas de larga duración, el material tiene una deformación instantánea en el momento inicial de la carga y una deformación adicional a largo plazo como el producto del flujo plástico del hormigón.” (Romo Proaño)

2.5. Hipótesis

Es posible trabajar con hormigones autocompactantes utilizando agregados de minas locales en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

2.6. Señalamiento de variables

2.6.1. Variable Independiente

Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales.

2.6.2. Variable Dependiente

Propiedades Mecánicas del hormigón.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque

El enfoque del presente proyecto es de tipo cuantitativo y cualitativo ya que se deben realizar diferentes ensayos normados y cuyos resultados deben ser tabulados y analizados para sacar conclusiones que ayudaran a obtener la correcta dosificación de un hormigón autocompactante.

3.2. Modalidad básica de la investigación

La modalidad de investigación que tendrá el proyecto de investigación, es de campo, puesto que para la obtención de los materiales que componen el hormigón autocompactante se hará fuera de los predios universitarios, para posteriormente proceder a determinar las propiedades de estos en el laboratorio, por lo que posteriormente la investigación será guiada con la modalidad de laboratorio y experimental debido a que se realizarán ensayos a los materiales para determinar su calidad los mismos que servirán para realizar las dosificaciones y obtener un hormigón autocompactante.

También la modalidad bibliográfica es aplicada ya que será necesario investigar y aplicar la normativa establecidas en las normas INEN y Código ASTM, además para seguir los requisitos indicados en el código ACI y las “Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante - 2006” para la elaboración del hormigón autocompactante.

3.3. Nivel o tipo de investigación

Los tipos de investigación a ser manejados en el presente proyecto serán: exploratorio y descriptivo.

Será exploratorio ya que se considera que el tema de hormigones autocompactantes utilizando los agregados de minas locales ha sido poco analizado, pero realizando las dosificaciones y probándolas en el laboratorio se determinará la influencia que habrá sobre las propiedades mecánicas.

Será descriptivo porque al final de la investigación se contara con los parámetros para que en futuros proyectos que utilicen hormigones autocompactantes tengan la calidad necesaria para construir estructuras confiables y seguras.

3.4. Población y muestra

Los materiales que deben ser utilizados para la elaboración de hormigón autocompactante que deben ser recolectados y analizados para que cumplan las normas de calidad, comprenden la población y muestra del presente proyecto.

A demás se procederá a realizar una encuesta a dirigida a egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y así comprobar la factibilidad de verificar que la hipótesis sea posible.

3.4.1. Muestra

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. Variable independiente

Hormigón autocompactante

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
El hormigón Autocompactante es aquel que posee una consistencia líquida, capaz de llenar los moldes y encofrados por la acción de su propio peso, sin ayuda de medios de compactación externos o internos.	Tipos de hormigón	<ul style="list-style-type: none"> - Por sus propiedades. - Según el tipo de armado. - Según el tipo de propiedad adicional. - Según el carácter de los materiales. - Elaboradas en obra. - Elaboradas en central. - Prefabricado. 	- ¿Qué tipos de hormigón existe?	- Bibliográfica.
	Ensayos al hormigón fresco	<ul style="list-style-type: none"> - Extensión de flujo. - Embudo V. - Caja L. 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué tipo de ensayos se realiza al hormigón fresco? - ¿Qué normas reglamentan los ensayos? 	<ul style="list-style-type: none"> - Laboratorio. - Bibliográfica

Tabla 1 Operacionalización de la variable independiente

3.5.2. Variable dependiente

Propiedades mecánicas del hormigón

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Son aquellas propiedades que se determinan en el hormigón endurecido sometido a fuerzas externas.	Clasificación de las propiedades	<ul style="list-style-type: none"> -.- Resistencia a la compresión. - Módulo de elasticidad. - Ductilidad. - Resistencia a la tracción. - Resistencia al corte. - Flujo plástico. 	- ¿Qué propiedades se deben determinar?	<ul style="list-style-type: none"> - Laboratorio - Bibliográfica
	Ensayos a los materiales		<ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué ensayos se debe realizar a los materiales? - ¿Qué normas reglamentan los ensayos? 	<ul style="list-style-type: none"> - Laboratorio - Bibliográfica

Tabla 2 Operacionalización de la variable dependiente

3.6. Plan de recolección de la información

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	<ul style="list-style-type: none">- Para determinar la influencia sobre las propiedades del hormigón, la incorporación de un hormigón autocompactante en nuestro medio.
2. ¿De qué personas u objetos?	<ul style="list-style-type: none">- Agregados de una mina de la ciudad de Ambato.
3. ¿Sobre qué aspectos?	<ul style="list-style-type: none">- Influencia en las propiedades del Hormigón en su estado fresco y endurecido.
4. ¿Quién?	<ul style="list-style-type: none">- Iván Fernando Soberón López
5. ¿Dónde?	<ul style="list-style-type: none">- Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
6. ¿Cómo?	<ul style="list-style-type: none">- Mediante ensayos de laboratorio.- Investigación Bibliográfica en Normas y Códigos

Tabla 3 Plan de recolección de la información

3.6.1. Técnicas e instrumentos

Técnicas	Instrumentos
Ensayos de Laboratorio	- Herramienta Menor
	- Moldes para probetas de Hormigón
	- Máquina de compresión
	- Cámara de Curado

Tabla 4 Técnicas e instrumentos

3.7. Procesamiento y análisis

Para determinar una mezcla de hormigón autocompactante utilizando agregados de minas locales se debe realizar el siguiente proceso:

- Recolectar muestras de la mina A&P.
- Realizar los ensayos respectivos a las muestras.
- Encontrar los agregados óptimos para realizar hormigón autocompactante.
- Dosificar un hormigón autocompactante.
- Determinar las propiedades del hormigón autocompactante en estado fresco.
- Comprobar la existencia de un hormigón autocompactante.
- Efectuar las probetas de hormigón.

- Curar las probetas hasta el tiempo que sean ensayadas
- Determinar las resistencias a compresión de las probetas.
- Tabulación de cuadros de acuerdo a las variables de la hipótesis.
- Procesar los resultados obtenidos.
- Evaluar e interpretar los resultados para determinar las conclusiones del proyecto.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

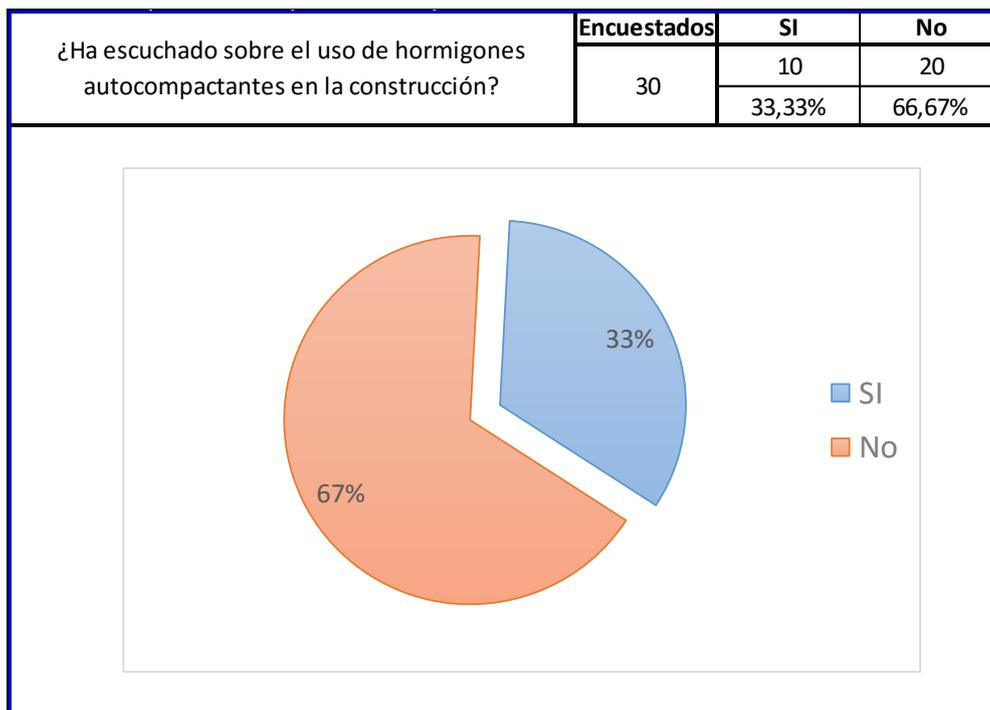
4.1. Análisis de los resultados

Para el pleno desarrollo de este capítulo, es necesario realizar los ensayos a los materiales que conforman un hormigón autocompactante, con la finalidad de determinar la calidad de dichos materiales y establecer si cumplen con las normas establecidas.

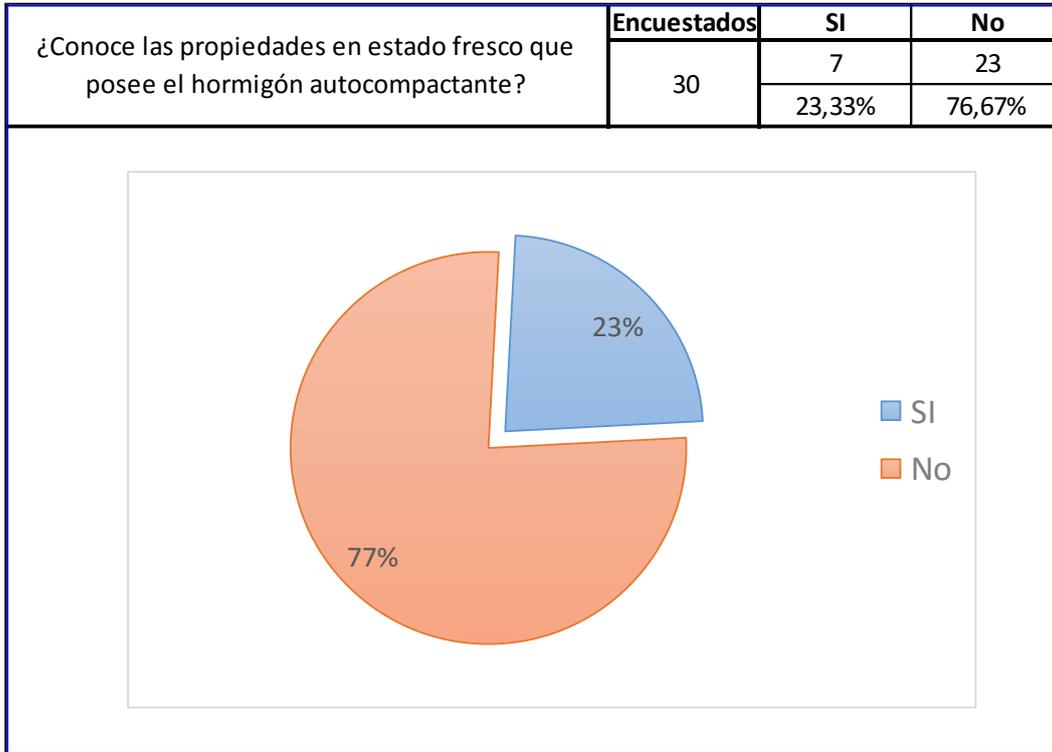
También se realizó una encuesta dirigida a 30 egresados de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Técnica de Ambato, para medir el grado de conocimientos que tienen sobre el hormigón autocompactante y la factibilidad de que en su vida profesional empleen este hormigón para mejorar las técnicas constructivas existentes.

4.1.1. Resultados de la encuesta realizada.

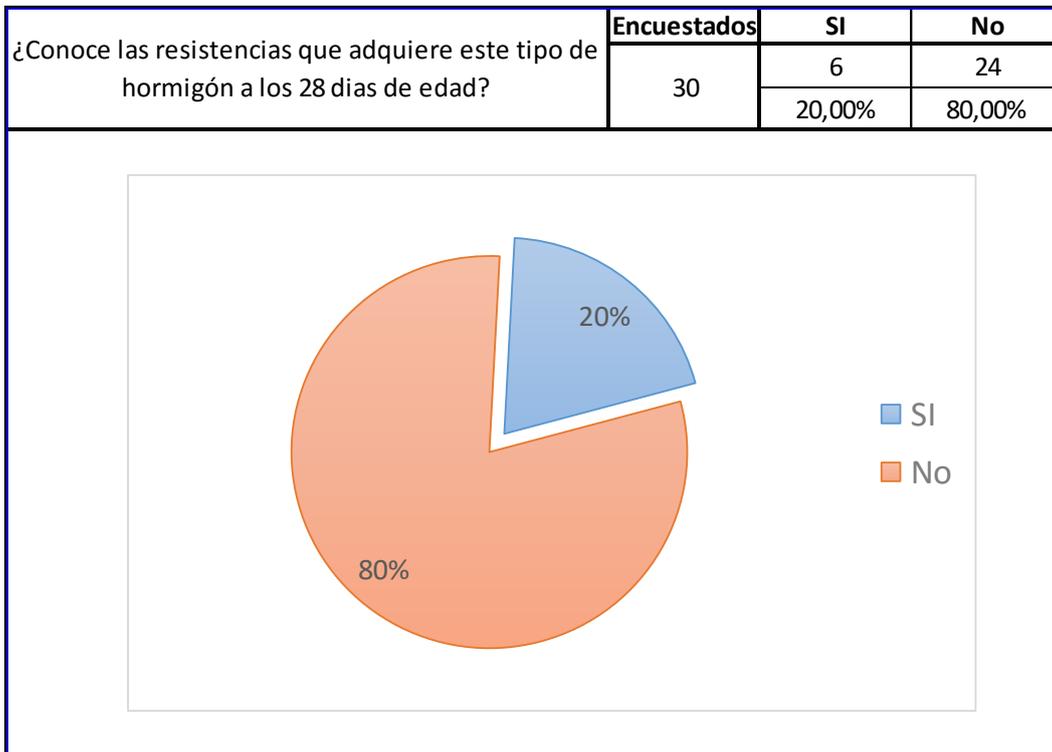
4.1.1.1. Pregunta 1



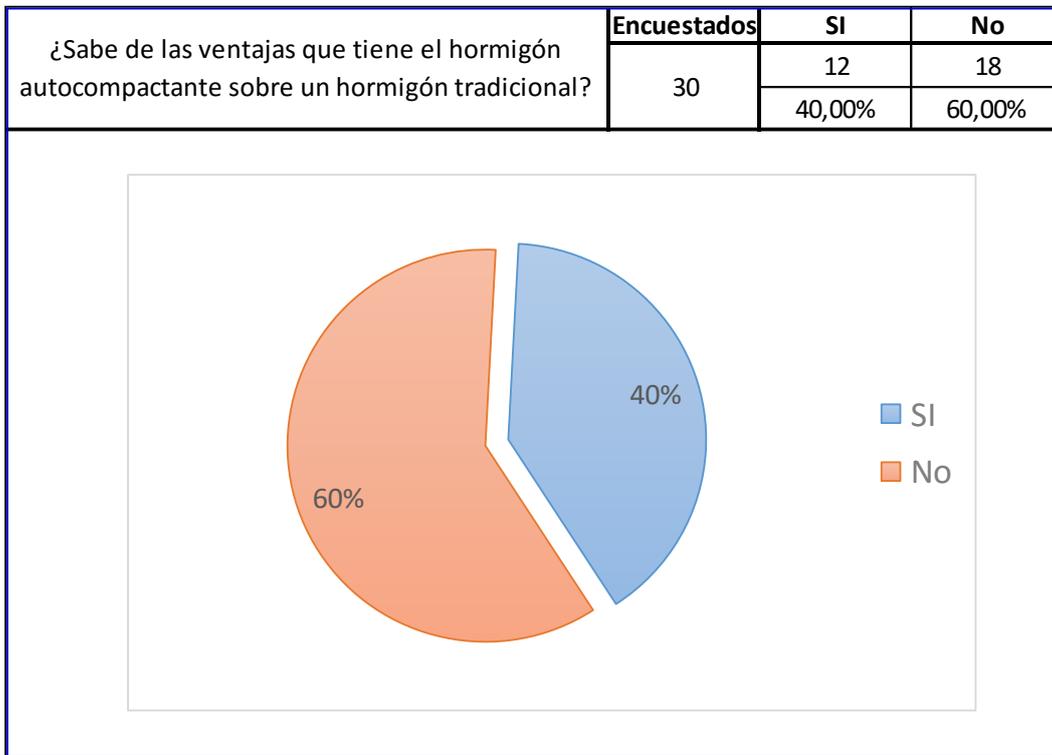
4.1.1.2. Pregunta 2



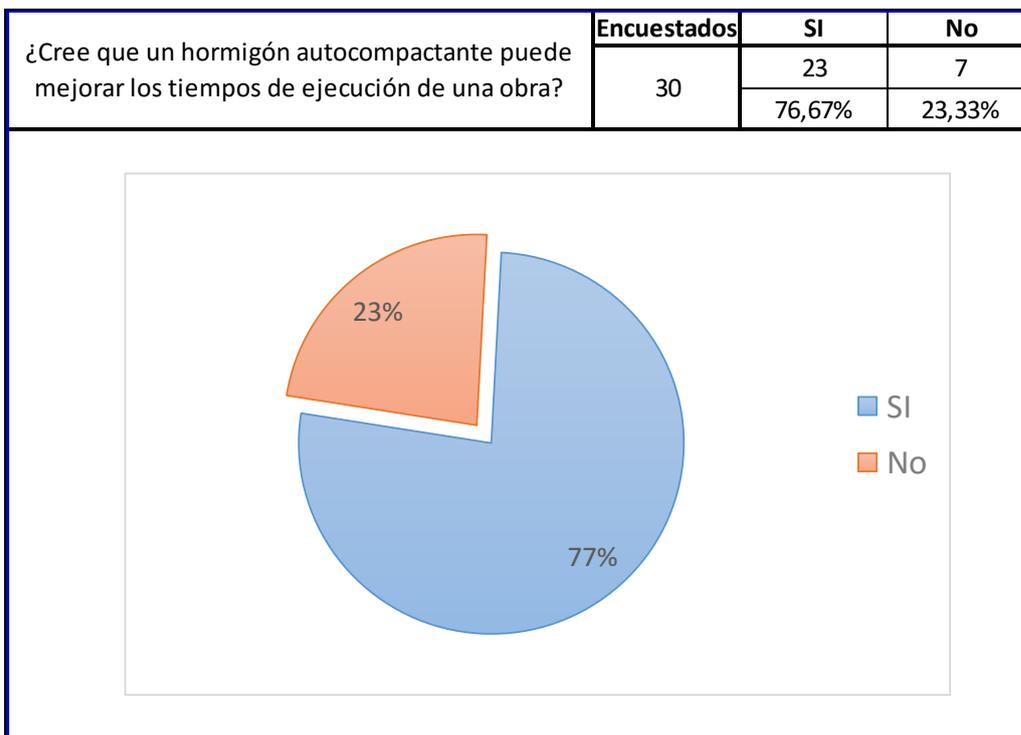
4.1.1.3. Pregunta 3



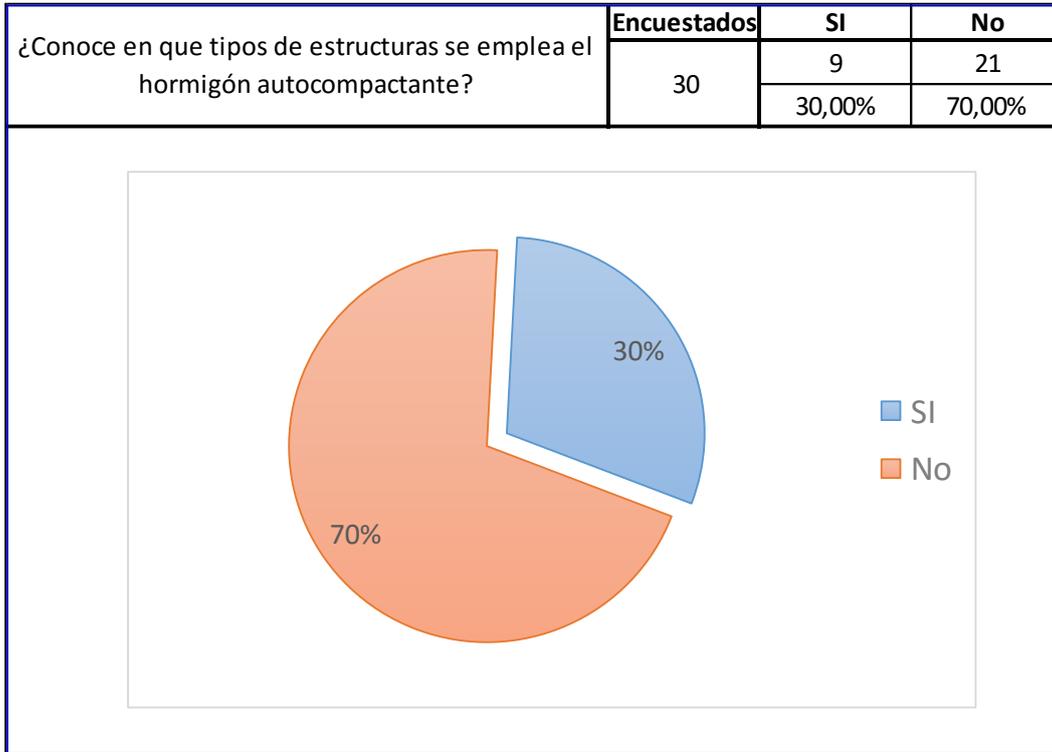
4.1.1.4. Pregunta 4



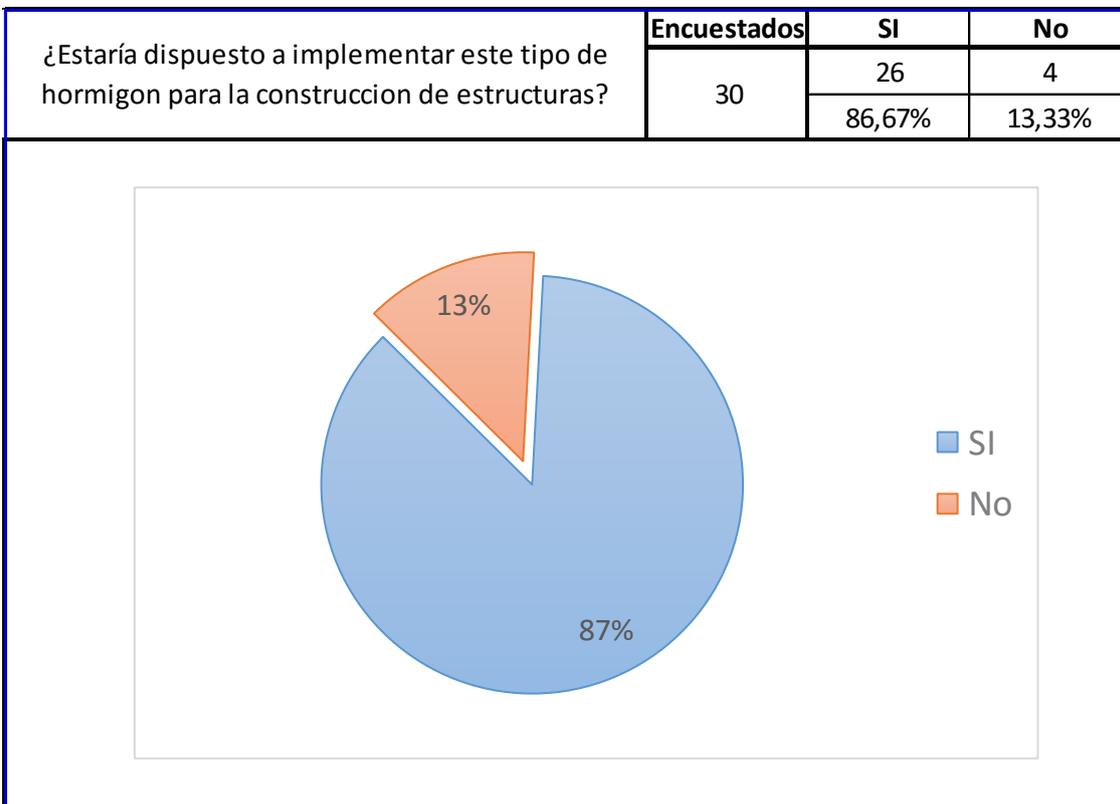
4.1.1.5. Pregunta 5



4.1.1.6. Pregunta 6



4.1.1.7. Pregunta 7



4.1.2. Ensayos realizados a los agregados

Los ensayos a realizar se detallan en la siguiente tabla.

ENSAYOS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	CEMENTO
Análisis Granulométrico	X	X	-
Densidad aparente Suelta	X	X	-
Densidad aparente compactada	X	X	-
Gravedad específica	X	X	X
Capacidad de Absorción	X	X	-

Tabla 5 Ensayos realizados a los agregados

4.1.2.1. Ensayos granulométricos de los agregados finos y gruesos.

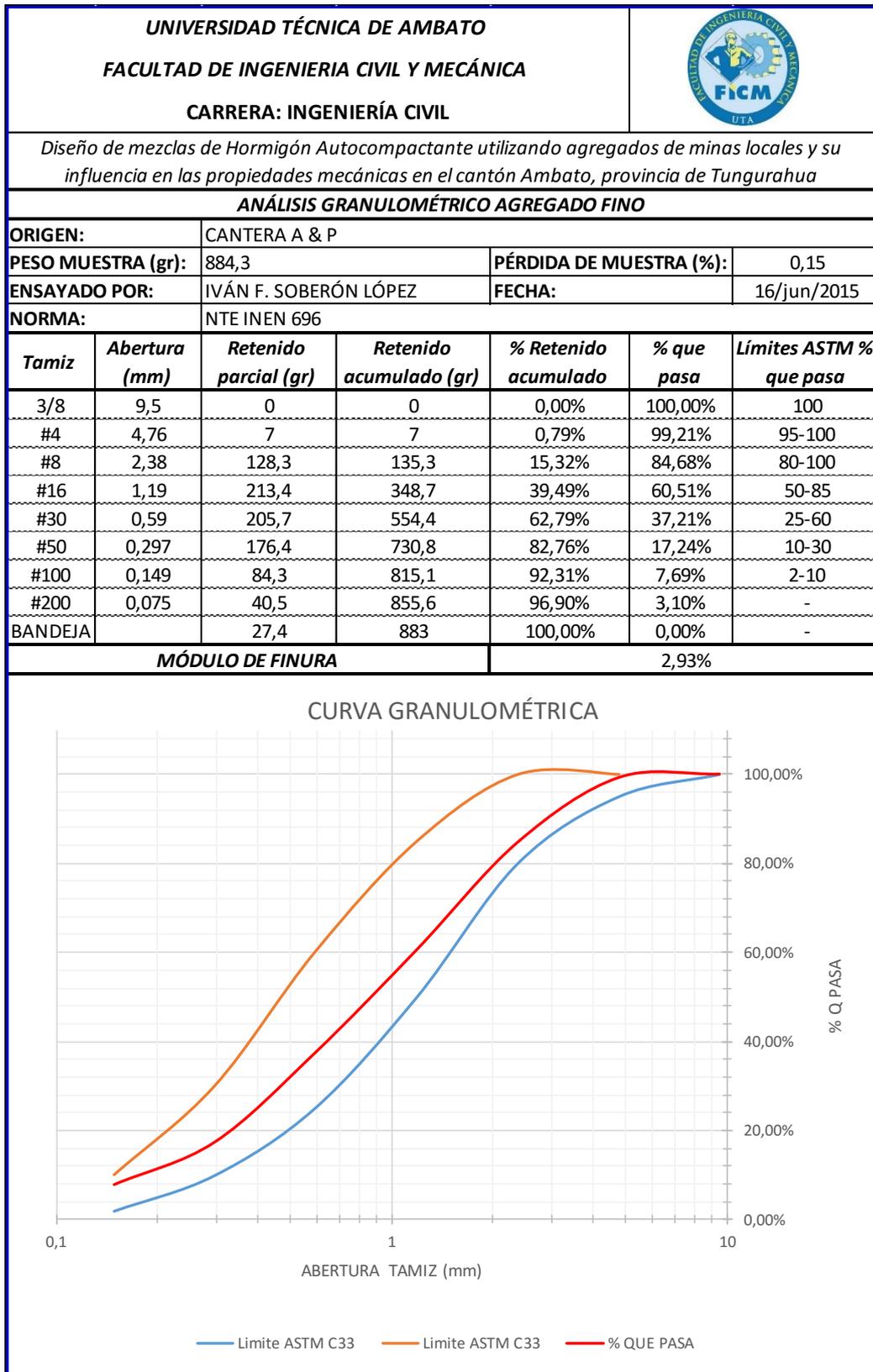


Tabla 6 Granulometría del agregado fino



Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO

ORIGEN:	CANTERA A & P		
PESO MUESTRA (gr):	5000	PÉRDIDA DE MUESTRA (%):	0,39
ENSAYADO POR:	IVÁN F. SOBERÓN LÓPEZ	FECHA:	16/jun/2015
NORMA:	NTE INEN 696		

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites ASTM % que pasa
2"	50,8	0	0	0,00%	100,00%	
1 ½"	38,1	0	0	0,00%	100,00%	
1"	25,4	0	0	0,00%	100,00%	100
¾"	19,05	0	0	0,00%	100,00%	90 - 100
½"	12,7	714	714	14,34%	85,66%	-
⅜"	9,53	2319	3033	60,90%	39,10%	20 - 55
#4	4,75	1500	4533	91,01%	8,99%	0 - 10
BANDEJA		447,5	4980,5	100,00%	0,00%	

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:

1/2"

CURVA GRANULOMÉTRICA

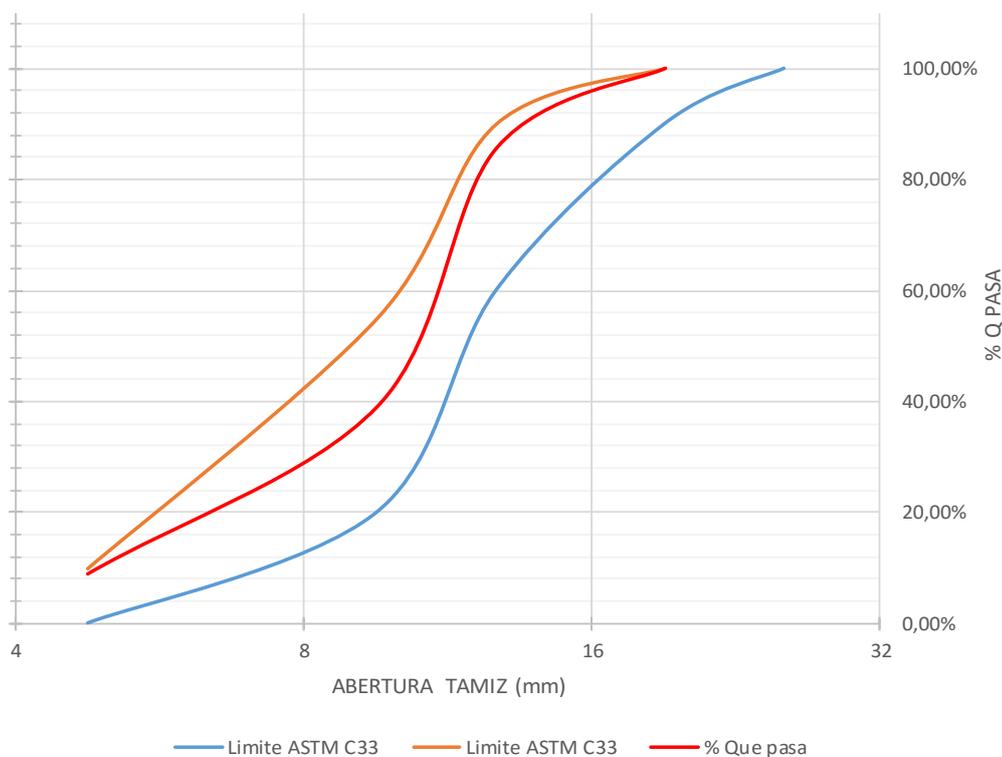


Tabla 7 Granulometría agregado grueso

4.1.2.2. Ensayos de densidad aparente.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL				
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>				
DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
ORIGEN:	CANTERA A & P			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,8			
ENSAYADO POR:	IVÁN F. SOBERÓN LÓPEZ	FECHA:	17/jun/2015	
VOLUMEN RECIPIENTE (dm ³):	20,24			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm ³)	Promedio (kg/dm ³)
GRUESO	38,70	28,90	1,43	1,43
	38,70	28,90	1,43	
FINO	42,20	32,40	1,60	1,60
	42,20	32,40	1,60	

Tabla 8 Densidad aparente compactada

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL				
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>				
DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
ORIGEN:	CANTERA A & P			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,8			
ENSAYADO POR:	IVÁN F. SOBERÓN LÓPEZ	FECHA:	17/jun/2015	
VOLUMEN RECIPIENTE (dm ³):	20,24			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm ³)	Peso Unitario Promedio (kg/dm ³)
GRUESO	36,60	26,80	1,32	1,32
	36,40	26,60	1,31	
FINO	39,40	29,60	1,46	1,47
	39,70	29,90	1,48	

Tabla 9 Formato densidad aparente suelta

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

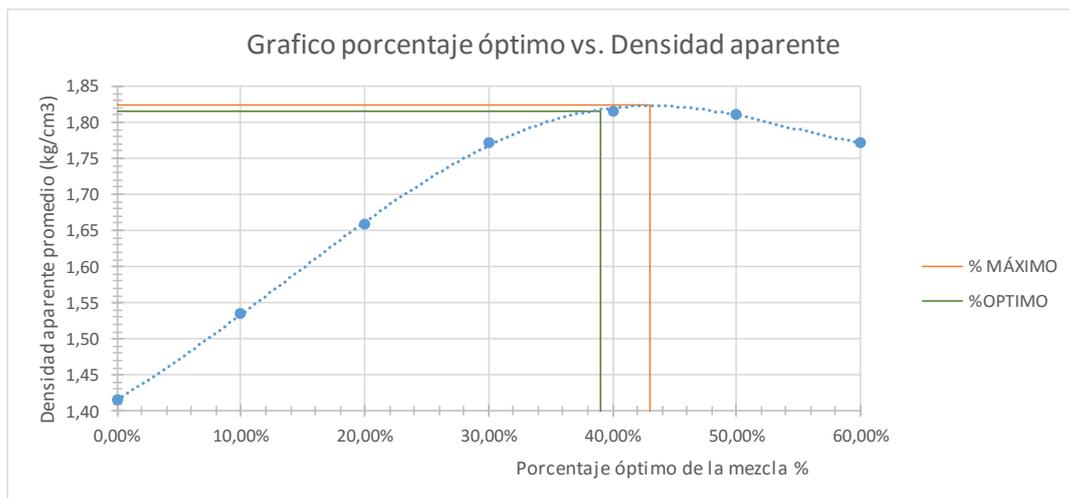


Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua

DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA

ORIGEN:	CANTERA A & P		
MASA RECIPIENTE (Kg):	9,8		
ENSAYADO POR:	IVÁN F. SOBERÓN LÓPEZ	FECHA:	18/jun/2015
VOLUMEN RECIPIENTE (dm³):	20,24		
NORMA:	NTE INEN 858:2010		

% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm ³)	Peso unitario promedio
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100,00%	0,00%	40,00	0,00	0,00	38,40	28,60	1,41	1,42
					38,50	28,70	1,42	
90,00%	10,00%	40,00	4,44	4,44	40,70	30,90	1,53	1,53
					41,00	31,20	1,54	
80,00%	20,00%	40,00	10,00	5,56	43,10	33,30	1,65	1,66
					43,60	33,80	1,67	
70,00%	30,00%	40,00	17,14	7,14	45,70	35,90	1,77	1,77
					45,60	35,80	1,77	
60,00%	40,00%	40,00	26,67	9,53	46,60	36,80	1,82	1,82
					46,50	36,70	1,81	
50,00%	50,00%	40,00	40,00	13,33	46,40	36,60	1,81	1,81
					46,50	36,70	1,81	
40,00%	60,00%	40,00	60,00	20,00	46,00	36,20	1,79	1,77
					45,30	35,50	1,75	



Porcentaje máximo de agregado fino (%)	43,00%
Porcentaje máximo de agregado grueso (%)	57,00%
Porcentaje óptimo de agregado fino (%)	39,00%
Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)	61,00%
Peso unitario máximo (gr/cm³)	1,824
Peso unitario óptimo (gr/cm³)	1,816

Tabla 10 Densidad aparente de la mezcla

4.1.2.3. Ensayos de densidad real o gravedad específica y capacidad de absorción.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL				
Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
ORIGEN:	CANTERA A & P			
ENSAYADO POR:	IVÁN F. SOBERÓN LÓPEZ	FECHA:	19/jun/2015	
NORMA:	NTE INEN 857			
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1182,00	
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1030,00	
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	6777,00	
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	4461,00	
DA	Densidad real del agua	gr/cm3	1,00	
M5 = M3 - M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	5595,00	
M6 = M4 - M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	3431,00	
VR=(M5-M6)/DA	Volumen real de la muestra	cm3	2164,00	
DR=M5/VR	Densidad real	gr/cm3	2,59	
CÁLCULO DE LACAPACIDAD DE ABSORCIÓN				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	31,20	30,90
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	151,60	132,50
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	120,40	101,60
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	148,20	130,30
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	117,00	99,40
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	2,91	2,21
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	2,56	

Tabla 11 Gravedad específica y capacidad de absorción del agregado grueso

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL				
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
ORIGEN:	CANTERA A & P			
ENSAYADO POR:	IVÁN SOBERÓN LÓPEZ	FECHA:	19/jun/2015	
NORMA:	NTE INEN 857			
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	163,30	
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	708,80	
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	991,80	
M4=M3- M2	Masa agua añadida	gr	283,00	
M5	Masa picnómetro + 500cc de agua	gr	660,10	
M6=M5- M1	Masa de 500cc de agua	gr	496,80	
DA=M6/500cm ³	Densidad del agua	gr/cm ³	0,99	
M7=M6- M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	213,80	
Msss=M2- M1	Masa del agregado	gr	545,50	
Vsss=M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm ³	215,18	
DRA=Msss/Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm ³	2,54	
CÁLCULO DE LACAPACIDAD DE ABSORCIÓN				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	31,30	30,80
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	141,90	139,60
M9=M8- M7	Masa de la muestra SSS	gr	110,60	108,80
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	139,90	137,70
M11=M10- M7	Masa de la muestra seca	gr	108,60	106,90
CA=((M9- M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	1,84	1,78
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	1,81	

Tabla 12 Gravedad específica y capacidad de absorción del agregado fino

4.1.3. Ensayos realizados al cemento

4.1.3.1. Gravedad específica del cemento

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL			
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>			
DENSIDAD REAL DEL CEMENTO			
TIPO:	PORTLAND IP		
ENSAYADO POR:	IVÁN SOBERÓN LÓPEZ	FECHA:	19/jun/2015
NORMA:	NTE INEN 857		
CALCULO DE LA DENSIDAD REAL			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa del picnómetro	gr	159,60
M2	Masa del picnómetro + muestra	gr	409,60
M3	Masa del picnómetro + muestra + gasolina	gr	709,20
M4=M3-M2	Masa gasolina añadida	gr	299,60
M5	Masa picnómetro + 500cc de gasolina	gr	528,40
M6=M5-M1	Masa de 500cc de gasolina	gr	368,80
DG=M6/500cm ³	Densidad de la gasolina	gr/cm ³	0,74
M7=M6-M4	Masa de la gasolina desalojada por la muestra	gr	69,20
M _c =M2-M1	Masa del cemento	gr	250,00
V _G =M7/DG	Volumen de la gasolina desalojada	cm ³	93,82
DRC=M _c /V _G	Densidad real del cemento	gr/cm ³	2,66
	Densidad real promedio	gr/cm ³	2,68

Tabla 13 Gravedad específica del cemento

4.1.4. Selección de aditivos.

4.1.4.1. Plastificante

Según las directrices europeas para el hormigón autocompactante “Un componente esencial del hormigón autocompactante son los aditivos superplastificante o reductores de agua de alta actividad” debido a que es un hormigón que debe tener una plasticidad elevada, es por ello que se procederá a utilizar un aditivo que cumpla estas condiciones además de las normas aplicadas en el Ecuador.

El aditivo a utilizarse tendrá las siguientes especificaciones que cumplen la norma ASTM C-494:

- Tipo A: Aditivos reductores de agua.
- Tipo F: Aditivos reductores de agua de alto rango.

4.1.5. Selección de finos (filler)

4.1.5.1. Polvo fino de sílice

Debido a la alta plasticidad del hormigón estudiado en estado fresco es necesario controlar la segregación de los agregados es por ello que se debe usar un filler.

4.2. Interpretación de datos

4.2.1. Interpretación de los datos de las encuestas

Como se muestran en las tabulaciones de las encuestas realizadas a egresados de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Técnica de Ambato, el 67% no conoce el hormigón autocompactante; esta tendencia de desconocimiento aumenta al preguntar más a fondo sobre las propiedades del hormigón a ser estudiado, pero al preguntar sobre un futuro interés en usar esta técnica, el 87% de los encuestados estarían dispuestos a implementarla en su vida profesional.

4.2.2. Interpretación de datos de los ensayos realizados a los agregados

Luego de realizados los ensayos correspondientes a los agregados finos y gruesos se establece que estos cumplen los criterios de las normas utilizadas en el Ecuador para realizar hormigones estructurales.

4.2.3. Interpretación de datos de ensayos realizados al cemento

Una vez encontrada la densidad real del cemento a utilizarse, se determina que el cemento es apto para realizar un hormigón autocompactante.

4.2.4. Interpretación de datos para la selección de aditivos.

El aditivo a utilizarse cumple con lo establecido en las directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante y además cumple con la norma ASTM C-494, aplicable en nuestro medio; por lo que se considera correcto para su uso en este proyecto.

4.3. Verificación de la hipótesis

De acuerdo a los ensayos realizados a los agregados y cemento en el laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, los datos tabulados y procesados, muestran que los materiales cumplen con las normas establecidas en el Ecuador y serán puestas a prueba al realizar la propuesta del presente proyecto.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- 5.1.1. La granulometría de los agregados se la realizó según las especificaciones de la norma INEN 696 y los límites que indica la norma ASTM C33, que define la calidad de los agregados para ser usados en el concreto; la granulometría del agregado grueso y fino se encuentran dentro de los límites de estas normas; es decir, los agregados son aptos para la elaboración de hormigón y el tamaño nominal máximo del agregado grueso es de $\frac{1}{2}$ pulgada lo cual es lo indicado para la producción del hormigón autocompactante.
- 5.1.2. Las densidades aparentes (masa unitaria o peso volumétrico), suelta y compactada, obtenidas al realizar los ensayos a los agregados fino y grueso, según las especificaciones de la norma NTE INEN 858; y luego de procesar los datos, muestran valores reales de los áridos necesarios para la correcta dosificación del hormigón en estudio.
- 5.1.3. El ensayo para determinar la densidad aparente compactada de la mezcla según las especificaciones de la norma NTE INEN 858, indica el porcentaje óptimo de agregado fino y grueso necesario para obtener una densidad óptima, que tenga la compacidad lo más elevada posible, para su correcto funcionamiento en el hormigón; el porcentaje óptimo obtenido es 39% de agregado fino y 61% de agregado grueso, con una densidad aparente de 1.816 gr/cm^3
- 5.1.4. El hormigón en estudio debe acompañarse con aditivos, seleccionados según las directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante y cumplan la norma ASTM

C-494; por lo que se procederá a usar el producto Sika ViscoCrete 210, que es un reductor de agua de alto rango.

5.1.5. Con los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los agregados y escogidas las adiciones necesarias para elaborar un hormigón autocompactante se concluye que las resistencias del hormigón esperadas en el presente proyecto serán de 300 kg/cm² y 350kg/cm².

5.1.6. Con los datos obtenidos en la encuesta realizada a egresados de ingeniería civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, se obtuvo que el 67% de los encuestados no conoce sobre el hormigón autocompactante por lo que se debe realizar una investigación y poner en conocimientos las ventajas de usar esta metodología para la construcción, ya que los mismos encuestados manifiestan un interés por hacer uso de este en su vida profesional.

5.2. Recomendaciones

5.2.1. Es necesario determinar las propiedades de los agregados que conforman el hormigón antes de proceder a dosificarlo, ya que estas propiedades varían dependiendo el lugar en donde se minan estos.

5.2.2. Cada ensayo realizado se lo debe ejecutar según lo indica su norma correspondiente, dicho ensayo y sus resultados deben estar en los límites indicados en esta, en el caso de Ecuador la norma que dicta las especificaciones es la del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

5.2.3. Para la verificación de un hormigón autocompactante, el laboratorio de ensayos de materiales debe contar con los implementos adecuados que ayuden a comprobar si se está elaborando un hormigón autocompactante.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

GUÍA TÉCNICA PARA LA FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE EN MUROS.

6.1. Datos informativos

El presente proyecto se lo desarrolla en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua, los agregados fueron obtenidos de la mina A&P ubicada en la zona minera de Las Viñas en las afueras de la ciudad de Ambato y las adiciones necesarias son distribuidas en la ciudad; se procederá a la confección de dos instrumentos de laboratorio necesarios para el estudio del hormigón autocompactante en estado fresco, el embudo en V y la caja en L y los ensayos se los realizara en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

6.1.1. Adiciones

El Hormigón autocompactante para su correcta dosificación, precisa de dos adiciones a los elementos que conforman un hormigón normal, estas son: un aditivo superplastificante y filler para mejorar la consistencia del hormigón.

En el Ecuador la empresa Sika comercializa productos de alta calidad, bajo las normas ASTM; por lo que se procedió a utilizar el producto Sikament N 100, un superplastificante reductor de agua de alto poder y el producto Sika Fume como filler, para evitar la segregación por el alto contenido de pasta característico del hormigón autocompactante.

6.1.1.1. Datos técnicos de los productos:

➤ Sikament N 100

Funciona como superplastificante y/o como reductor de agua de alto poder y cumple la norma ASTM C-1017, ASTM C-494 y NTC 1299 como aditivo tipo A y F.

➤ SikaFume

Es una adición en polvo fino, con base en microsílica. Cumple la norma ASTM C-1240.

6.1.2. Instrumentos de laboratorio

Para realizar los ensayos al hormigón autocompactante que determinan su viscosidad, capacidad de llenado y capacidad de paso es necesario instrumentación especial, por lo que se debe dotar al laboratorio de estos instrumentos que permiten determinar dichas características.

6.2. Antecedentes de la propuesta

León L. En su tesis de grado “Diseño de mezclas para Hormigón Autocompactante”, concluye que: “Los diseños de hormigón autocompactante con mejores resultados se obtuvieron de las mezclas cuyos componentes principales son: cemento tipo I y adiciones. Optimo desempeño en estado fresco y mayor evolución de las resistencias a la compresión, son sus características principales.”

Bermejo E. En su tesis doctoral “Dosificación, propiedades y durabilidad en hormigón autocompactante para Edificación” expresa que: “Es posible obtener hormigones autocompactantes de resistencias medias usando los cementos convencionales cuya clase resistente sea de 42,5, empleando un contenido de cemento de 350 kg/m³. En algunos casos, es posible reducir esta cantidad y en otros, como ocurre con los cementos cuya adición es de filler calizo, es necesario aumentar la dosificación a 375 kg/m³ de hormigón.”

Cañizares I. En su tesis de grado “Diseño de mezclas de hormigón Autocompactante Utilizando materiales de la zona” señala que: “Los HAC presentan mayor sensibilidad a la variación en el contenido de agua de la mezcla, por lo que deben ser controlados de mejor manera que los CC.”

Cabe recalcar que existen varias particularidades que se debe tomar en cuenta para dosificar un hormigón autocompactante, como la relación agua/cemento la cual no debe ser modificada con el aumento de plasticidad en estado fresco, por lo tanto se debe usar aditivos que ayudan a dar las características de un hormigón autocompactante sin reducir su resistencia a compresión.

6.3. Justificación

En el último siglo se ha revolucionado los materiales de construcción, para crear estructuras más grandes y seguras, mejorando los procesos constructivos existentes y optimizando los tiempos de ejecución y seguridad del personal en grandes obras.

El principal componente de las construcciones modernas es el hormigón por lo que se ha realizado varias investigaciones alrededor del mundo para mejorarlo y adaptarlo a las necesidades de cada estructura y región.

Uno de los problemas que se han presentado en el proceso de construcción, es la dificultad para que el hormigón normal fluya a través de estructuras esbeltas con gran densidad en su armado, por ello se crea el hormigón autocompactante que tiene la capacidad de fluir a través de cualquier tipo de armado y forma, llenando cada punto del encofrado sin necesidad de un método mecánico de compactado.

El presente proyecto tiene el objetivo de diseñar la dosificación adecuada para un hormigón autocompactante utilizando materiales de la zona de Ambato y adaptar los métodos usados en el Ecuador para dosificar concretos al hormigón autocompactante a través de la experimentación en el laboratorio, sin perder las resistencias finales deseadas.

Este estudio servirá para que exista una base para la realización de proyectos futuros con la innovación de nuevas técnicas constructivas que optimicen el tiempo de ejecución de una obra, el personal utilizado y los equipos empleados como lo es el Hormigón autocompactante.

6.4. Objetivos

6.4.1. General

Elaborar una guía técnica para la fabricación y puesta en obra del hormigón autocompactante en muros.

6.4.2. Específicos

- Determinar la dosificación y comprobarla en el laboratorio, de un Hormigón Autocompactante de 350 kg/cm² de resistencia.
- Instaurar la metodología para la identificación del Hormigón Autocompactante en el laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
- Establecer el costo del hormigón autocompactante.

6.5. Análisis de factibilidad

La presente investigación desarrollada con materiales (agregados y adiciones) distribuidos en Ambato – Ecuador, que busca establecer el procedimiento constructivo de estructuras esbeltas utilizando hormigón autocompactante, que cumpla los criterios de las “Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante”; es aplicable desarrollar la propuesta debido a que en Ambato no se aplica esta técnica de hormigones por la falta de investigación; ya que los ingenieros civiles desconocen los beneficios que presenta frente a hormigones tradicionales.

6.6. Fundamentación

6.6.1. Elaboración del equipo para el estudio del hormigón autocompactante.

Estos equipos denominados caja en L y embudo en V, se lo realizaron bajo las especificaciones de las “Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante”.

6.6.1.1. Caja en L

La caja en L determina la capacidad de paso del hormigón autocompactante, es decir, la facilidad del hormigón de fluir a través de aperturas estrechas incluyendo el espaciado entre barras de la armadura y otras obstrucciones sin segregación ni atasco.

Principio.

Un determinado volumen de hormigón fresco se lo permite fluir horizontalmente, entre barras verticales y lisas colocados en la base del instrumento, midiendo la altura más allá de las barras de armado.

Desarrollo.

Este equipo debe montarse de tal manera que resulte una estructura sólida, capaz de soportar el peso del hormigón fresco y su material constitutivo debe ser inoxidable con superficies planas y lisas; las medidas deben cumplir lo que dicen las “Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante” (Gráfico 9).

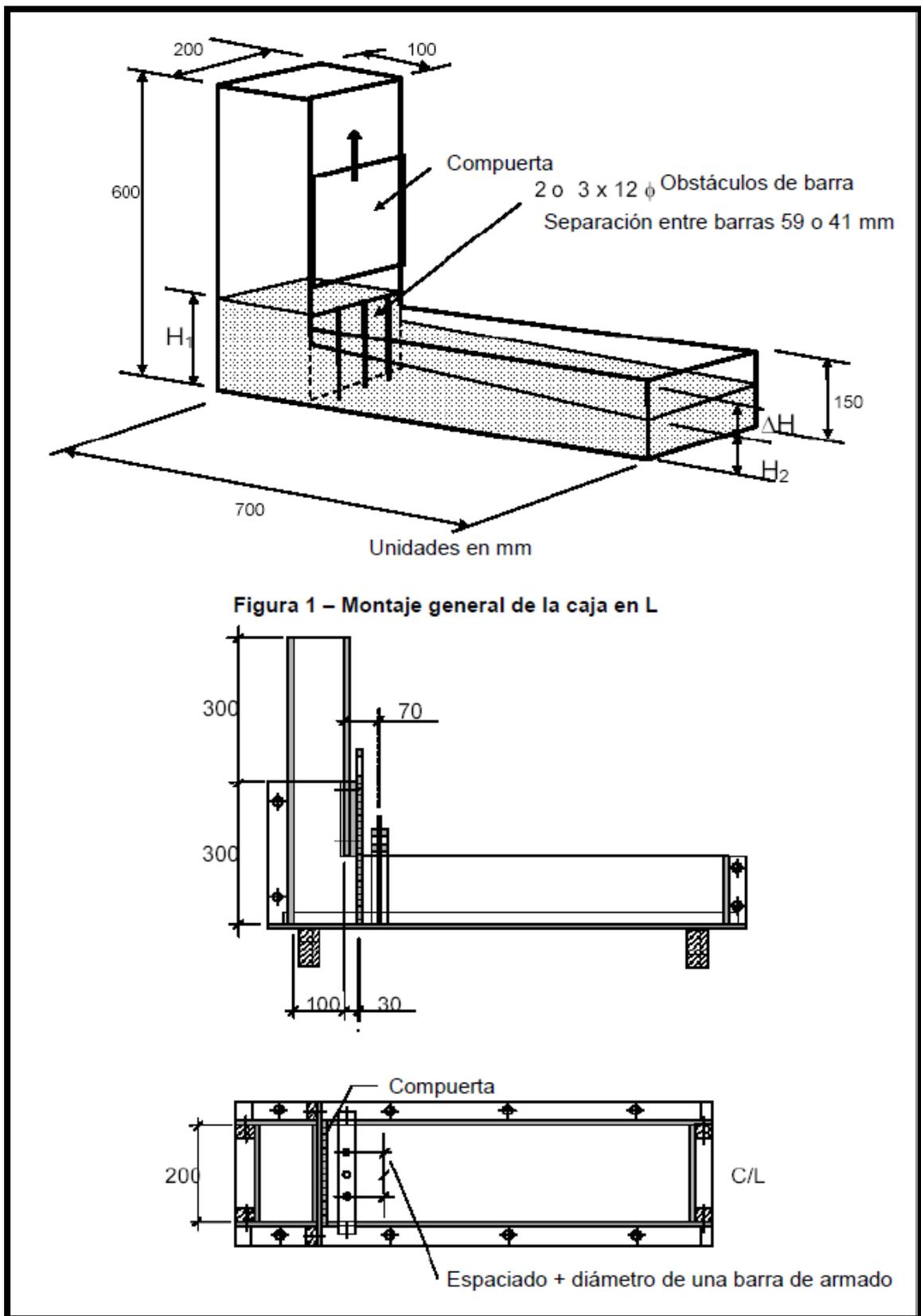


Gráfico 3 Dimensiones y diseño típico de la caja en L. Fuente: "Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante"

Diseño y Fabricación.

En primer lugar se efectuó el diseño de la caja en L en un software especializado.

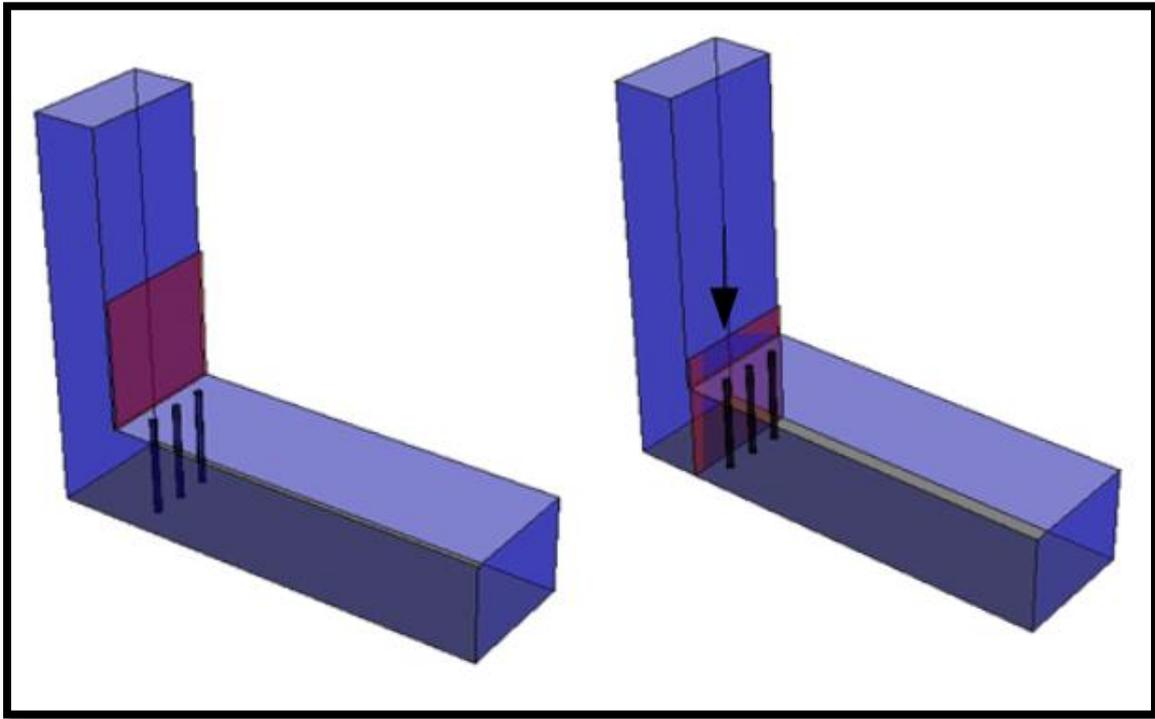


Gráfico 4 Diseño de la caja en L. Fuente: Iván Soberón

Seguidamente se procedió a la fabricación, cuya realización se la hizo bajo la supervisión de un Ingeniero Mecánico, con tol de 2,00 mm y varillas lisas de 12mm.



Gráfico 5 Caja en L terminado. Fuente: Iván Soberón

Muestra de ensayo.

Es muestreo se lo realizará de acuerdo a la norma NTE INEN 1763:2010 y UNE-EN 12350-1; Estas normas indican que aproximadamente se debe usar 17 lts de hormigón fresco.

Procedimiento.

1. Colocar la caja en L en una superficie horizontal y cerrar la compuerta.
2. Verter el hormigón en la tolva de llenado.
3. Dejar pasar 60 seg. \pm 10 seg.
4. Anotar cualquier segregación visualizada.
5. Subir la compuerta para que el hormigón fluya.
6. Se procede a medir H1 y H2 como indica el Gráfico 9.

Resultados del ensayo.

La capacidad de paso (PA) se la calcula con la siguiente ecuación:

$$PA = \frac{H2}{H1}$$

6.6.1.2. Embudo en V.

El ensayo del embudo en V se utiliza para calcular la viscosidad y capacidad de llenado del hormigón autocompactante.

Principio.

Se llena el embudo con hormigón fresco y se lo deja pasar para tomando el tiempo que se demora siendo este dato el tiempo de flujo.

Desarrollo.

Este equipo debe montarse de tal manera que resulte una estructura sólida, capaz de soportar el peso del hormigón fresco y su material constitutivo debe ser inoxidable con

superficies planas y lisas; las medidas deben cumplir lo que dicen las “Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante” (Gráfico 11).

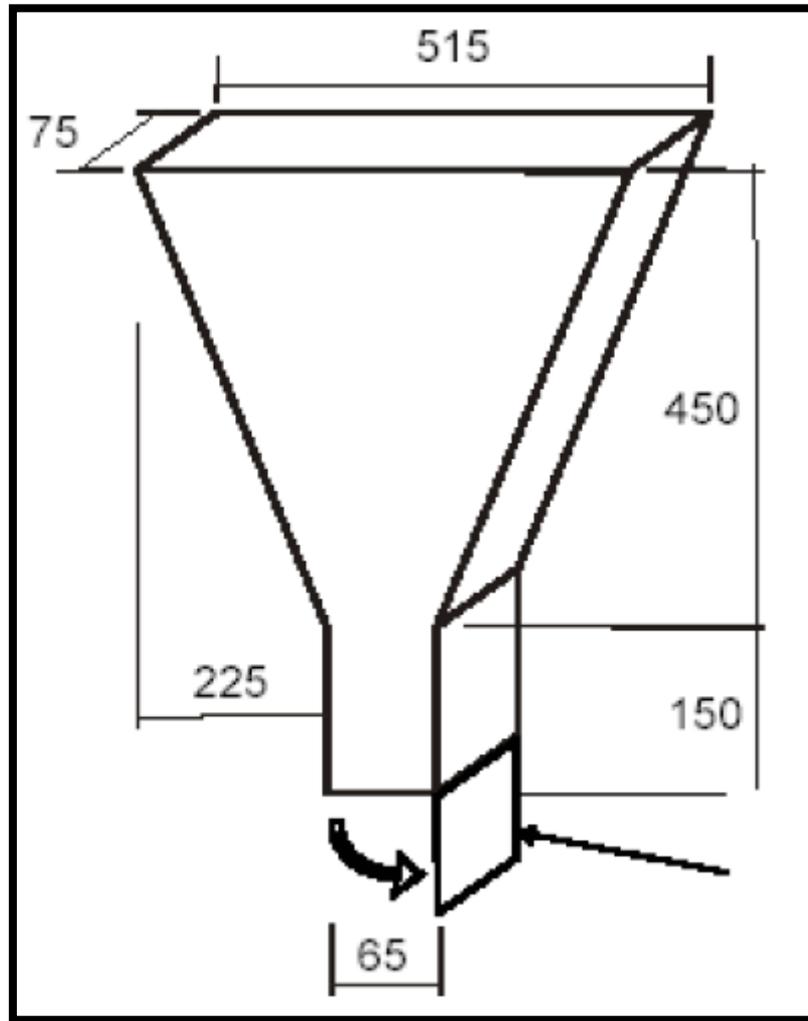


Gráfico 6 Dimensiones del embudo en V. Fuente: "Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante".

Diseño y Fabricación.

Se efectuó el diseño del embudo en V en un software especializado.

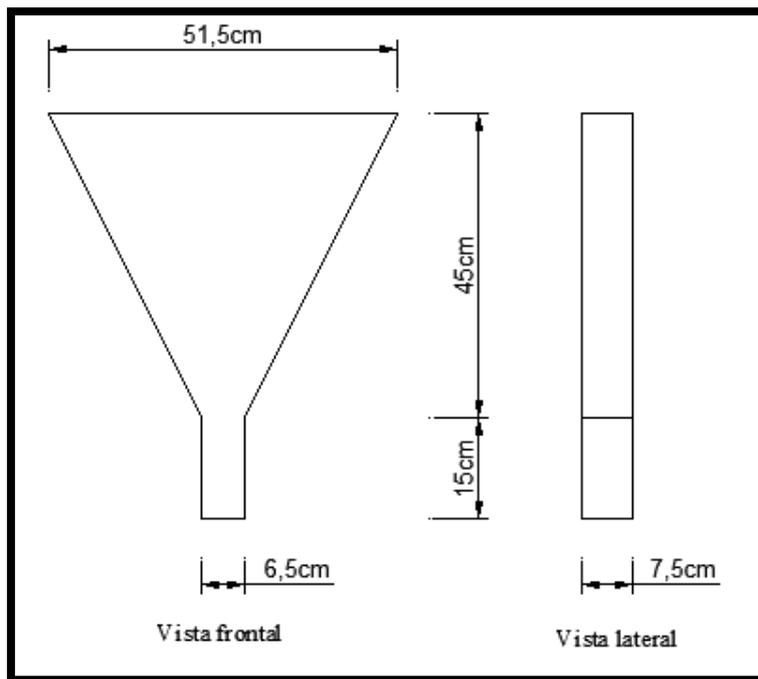


Gráfico 7 Vistas del embudo en V. Fuente: Iván Soberón

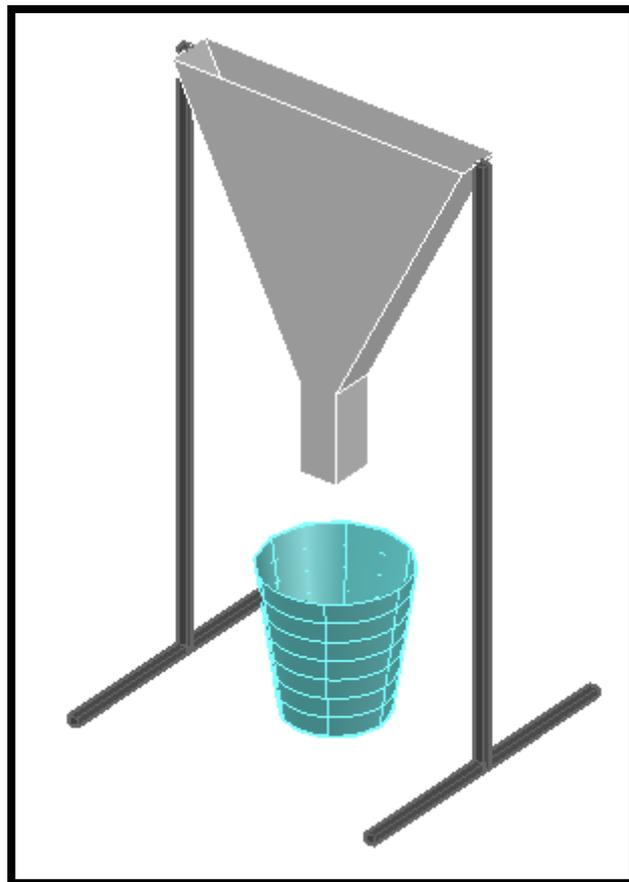


Gráfico 8 Diseño del embudo en V. Fuente: Iván Soberón

Seguidamente se procedió a su fabricación; bajo la supervisión de un Ingeniero Mecánico, con tol de 2,00 mm.



Gráfico 9 Embudo en V terminado. Fuente: Iván Soberón

Muestra de ensayo.

Es muestreo se lo realizará de acuerdo a la norma NTE INEN 1763:2010 y UNE-EN 12350-1; Estas normas indican que aproximadamente se debe usar como mínimo 12 lts de hormigón fresco.

Procedimiento.

1. Limpiar el embudo y cerrar la compuerta inferior.
2. Humedecer la superficie interior.
3. Cerrar la compuerta inferior.
4. Colocar el hormigón autocompactante sin compactación y enrasar la parte superior.
5. Colocar un recipiente debajo del embudo.
6. Abrir la compuerta tomando el tiempo (tv) que demora el hormigón desde la apertura hasta que se pueda observar el recipiente desde la parte superior del embudo.

6.6.2. Dosificación del hormigón autocompactante.

Para dosificar hormigones autocompactantes es necesario modificar un método de dosificación de hormigones convencionales mediante criterios técnicos y comprobaciones a través de ensayos de laboratorio, ya que no existe un método normalizado para este tipo de hormigones.

El proceso para diseñar un hormigón autocompactante se representa en el siguiente gráfico:

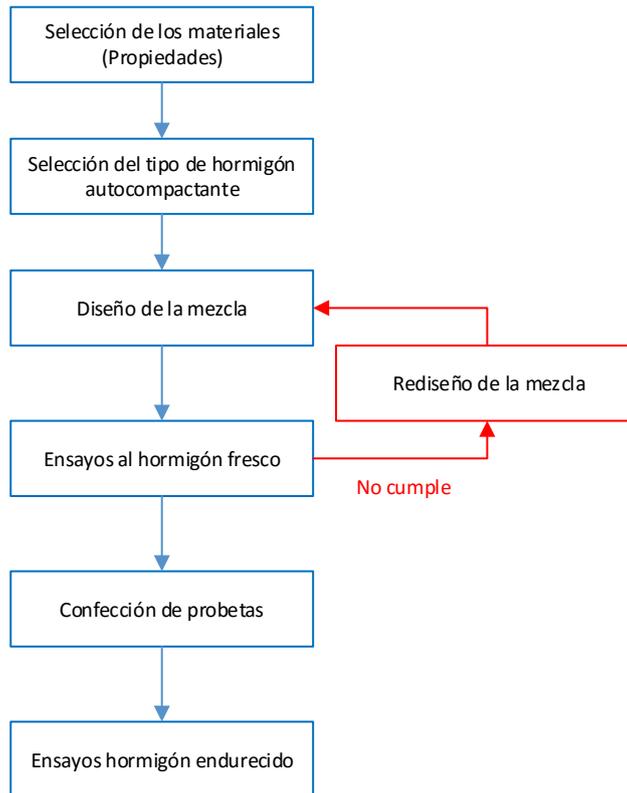


Gráfico 10. Proceso para el diseño de un hormigón autocompactante

Se procederá a utilizar la dosificación del hormigón por el método de las densidades óptimas, desarrollado en la Universidad Central del Ecuador, con algunas modificaciones necesarias para el hormigón autocompactante.

Para la utilización del método de dosificación es necesario contar con los siguientes datos obtenidos a través de ensayos de laboratorio.

- ✓ Resistencia a Compresión ($f'c$)
- ✓ Cantidad de pasta.
- ✓ Densidad Real del Cemento (DRC)
- ✓ Densidad real de la Arena (DRA)
- ✓ Densidad real del Ripio (DRR)
- ✓ Porcentaje Óptimo de Arena (POA)
- ✓ Porcentaje Óptimo de Ripio (POR)
- ✓ Densidad Óptima de la Mezcla de Agregados (DOMAg)

6.6.2.1. Procedimiento

1. Selección de la relación agua cemento.

Este método determina la relación agua/cemento dependiendo de la resistencia que se desea obtener a los 28 días de edad del hormigón con la siguiente tabla.

Resistencia a compresión a 28 días de edad en Mpa (f'c)	Relación agua/cemento (W/C)
45	0,37
42	0,40
40	0,42
35	0,46
32	0,50
30	0,51
28	0,52
25	0,55
24	0,56
21	0,58
18	0,60

Tabla 14 Determinación de la relación agua/cemento

2. Densidad Real de la mezcla (DRM)

$$DRM = \frac{DRA * POA}{100} + \frac{DRR * POR}{100}$$

3. Cantidad de Pasta (CP)

Para alcanzar las características de autocompactabilidad la condición más importante es proporcionar correctamente la cantidad de pasta que es el conjunto de cemento + agua + finos (filler).

Varias bibliografías recomiendan que la cantidad de pasta en el conjunto sea del 30% del peso total; por lo que se procederá a tomar como referencia este dato para la dosificación del hormigón autocompactante, cuyo valor puede variar en $\pm 4\%$.

4. Cantidad de Cemento (C)

$$C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$$

Al aplicar esta ecuación se obtiene un valor de masa de cemento por cada metro cúbico de hormigón (kg/m³)

5. Cantidad de Agua (W)

$$W = \frac{W}{C} * C$$

Al aplicar esta ecuación se obtiene un valor de masa de agua por cada metro cúbico de hormigón (kg/m³)

6. Cantidad de Arena (A)

$$A = (1000 - CP) * \frac{DRA * POA}{100}$$

Al aplicar esta ecuación se obtiene un valor de masa de arena por cada metro cúbico de hormigón (kg/m³)

7. Cantidad de Ripio (R)

$$R = (1000 - CP) * \frac{DRR * POR}{100}$$

Al aplicar esta ecuación se obtiene un valor de masa de ripio por cada metro cúbico de hormigón (kg/m³)

8. Dosificación al peso

Determinados las masas de cada uno de los componentes por metro cúbico de hormigón, se procede a obtener los factores de dosificación al peso de cada uno de los materiales para la dosificación, considerando que los agregados pétreos tienen que estar en condición de saturado superficie seca (SSS).

Estos factores se los obtienen dividiendo cada uno de los materiales determinados para el valor del cemento.

Seguidamente se realiza el cálculo de la cantidad de material para un saco de cemento (50 kg). Este valor puede variar dependiendo la capacidad de la mezcladora donde se va realizar el hormigón.

$$W, A, R (1 \text{ saco}) = \frac{fW, fA, fR * 50.00 \text{ kg}}{1.00}$$

9. Corrección a la dosificación.

Se debe determinar el contenido de humedad de los materiales pétreos un día antes de realizar las mezclas de hormigón, siguiendo los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 856 – 857.

Ya obtenidos los porcentajes de humedad de los agregados se procede a realizar las correcciones por humedad de los diseños de mezclas, con la utilización de las siguientes formulas:

$$\text{Arena} = \text{Masa (arena)} * \frac{100 + \%humedad (arena)}{100 + \%absorción (arena)}$$

$$\text{Ripio} = \text{Masa (ripio)} * \frac{100 + \%humedad (ripio)}{100 + \%absorción (ripio)}$$

10. Determinación del porcentaje de adiciones

Para determinar las adiciones en un hormigón autocompactante es necesario conocer el uso que se le va a dar a este para determinar el tipo de hormigón autocompactante; para eso se usa la siguiente gráfica.

Viscosidad			
VF2			
VF1 O VF2			
VF1			
	SF1	SF2	SF3
	Asentamiento		

Tabla 15 Propiedades del Hormigón Autocompactante para diferentes tipos de aplicaciones. Fuente: Walraven, 2003

Las adiciones se las dosificaron en primera instancia siguiendo las recomendaciones de los fabricantes de estas, pero ya que se cubre una gran cantidad de posibilidades, se realizaron ensayos de prueba y error con varias opciones de dosificación para luego comprobar estas dosificaciones y realizar los ajustes necesarios; de estos ensayos se calculó una tabla que puede ser usada como referencia para futuros proyectos.

Tipo de asentamiento	Aditivo superplastificante	Finos (Filler)
	0,00%	0,00%
SF1	2,00%	5,0%
SF2	2,50%	6,0%
SF3	3,00%	7,0%

Tabla 16 Porcentajes referenciales de adiciones

6.6.2.2. Resultados de las dosificaciones

Dosificación Hormigón convencional

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				CARRERA: INGENIERÍA CIVIL			
											
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>											
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE											
PRUEBA #1											
MÉTODO:				DENSIDAD ÓPTIMA							
ELABORADO POR:				IVÁN SOBERÓN LÓPEZ				FECHA		01/Jul/2015	
DATOS											
Resistencia a compresión [f'c] (kg/cm ²)				350		Porcentaje óptimo de arena [POA] (%)				39,00%	
Densidad real del cemento [DRC] (kg/dm ³)				2,680		Módulo de finura de la arena [MFA]				2,93%	
Densidad real de la arena [DRA] (kg/dm ³)				2,540		Porcentaje óptimo de ripio [POR] (%)				61,00%	
Densidad real del ripio [DRR] (kg/dm ³)				2,590		Densidad óptima de la mezcla [DOM] (kg/dm ³)				1,816	
Densidad aparente suelta arena [DAA] (kg/dm ³)				1,470		Capacidad de absorción de la arena [CAA] (%)				1,81%	
Densidad aparente suelta ripio [DAR] (kg/dm ³)				1,320		Capacidad de absorción del ripio [CAR] (%)				2,56%	
Densidad aparente compactada arena [DAA] (kg/dm ³)				1,600		Contenido de humedad de la arena [CHA] (%)				1,00%	
Densidad aparente compactada ripio [DAR] (kg/dm ³)				1,430		Contenido de humedad del ripio [CHR] (%)				1,50%	
Clase de Asentamiento				12 a 15		Porcentaje de finos 3 al 10 % del peso cemento				0,00%	
						Porcentaje de aditivo del peso del cemento				0,00%	
SELECCIÓN Y CÁLCULOS											
Relación agua/cemento [W/C] (Tabla 13)								0,46			
Densidad real de la mezcla [DRM] (Ecuación 1)						kg/dm ³		2,571			
Porcentaje óptimo de vacíos [POV] (Ecuación 2)						%		29,35%			
Asentamiento						mm		120 a 150			
Cantidad de pasta [CP] (Tabla 14)						%		35,17%			
Volumen de pasta [CP] (Ecuación 3)						dm ³		351,68			
DOSIFICACIÓN											
Material	Cantidad en kg por cada m ³ de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en kg por saco de cemento	%	CA%	CH%	Corrección Humedad CA - CH		Cantidad corregida en kg por saco de cemento		
							%	Kg			
W	194,17	0,46	4,60	8,51				0,38	4,98		
C	422,12	1,00	10,00	18,49					10,00		
A	642,23	1,52	15,21	28,13	1,81%	1,00%	0,81%	0,12	15,09		
R	1024,28	2,43	24,27	44,87	2,56%	1,50%	1,06%	0,26	24,01		
Aditivo											
Filler											
OBSERVACIONES											
Esta dosificación corresponde a la de un hormigón convencional, sin ninguna característica de un hormigón autocompactante.											

Tabla 17 Dosificación HAC Prueba 1

Dosificaciones para comprobación de porcentaje de aditivos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL									
Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua									
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE									
PRUEBA #2									
MÉTODO:		DENSIDAD ÓPTIMA							
ELABORADO POR:		IVÁN SOBERÓN LÓPEZ	FECHA		02/Jul/2015				
DATOS									
Resistencia a compresión [f'c] (kg/cm ²)	350	Porcentaje óptimo de arena [POA] (%)	39,00%						
Densidad real del cemento [DRC] (kg/dm ³)	2,680	Módulo de finura de la arena [MFA]	2,93%						
Densidad real de la arena [DRA] (kg/dm ³)	2,540	Porcentaje óptimo de ripio [POR] (%)	61,00%						
Densidad real del ripio [DRR] (kg/dm ³)	2,590	Densidad óptima de la mezcla [DOM] (kg/dm ³)	1,816						
Densidad aparente suelta arena [DAA] (kg/dm ³)	1,470	Capacidad de absorción de la arena [CAA] (%)	1,81%						
Densidad aparente suelta ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,320	Capacidad de absorción del ripio [CAR] (%)	2,56%						
Densidad aparente compactada arena [DAA] (kg/dm ³)	1,600	Contenido de humedad de la arena [CHA] (%)	0,50%						
Densidad aparente compactada ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,430	Contenido de humedad del ripio [CHR] (%)	0,50%						
Clase de Asentamiento	SF2	Porcentaje de finos 3 al 10 % del peso cemento	0,00%						
		Porcentaje de aditivo del peso del cemento	0,00%						
SELECCIÓN Y CÁLCULOS									
Relación agua/cemento [W/C] (Tabla 13)			0,46						
Densidad real de la mezcla [DRM] (Ecuación 1)			kg/dm ³	2,571					
Porcentaje óptimo de vacíos [POV] (Ecuación 2)			%	29,35%					
Asentamiento			mm	660 a 750					
Cantidad de pasta [CP] (Tabla 14)			%	37,81%					
Volumen de pasta [CP] (Ecuación 3)			dm ³	378,10					
DOSIFICACIÓN									
Material	Cantidad en kg por cada m ³ de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en kg por saco de cemento	%	CA%	CH%	Corrección Humedad CA - CH		Cantidad corregida en kg por saco de cemento
							%	Kg	
W	208,76	0,46	4,60	9,23				0,62	5,22
C	453,83	1,00	10,00	20,07					10,00
A	616,06	1,36	13,57	27,24	1,81%	0,50%	1,31%	0,18	13,40
R	982,54	2,17	21,65	43,45	2,56%	0,50%	2,06%	0,45	21,20
Aditivo									
Filler									
OBSERVACIONES									
Esta dosificación corresponde a la de un hormigón con un 30% de pasta y sin adiciones.									

Tabla 18 Dosificación HAC Prueba 2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL									
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>									
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE									
PRUEBA #3									
MÉTODO:		DENSIDAD ÓPTIMA							
ELABORADO POR:		IVÁN SOBERÓN LÓPEZ	FECHA		03/Jul/2015				
DATOS									
Resistencia a compresión [f'c] (kg/cm2)	350	Porcentaje óptimo de arena [POA] (%)	39,00%						
Densidad real del cemento [DRC] (kg/dm3)	2,680	Módulo de finura de la arena [MFA]	2,93%						
Densidad real de la arena [DRA] (kg/dm3)	2,540	Porcentaje óptimo de ripio [POR] (%)	61,00%						
Densidad real del ripio [DRR] (kg/dm3)	2,590	Densidad óptima de la mezcla [DOM] (kg/dm3)	1,816						
Densidad aparente suelta arena [DAA] (kg/dm3)	1,470	Capacidad de absorción de la arena [CAA] (%)	1,81%						
Densidad aparente suelta ripio [DAR] (kg/dm3)	1,320	Capacidad de absorción del ripio [CAR] (%)	2,56%						
Densidad aparente compactada arena [DAA] (kg/dm3)	1,600	Contenido de humedad de la arena [CHA] (%)	0,50%						
Densidad aparente compactada ripio [DAR] (kg/dm3)	1,430	Contenido de humedad del ripio [CHR] (%)	0,50%						
Clase de Asentamiento	SF2	Porcentaje de finos 3 al 10 % del peso cemento	0,00%						
		Porcentaje de aditivo del peso del cemento	0,50%						
SELECCIÓN Y CÁLCULOS									
Relación agua/cemento [W/C] (Tabla 13)			0,46						
Densidad real de la mezcla [DRM] (Ecuación 1)		kg/dm3	2,571						
Porcentaje óptimo de vacíos [POV] (Ecuación 2)		%	29,35%						
Asentamiento		mm	660 a 750						
Cantidad de pasta [CP] (Tabla 14)		%	37,81%						
Volumen de pasta [CP] (Ecuación 3)		dm3	378,10						
DOSIFICACIÓN									
Material	Cantidad en kg por cada m3 de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en kg por saco de cemento	%	CA%	CH%	Corrección Humedad CA - CH		Cantidad corregida en kg por saco de cemento
							%	Kg	
W	208,76	0,46	4,60	9,22				0,62	5,22
C	453,83	1,00	10,00	20,05					10,00
A	616,06	1,36	13,57	27,22	1,81%	0,50%	1,31%	0,18	13,40
R	982,54	2,17	21,65	43,41	2,56%	0,50%	2,06%	0,45	21,20
Aditivo	2,27	0,01	0,05	0,10					0,05
Filler									

Tabla 19 Dosificación HAC Prueba 3

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL									
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>									
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE									
PRUEBA #4									
MÉTODO:		DENSIDAD ÓPTIMA							
ELABORADO POR:		IVÁN SOBERÓN LÓPEZ	FECHA		04/Jul/2015				
DATOS									
Resistencia a compresión [f'c] (kg/cm ²)	350	Porcentaje óptimo de arena [POA] (%)	39,00%						
Densidad real del cemento [DRC] (kg/dm ³)	2,680	Módulo de finura de la arena [MFA]	2,93%						
Densidad real de la arena [DRA] (kg/dm ³)	2,540	Porcentaje óptimo de ripio [POR] (%)	61,00%						
Densidad real del ripio [DRR] (kg/dm ³)	2,590	Densidad óptima de la mezcla [DOM] (kg/dm ³)	1,816						
Densidad aparente suelta arena [DAA] (kg/dm ³)	1,470	Capacidad de absorción de la arena [CAA] (%)	1,81%						
Densidad aparente suelta ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,320	Capacidad de absorción del ripio [CAR] (%)	2,56%						
Densidad aparente compactada arena [DAA] (kg/dm ³)	1,600	Contenido de humedad de la arena [CHA] (%)	0,50%						
Densidad aparente compactada ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,430	Contenido de humedad del ripio [CHR] (%)	0,50%						
Clase de Asentamiento	SF1	Porcentaje de finos 3 al 10 % del peso cemento	0,00%						
		Porcentaje de aditivo del peso del cemento	1,00%						
SELECCIÓN Y CÁLCULOS									
Relación agua/cemento [W/C] (Tabla 13)			0,46						
Densidad real de la mezcla [DRM] (Ecuación 1)		kg/dm ³	2,571						
Porcentaje óptimo de vacíos [POV] (Ecuación 2)		%	29,35%						
Asentamiento		mm	550 a 650						
Cantidad de pasta [CP] (Tabla 14)		%	37,22%						
Volumen de pasta [CP] (Ecuación 3)		dm ³	372,23						
DOSIFICACIÓN									
Material	Cantidad en kg por cada m ³ de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en kg por saco de cemento	%	CA%	CH%	Corrección Humedad CA - CH		Cantidad corregida en kg por saco de cemento
							%	Kg	
W	205,52	0,46	4,60	9,05				0,64	5,24
C	446,78	1,00	10,00	19,68					10,00
A	621,87	1,39	13,92	27,39	1,81%	0,50%	1,31%	0,18	13,74
R	991,82	2,22	22,20	43,68	2,56%	0,50%	2,06%	0,46	21,74
Aditivo	4,47	0,01	0,10	0,20					0,10
Filler									

Tabla 20 Dosificación HAC Prueba 4

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL									
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>									
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE									
PRUEBA #5									
MÉTODO:		DENSIDAD ÓPTIMA							
ELABORADO POR:		IVÁN SOBERÓN LÓPEZ	FECHA		06/Jul/2015				
DATOS									
Resistencia a compresión [f'c] (kg/cm ²)	350	Porcentaje óptimo de arena [POA] (%)	39,00%						
Densidad real del cemento [DRC] (kg/dm ³)	2,680	Módulo de finura de la arena [MFA]	2,93%						
Densidad real de la arena [DRA] (kg/dm ³)	2,540	Porcentaje óptimo de ripio [POR] (%)	61,00%						
Densidad real del ripio [DRR] (kg/dm ³)	2,590	Densidad óptima de la mezcla [DOM] (kg/dm ³)	1,816						
Densidad aparente suelta arena [DAA] (kg/dm ³)	1,470	Capacidad de absorción de la arena [CAA] (%)	1,81%						
Densidad aparente suelta ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,320	Capacidad de absorción del ripio [CAR] (%)	2,56%						
Densidad aparente compactada arena [DAA] (kg/dm ³)	1,600	Contenido de humedad de la arena [CHA] (%)	0,50%						
Densidad aparente compactada ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,430	Contenido de humedad del ripio [CHR] (%)	0,50%						
Clase de Asentamiento	SF1	Porcentaje de finos 3 al 10 % del peso cemento	3,00%						
		Porcentaje de aditivo del peso del cemento	1,50%						
SELECCIÓN Y CÁLCULOS									
Relación agua/cemento [W/C] (Tabla 13)			0,46						
Densidad real de la mezcla [DRM] (Ecuación 1)		kg/dm ³	2,571						
Porcentaje óptimo de vacíos [POV] (Ecuación 2)		%	29,35%						
Asentamiento		mm	550 a 650						
Cantidad de pasta [CP] (Tabla 14)		%	37,22%						
Volumen de pasta [CP] (Ecuación 3)		dm ³	372,23						
DOSIFICACIÓN									
Material	Cantidad en kg por cada m ³ de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en kg por saco de cemento	%	CA%	CH%	Corrección Humedad CA - CH		Cantidad corregida en kg por saco de cemento
							%	Kg	
W	205,52	0,46	4,60	8,99				0,64	5,24
C	446,78	1,00	10,00	19,54					10,00
A	621,87	1,39	13,92	27,20	1,81%	0,50%	1,31%	0,18	13,74
R	991,82	2,22	22,20	43,38	2,56%	0,50%	2,06%	0,46	21,74
Aditivo	6,70	0,02	0,15	0,29					0,15
Filler	13,40	0,03	0,30	0,59					0,30

Tabla 21 Dosificación HAC Prueba 5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL									
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>									
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE									
PRUEBA #6									
MÉTODO:		DENSIDAD ÓPTIMA							
ELABORADO POR:		IVÁN SOBERÓN LÓPEZ	FECHA		07/Jul/2015				
DATOS									
Resistencia a compresión [f'c] (kg/cm ²)	350	Porcentaje óptimo de arena [POA] (%)	39,00%						
Densidad real del cemento [DRC] (kg/dm ³)	2,680	Módulo de finura de la arena [MFA]	2,93%						
Densidad real de la arena [DRA] (kg/dm ³)	2,540	Porcentaje óptimo de ripio [POR] (%)	61,00%						
Densidad real del ripio [DRR] (kg/dm ³)	2,590	Densidad óptima de la mezcla [DOM] (kg/dm ³)	1,816						
Densidad aparente suelta arena [DAA] (kg/dm ³)	1,470	Capacidad de absorción de la arena [CAA] (%)	1,81%						
Densidad aparente suelta ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,320	Capacidad de absorción del ripio [CAR] (%)	2,56%						
Densidad aparente compactada arena [DAA] (kg/dm ³)	1,600	Contenido de humedad de la arena [CHA] (%)	0,50%						
Densidad aparente compactada ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,430	Contenido de humedad del ripio [CHR] (%)	0,50%						
Clase de Asentamiento	SF1	Porcentaje de finos 3 al 10 % del peso cemento	7,00%						
		Porcentaje de aditivo del peso del cemento	2,50%						
SELECCIÓN Y CÁLCULOS									
Relación agua/cemento [W/C] (Tabla 13)			0,46						
Densidad real de la mezcla [DRM] (Ecuación 1)		kg/dm ³	2,571						
Porcentaje óptimo de vacíos [POV] (Ecuación 2)		%	29,35%						
Asentamiento		mm	550 a 650						
Cantidad de pasta [CP] (Tabla 14)		%	37,22%						
Volumen de pasta [CP] (Ecuación 3)		dm ³	372,23						
DOSIFICACIÓN									
Material	Cantidad en kg por cada m ³ de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en kg por saco de cemento	%	CA%	CH%	Corrección Humedad CA - CH		Cantidad corregida en kg por saco de cemento
							%	Kg	
W	205,52	0,46	4,60	8,90				0,64	5,24
C	446,78	1,00	10,00	19,35					10,00
A	621,87	1,39	13,92	26,94	1,81%	0,50%	1,31%	0,18	13,74
R	991,82	2,22	22,20	42,97	2,56%	0,50%	2,06%	0,46	21,74
Aditivo	11,17	0,03	0,25	0,48					0,25
Filler	31,27	0,07	0,70	1,35					0,70

Tabla 22 Dosificación HAC Prueba 6

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL									
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>									
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE									
PRUEBA #7									
MÉTODO:		DENSIDAD ÓPTIMA							
ELABORADO POR:		IVÁN SOBERÓN LÓPEZ	FECHA		08/Jul/2015				
DATOS									
Resistencia a compresión [f'c] (kg/cm ²)	350	Porcentaje óptimo de arena [POA] (%)	39,00%						
Densidad real del cemento [DRC] (kg/dm ³)	2,680	Módulo de finura de la arena [MFA]	2,93%						
Densidad real de la arena [DRA] (kg/dm ³)	2,540	Porcentaje óptimo de ripio [POR] (%)	61,00%						
Densidad real del ripio [DRR] (kg/dm ³)	2,590	Densidad óptima de la mezcla [DOM] (kg/dm ³)	1,816						
Densidad aparente suelta arena [DAA] (kg/dm ³)	1,470	Capacidad de absorción de la arena [CAA] (%)	1,81%						
Densidad aparente suelta ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,320	Capacidad de absorción del ripio [CAR] (%)	2,56%						
Densidad aparente compactada arena [DAA] (kg/dm ³)	1,600	Contenido de humedad de la arena [CHA] (%)	0,50%						
Densidad aparente compactada ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,430	Contenido de humedad del ripio [CHR] (%)	0,50%						
Clase de Asentamiento	SF1	Porcentaje de finos 3 al 10 % del peso cemento	8,00%						
		Porcentaje de aditivo del peso del cemento	3,00%						
SELECCIÓN Y CÁLCULOS									
Relación agua/cemento [W/C] (Tabla 13)			0,46						
Densidad real de la mezcla [DRM] (Ecuación 1)		kg/dm ³	2,571						
Porcentaje óptimo de vacíos [POV] (Ecuación 2)		%	29,35%						
Asentamiento		mm	550 a 650						
Cantidad de pasta [CP] (Tabla 14)		%	37,22%						
Volumen de pasta [CP] (Ecuación 3)		dm ³	372,23						
DOSIFICACIÓN									
Material	Cantidad en kg por cada m ³ de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en kg por saco de cemento	%	CA%	CH%	Corrección Humedad CA - CH		Cantidad corregida en kg por saco de cemento
							%	Kg	
W	205,52	0,46	4,60	8,88				0,64	5,24
C	446,78	1,00	10,00	19,30					10,00
A	621,87	1,39	13,92	26,86	1,81%	0,50%	1,31%	0,18	13,74
R	991,82	2,22	22,20	42,84	2,56%	0,50%	2,06%	0,46	21,74
Aditivo	13,40	0,03	0,30	0,58					0,30
Filler	35,74	0,08	0,80	1,54					0,80

Tabla 23 Dosificación HAC Prueba 7

Dosificaciones definitivas

Después de realizados varias pruebas de ensayo y error, y aplicando la tabla determinada se obtuvo las dosificaciones definitivas para el presente proyecto.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			CARRERA: INGENIERÍA CIVIL				
Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua										
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE										
PRUEBA #8										
MÉTODO:			DENSIDAD ÓPTIMA							
ELABORADO POR:			IVÁN SOBERÓN LÓPEZ				FECHA		13/Jul/2015	
DATOS										
Resistencia a compresión [f'c] (kg/cm ²)	350	Porcentaje óptimo de arena [POA] (%)	39,00%							
Densidad real del cemento [DRC] (kg/dm ³)	2,680	Módulo de finura de la arena [MFA]	2,93%							
Densidad real de la arena [DRA] (kg/dm ³)	2,540	Porcentaje óptimo de ripio [POR] (%)	61,00%							
Densidad real del ripio [DRR] (kg/dm ³)	2,590	Densidad óptima de la mezcla [DOM] (kg/dm ³)	1,816							
Densidad aparente suelta arena [DAA] (kg/dm ³)	1,470	Capacidad de absorción de la arena [CAA] (%)	1,81%							
Densidad aparente suelta ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,320	Capacidad de absorción del ripio [CAR] (%)	2,56%							
Densidad aparente compactada arena [DAA] (kg/dm ³)	1,600	Contenido de humedad de la arena [CHA] (%)	0,50%							
Densidad aparente compactada ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,430	Contenido de humedad del ripio [CHR] (%)	0,50%							
Clase de Asentamiento	SF1	Porcentaje de finos 3 al 10 % del peso cemento	4,00%							
		Porcentaje de aditivo del peso del cemento	2,00%							
SELECCIÓN Y CÁLCULOS										
Relación agua/cemento [W/C] (Tabla 13)			0,46							
Densidad real de la mezcla [DRM] (Ecuación 1)		kg/dm ³	2,571							
Porcentaje óptimo de vacíos [POV] (Ecuación 2)		%	29,35%							
Cantidad de pasta [CP] (Tabla 14)		%	37,00%	Mayor a 31,35%						
Porcentaje de pasta en la masa total [PPM]		%	29,00%	30 % de Pasta						
Volumen de pasta [CP] (Ecuación 3)		dm ³	370,00							
DOSIFICACIÓN										
Material	Cantidad en kg por cada m ³ de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en kg por saco de cemento	%	CA%	CH%	Corrección Humedad CA - CH		Cantidad corregida en kg por saco de cemento	
							%	Kg		
W	204,29	0,46	4,14	8,90				0,58	4,72	
C	444,11	1,00	9,00	19,36					9,00	
A	624,08	1,41	12,65	27,20	1,81%	0,50%	1,31%	0,17	12,48	
R	995,34	2,24	20,17	43,38	2,56%	0,50%	2,06%	0,42	19,76	
Aditivo	8,88	0,02	0,18	0,39					0,18	
Filler	17,76	0,04	0,36	0,77					0,36	

Tabla 24 Dosificación HAC Prueba 8

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL									
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>									
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE									
PRUEBA #9									
MÉTODO:		DENSIDAD ÓPTIMA							
ELABORADO POR:		IVÁN SOBERÓN LÓPEZ	FECHA		15/Jul/2015				
DATOS									
Resistencia a compresión [f'c] (kg/cm ²)	350	Porcentaje óptimo de arena [POA] (%)	39,00%						
Densidad real del cemento [DRC] (kg/dm ³)	2,680	Módulo de finura de la arena [MFA]	2,93%						
Densidad real de la arena [DRA] (kg/dm ³)	2,540	Porcentaje óptimo de ripio [POR] (%)	61,00%						
Densidad real del ripio [DRR] (kg/dm ³)	2,590	Densidad óptima de la mezcla [DOM] (kg/dm ³)	1,816						
Densidad aparente suelta arena [DAA] (kg/dm ³)	1,470	Capacidad de absorción de la arena [CAA] (%)	1,81%						
Densidad aparente suelta ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,320	Capacidad de absorción del ripio [CAR] (%)	2,56%						
Densidad aparente compactada arena [DAA] (kg/dm ³)	1,600	Contenido de humedad de la arena [CHA] (%)	0,50%						
Densidad aparente compactada ripio [DAR] (kg/dm ³)	1,430	Contenido de humedad del ripio [CHR] (%)	0,50%						
Clase de Asentamiento	SF2	Porcentaje de finos 3 al 10 % del peso cemento	6,00%						
		Porcentaje de aditivo del peso del cemento	2,50%						
SELECCIÓN Y CÁLCULOS									
Relación agua/cemento [W/C] (Tabla 13)			0,46						
Densidad real de la mezcla [DRM] (Ecuación 1)		kg/dm ³	2,571						
Porcentaje óptimo de vacíos [POV] (Ecuación 2)		%	29,35%						
Cantidad de pasta [CP] (Tabla 14)		%	37,00%	Mayor a 31,35%					
Porcentaje de pasta en la masa total [PPM]		%	30,00%	30 % de Pasta					
Volumen de pasta [CP] (Ecuación 3)		dm ³	370,00						
DOSIFICACIÓN									
Material	Cantidad en kg por cada m ³ de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en kg por saco de cemento	%	CA%	CH%	Corrección Humedad CA - CH		Cantidad corregida en kg por saco de cemento
							%	Kg	
W	204,29	0,46	4,14	8,86				0,58	4,72
C	444,11	1,00	9,00	19,26					9,00
A	624,08	1,41	12,65	27,07	1,81%	0,50%	1,31%	0,17	12,48
R	995,34	2,24	20,17	43,17	2,56%	0,50%	2,06%	0,42	19,76
Aditivo	11,10	0,03	0,23	0,48					0,23
Filler	26,65	0,06	0,54	1,16					0,54

Tabla 25 Dosificación HAC Prueba 9

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL									
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>									
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE									
PRUEBA #10									
MÉTODO:		DENSIDAD ÓPTIMA							
ELABORADO POR:		IVÁN SOBERÓN LÓPEZ	FECHA		17/Jul/2015				
DATOS									
Resistencia a compresión [f'c] (kg/cm2)	350	Porcentaje óptimo de arena [POA] (%)	39,00%						
Densidad real del cemento [DRC] (kg/dm3)	2,680	Módulo de finura de la arena [MFA]	2,93%						
Densidad real de la arena [DRA] (kg/dm3)	2,540	Porcentaje óptimo de ripio [POR] (%)	61,00%						
Densidad real del ripio [DRR] (kg/dm3)	2,590	Densidad óptima de la mezcla [DOM] (kg/dm3)	1,816						
Densidad aparente suelta arena [DAA] (kg/dm3)	1,470	Capacidad de absorción de la arena [CAA] (%)	1,81%						
Densidad aparente suelta ripio [DAR] (kg/dm3)	1,320	Capacidad de absorción del ripio [CAR] (%)	2,56%						
Densidad aparente compactada arena [DAA] (kg/dm3)	1,600	Contenido de humedad de la arena [CHA] (%)	0,50%						
Densidad aparente compactada ripio [DAR] (kg/dm3)	1,430	Contenido de humedad del ripio [CHR] (%)	0,50%						
Clase de Asentamiento	SF3	Porcentaje de finos 3 al 10 % del peso cemento	7,00%						
		Porcentaje de aditivo del peso del cemento	3,00%						
SELECCIÓN Y CÁLCULOS									
Relación agua/cemento [W/C] (Tabla 13)			0,46						
Densidad real de la mezcla [DRM] (Ecuación 1)		kg/dm3	2,571						
Porcentaje óptimo de vacíos [POV] (Ecuación 2)		%	29,35%						
Cantidad de pasta [CP] (Tabla 14)		%	37,00%	Mayor a 31,35%					
Porcentaje de pasta en la masa total [PPM]		%	30,00%	30 % de Pasta					
Volumen de pasta [CP] (Ecuación 3)		dm3	370,00						
DOSIFICACIÓN									
Material	Cantidad en kg por cada m3 de hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en kg por saco de cemento	%	CA%	CH%	Corrección Humedad CA - CH		Cantidad corregida en kg por saco de cemento
							%	Kg	
W	204,29	0,46	4,14	8,84				0,58	4,72
C	444,11	1,00	9,00	19,21					9,00
A	624,08	1,41	12,65	26,99	1,81%	0,50%	1,31%	0,17	12,48
R	995,34	2,24	20,17	43,05	2,56%	0,50%	2,06%	0,42	19,76
Aditivo	13,32	0,03	0,27	0,58					0,27
Filler	31,09	0,07	0,63	1,34					0,63

Tabla 26 Dosificación HAC Prueba 10

6.6.3. Propiedades del hormigón autocompactante

6.6.3.1. Propiedades del hormigón en estado fresco

Las propiedades determinadas se describen en la siguiente tabla:

PROPIEDAD	EQUIPO	RESULTADOS	CLASIFICACIÓN
Caracterización de la fluidez, ensayo del escurrimiento.	- Bandeja: Plana, lisa y no absorbente. Área mínima 900mm x 900mm. - Flexómetro- - Cono de Abrams.	Se mide el diámetro horizontal mayor que alcanza el hormigón (dr) en mm.	SF1 ≥ 520 mm, ≤ 700 mm. SF2 ≥ 640 mm, ≤ 800 mm. SF3 ≥ 740 mm, ≤ 900 mm.
Viscosidad y capacidad de llenado.	- Embudo en V. - Recipiente, mínimo de 12 litros. - Cronómetro. - Barra metálica, para enrasar.	Se mide el tiempo que demora el hormigón autocompactante en vaciar el embudo en v en segundos (tv).	VF1: ≤ 10 s. VF2: ≥ 7 s, ≤ 27 s.
Capacidad de paso.	- Caja en L. - Flexómetro. - Recipiente, mínimo de 14 lt.	Se mide los datos H1 y H2 en cm y se usa la formula $PA = H2/H1$.	PA1: ≥ 0.75 . PA2: ≥ 0.75 .

Tabla 27 Ensayos al hormigón autocompactante.

Resultados de los ensayos del hormigón en estado fresco.

En la siguiente tabla se encuentran el resumen de las dosificaciones ensayadas en el laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL								
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>								
RESUMEN DE LAS DOSIFICACIONES ENSAYADAS EN EL LABORATORIO								
ELABORADO POR:			IVÁN SOBERÓN LÓPEZ			FECHA	03/Ago/2015	
PRUEBA #	RESISTENCIA KG/CM2	AGUA KG/M3	CEMENTO KG/M3	ARENA KG/M3	RIPIO KG/M3	ADITIVO KG/M3	FILLER KG/M3	% DE PASTA
1	350	194,17	422,12	642,23	1024,28	0,00	0,00	27
2	350	208,76	453,83	616,06	982,54	0,00	0,00	29
3	350	208,76	453,83	616,06	982,54	2,27	0,00	29
4	350	205,52	446,78	621,87	991,82	4,47	0,00	29
5	350	205,52	446,78	621,87	991,82	6,70	13,40	29
6	350	205,52	446,78	621,87	991,82	11,17	31,27	30
7	350	205,52	446,78	621,87	991,82	13,40	35,74	30
8	350	204,29	444,11	624,08	995,34	8,88	17,76	29
9	350	204,29	444,11	624,08	995,34	11,10	26,65	30
10	350	204,29	444,11	624,08	995,34	13,32	31,09	30

Tabla 28 Resumen de las dosificaciones ensayadas en el laboratorio

De las 10 dosificaciones probadas, la primera corresponde a un hormigón convencional, de la 4 a la 7 se probaron varias combinaciones de aditivo y filler hasta llegar a concretar un hormigón autocompactante, y las últimas corresponden las dosificaciones definitivas y comprobadas, con los siguientes resultados:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL					
Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua					
ENSAYOS DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE					
LUGAR DEL		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE LA FICM			
ELABORADO POR:		IVÁN SOBERÓN LÓPEZ	FECHA	13/Jul/2015	
PRUEBA # 8					
1. Caracterización de la fluidez, escurrimiento			2. Viscosidad y capacidad de llenado		
Equipo:	Cono de Abrams		Equipo:	Embudo en V	
Normas:	DEHAC Anexo B.1		Normas:	DEHAC Anexo B.2	
	UNE-EN 12350-1	NTE INEN 1763:2010		UNE-EN 12350-1	NTE INEN 1763:2010
	UNE-EN 12350-2	NTE INEN 1578:2010			
Escurecimiento (dm) [cm]:		60	Tiempo de flujo (tv) [s]		22
Clasificación HAC		SF1	Clasificación HAC		VF2
3. Capacidad de paso			4. Observaciones:		
Equipo:	Caja en L				
Normas:	DEHAC Anexo B.3				
	UNE-EN 12350-1	NTE INEN 1763:2010			
H1:	14,00	Capacidad de paso [PA=H2/H1]	UNE-EN	Normas Europeas	
H2:	10,00	PA (cm):	INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización	
Clasificación HAC		PA 1-2	HAC	Hormigón Autocompactante	

Tabla 29 Propiedades del hormigón autocompactante. Dosificación #8

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL					
Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua					
ENSAYOS DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE					
LUGAR DEL		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE LA FICM			
ELABORADO POR:		IVÁN SOBERÓN LÓPEZ	FECHA	15/Jul/2015	
PRUEBA # 9					
1. Caracterización de la fluidez, escurrimiento			2. Viscosidad y capacidad de llenado		
Equipo:	Cono de Abrams		Equipo:	Embudo en V	
Normas:	DEHAC Anexo B.1		Normas:	DEHAC Anexo B.2	
	UNE-EN 12350-1	NTE INEN 1763:2010		UNE-EN 12350-1	NTE INEN 1763:2010
	UNE-EN 12350-2	NTE INEN 1578:2010			
Escurecimiento (dm) [cm]:		64	Tiempo de flujo (tv) [s]		25
Clasificación HAC		SF2	Clasificación HAC		VF2
3. Capacidad de paso			4. Observaciones:		
Equipo:	Caja en L				
Normas:	DEHAC Anexo B.3				
	UNE-EN 12350-1	NTE INEN 1763:2010			
H1:	14,00	Capacidad de paso [PA=H2/H1]	UNE-EN	Normas Europeas	
H2:	11,00	PA (cm):	INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización	
Clasificación HAC		PA 1-2	HAC	Hormigón Autocompactante	

Tabla 30 Propiedades del hormigón autocompactante. Dosificación #9

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA: INGENIERÍA CIVIL					
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>					
ENSAYOS DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE					
LUGAR DEL		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE LA FICM			
ELABORADO POR:		IVÁN SOBERÓN LÓPEZ		FECHA	17/Jul/2015
PRUEBA # 10					
1. Caracterización de la fluidez, escurrimiento			2. Viscosidad y capacidad de llenado		
<i>Equipo:</i>	Cono de Abrams		<i>Equipo:</i>	Embudo en V	
<i>Normas:</i>	DEHAC Anexo B.1		<i>Normas:</i>	DEHAC Anexo B.2	
	UNE-EN 12350-1	NTE INEN 1763:2010		UNE-EN 12350-1	NTE INEN 1763:2010
	UNE-EN 12350-2	NTE INEN 1578:2010			
<i>Escurrencimiento (dm) [cm]:</i>		72	<i>Tiempo de flujo (tv) [s]</i>		29
<i>Clasificación HAC</i>		SF2	<i>Clasificación HAC</i>		VF2
3. Capacidad de paso			4. Observaciones:		
<i>Equipo:</i>	Caja en L				
<i>Normas:</i>	DEHAC Anexo B.3				
	UNE-EN 12350-1	NTE INEN 1763:2010			
5. Nomenclatura					
	UNE-EN	Normas Europeas			
H1:	13,00	<i>Capacidad de paso [PA=H2/H1]</i>	INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización	
H2:	11,50	PA (cm):	HAC	Hormigón Autocompactante	
<i>Clasificación HAC</i>		PA 1-2			

Tabla 31 Propiedades del hormigón autocompactante. Dosificación #10

6.6.3.2. Propiedades del hormigón en estado endurecido

Una vez comprobadas las propiedades del hormigón autocompactante, se procede a la elaboración de los cilindros para ensayarlos en la máquina de compresión simple del laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.



Gráfico 11 Máquina de compresión simple de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Fuente: Iván Soberón

Los cilindros se los llena sin ninguna compactación, ya que tienen las características de autocompactabilidad.



Gráfico 12 Llenado de cilindros. Fuente: Iván Soberón

El curado se lo realiza de manera convencional, pasadas las 24 horas se desencofra el hormigón y se lo coloca en la cámara de curado durante 28 días tiempo en el cual adquiere su resistencia máxima ($f'c$).



Gráfico 13 Cámara de curado. Fuente: Iván Soberón

Resumen de los resultados de los ensayos a compresión.

PROBETA #	IDENTIFICACIÓN	RESISTENCIA kg/cm ²	
		14 DIAS	28 DIAS
1	Prueba 1	276,40	349,20
2	Prueba 1	281,30	351,40
3	Prueba 1	283,40	348,50
4	Prueba 8	271,60	344,30
5	Prueba 8	274,40	346,10
6	Prueba 8	272,50	345,20
7	Prueba 9	284,60	351,60
8	Prueba 9	282,10	349,80
9	Prueba 9	285,40	352,40
10	Prueba 10	280,60	350,20
11	Prueba 10	286,70	353,60
12	Prueba 10	284,20	353,40

Tabla 32 Resumen de los ensayos a compresión

6.6.4. Análisis de precios.

6.6.4.1. Análisis de precios de los materiales

Se realizó un análisis solo de los materiales del hormigón convencional y del hormigón autocompactante, se empleó los valores reales a los que se adquiere la materia prima en la ciudad de Ambato.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL				
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (MATERIALES)				
ELABORADO POR:	IVÁN SOBERÓN LÓPEZ		FECHA:	24/Ago/2015
RUBRO:	HORMIGÓN CONVENCIONAL F'c = 350kg/cm2			UNIDAD: m3
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=AxB
CEMENTO	kg	422,12	0,150	\$ 63,32
ARENA	kg	642,23	0,009	\$ 5,78
RIPIO	kg	1024,28	0,013	\$ 13,32
AGUA	kg	194,17	0,005	\$ 0,97
TOTAL				\$ 83,38

Tabla 33 Análisis de precios de los materiales de un hormigón convencional.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL				
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (MATERIALES)				
ELABORADO POR:	IVÁN SOBERÓN LÓPEZ		FECHA:	24/Ago/2015
RUBRO:	HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE F'c = 350kg/cm2			UNIDAD: m3
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=AxB
CEMENTO	kg	444,11	0,150	\$ 66,62
ARENA	kg	624,08	0,009	\$ 5,62
RIPIO	kg	995,34	0,013	\$ 12,94
AGUA	kg	204,29	0,005	\$ 1,02
ADITIVO SUPERPLASTIF.	kg	8,88	2,450	\$ 21,76
FILLER	kg	17,76	3,000	\$ 53,28
TOTAL				\$ 161,23
PORCENTAJE DE AUMENTO CON RESPECTO AL HORMIGÓN CONVENCIONAL				93%

Tabla 34 Análisis de precios de los materiales de un hormigón autocompactante.

Se observa que existe un aumento de 93% del costo de los materiales de un hormigón convencional con respecto al hormigón autocompactante.

6.6.4.2. Análisis de precios unitarios.

Este análisis incluye fabricación, transporte y mano de obra.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL					
Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ELABORADO POR:	IVÁN SOBERÓN LÓPEZ		FECHA:	24/Ago/2015	
RUBRO:	HORMIGÓN CONVENCIONAL PREMEZCLADO F'c = 350kg/cm ²			UNIDAD:	m ³
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramientas menores (5% M.O.)					\$ 2,59
Vibrador	1	2,13	2,13	1,88	\$ 3,99
SUBTOTAL A					\$ 6,58
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
MAESTRO	1	3,38	3,38	1,88	\$ 6,34
PEON	5	3,01	15,05	1,88	\$ 28,22
ALBAÑIL	2	3,05	6,1	1,88	\$ 11,44
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	1	3,05	3,05	1,88	\$ 5,72
SUBTOTAL B					\$ 51,71
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=AxB	
HORMIGÓN SIMPLE 350 KG/CM ²	m ³	1,000	\$ 103,38	\$ 103,38	
SUBTOTAL C					\$ 103,38
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL D					
TOTAL COSTOS (A+B+C+D)					\$ 161,68

Tabla 35 Análisis de precios unitarios de un hormigón convencional

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL					
<i>Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua</i>					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ELABORADO POR:	IVÁN SOBERÓN LÓPEZ		FECHA:	24/Ago/2015	
RUBRO:	HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE PREMEZCLADO F' C = 350kg/cm ²			UNIDAD:	m ³
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramientas menores (5% M.O.)					\$ 0,89
Vibrador	1	2,13	2,13	1,88	\$ 3,99
SUBTOTAL A					\$ 4,88
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
MAESTRO	1	3,38	3,38	1,88	\$ 6,34
PEON	1	3,01	3,01	1,88	\$ 5,64
ALBAÑIL	1	3,05	3,05	1,88	\$ 5,72
SUBTOTAL B					\$ 17,70
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=AxB	
HORMIGÓN SIMPLE 350 KG/CM ²	m ³	1,000	\$ 181,23	\$ 181,23	
SUBTOTAL C					\$ 181,23
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL D					
TOTAL COSTOS (A+B+C+D)					\$ 203,81
% AUMENTO CON RESPECTO AL HORMIGÓN CONVENCIONAL					26%

Tabla 36 Análisis de precios unitarios de un hormigón autocompactante

Entre estos dos análisis realizados, hay un aumento del 26 % del hormigón autocompactante con respecto al hormigón convencional.

6.7. Metodología

GUÍA TÉCNICA

PARA LA FABRICACIÓN Y PUESTA
EN OBRA DEL HORMIGÓN
AUTOCOMPACTANTE EN MUROS



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
AMBATO



FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL
Y MECÁNICA

1. INTRODUCCIÓN

El Hormigón Autocompactante (HAC), un material de construcción con la característica de ser capaz de compactarse por sí solo y fluir entre cualquier tipo de encofrado y armadura que encuentre a su paso, es decir no necesita de ningún medio de compactación externo o interno y se presenta homogéneo y sin segregaciones durante la puesta en obra.

2. MATERIALES

Agregados:

- El ripio debe ser máximo de 3/4" y triturados
- La granulometría debe cumplir los requisitos de la ASTM C33.



Aditivo:

Se debe usar un aditivo Superplastificante que cumpla la norma ASTM C-494.

- Sikament N100. Producto de SIKA



Finos (Filler):

Para evitar la segregación es necesario el uso de finos se recomienda usar polvo fino de microsilica.

- Sika Fume. Cumple la norma ASTM C-1240.



3. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

Para la correcta dosificación del hormigón Autocompactante es necesario determinar las propiedades de los materiales que van a ser utilizados, ya que la calidad de estos influyen en la calidad de hormigón en estado fresco y endurecido, además estos datos son necesarios para su dosificación.

- Granulometría.
- Densidad Real del Cemento (DRC)
- Densidad real de la Arena (DRA)
- Densidad real del Ripio (DRR)

- Porcentaje Óptimo de Arena (POA)
- Porcentaje Óptimo de Ripio (POR)
- Densidad Óptima de la Mezcla de Agregados (DOMAg)



4. DOSIFICACIÓN DE UN HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE DE 350 KG/CM²

La dosificación se la puede realizar con cualquier método, pero uno de los más funcionales es el de las densidades óptimas, este se fundamenta en llenar los espacios vacíos con pasta conformada por la mezcla de agua y cemento.

Ya que la característica del HAC es de ser bastante fluido, por lo que la cantidad de pasta debe ser alta, se recomienda usar el 30% de pasta.

Ejemplo de dosificación

- Relación Agua/Cemento W/C= 0.46
- Agua 204.29 kg/m³
- Cemento 444.11 kg/m³

- Arena 624.08 kg/m³
- Ripio 995.34 kg/m³
- Aditivo 11.10 kg/m³
- Filler 26.65 kg/m³

6. ENSAYOS AL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE

Se identifica las características del hormigón autocompactante mediante ensayos que se realizan en el lugar de fabricación y en el lugar de la obra.

Los ensayos son:

- Ensayo de extensión de flujo.



- Ensayo del embudo en V.



- Ensayo de la caja en L.

Los tres ensayos son obligatorios realizarlos en el lugar de fabricación y solamente basta con el ensayo de extensión de flujo en el lugar de la obra para posibles readitivaciones.

NOMBRE	PROPIEDAD	EQUIPO	RESULTADOS	CLASIFICACIÓN
Ensayo de extensión del flujo.	Caracterización de la fluidez, ensayo del escurrimiento.	- Bandeja: Plana, lisa y no absorbente. Área mínima 900mm x 900mm. - Flexómetro- - Cono de Abrams.	Se mide el diámetro horizontal mayor que alcanza el hormigón (dr) en mm.	SF1 \geq 520mm, \leq 700mm. SF2 \geq 640mm, \leq 800mm. SF3 \geq 740mm, \leq 900mm.
Ensayo del embudo en V.	Viscosidad y capacidad de llenado.	- Embudo en V. - Recipiente, mínimo de 12 litros. - Cronómetro. - Barra metálica, para enrasar.	Se mide el tiempo que demora el hormigón autocompactante en vaciar el embudo en v en segundos (tv).	VF1: \leq 10s. VF2: \geq 7s, \leq 27s.
Ensayo de la caja en L	Capacidad de paso.	- Caja en L. - Flexómetro. - Recipiente, mínimo de 14 lt.	Se mide los datos H1 y H2 en cm y se usa la formula PA=H2/H1.	PA1: \geq 0.75. PA2: \geq 0.75.

Costos:

El hormigón autocompactante tiene un costo de \$205.00 por metro cúbico; esto incluye mano de obra y transporte y puede variar dependiendo el lugar donde se esté realizando el proyecto.

5. FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA

Debido a que el Hormigón Autocompactante se usa en obras con altos volúmenes, es recomendable que la fabricación se realice en una planta hormigonera, con un adecuado control en de su dosificación.

Transporte:

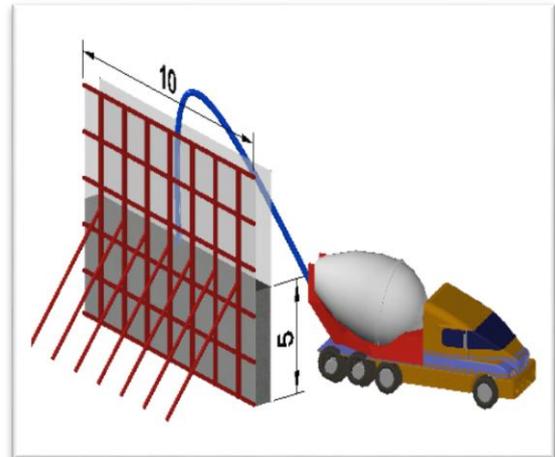
Se debe usar un transporte especializado para hormigón, Camión mixer.

Cuadrilla:

Una de las ventajas del hormigón autocompactante es la reducción del personal necesario para verter el hormigón, es necesario una sola persona para el control de la manguera por la que transita el hormigón.

Vertido:

EL vertido vertical se lo debe hacer a una altura menor a 5 metros y horizontalmente se distribuye cada 10 mt.



Encofrado:

El encofrado debe ser metálico y debe soportar una fuerza de empuje de 2.4T/m³ que corresponde a la fuerza ejercida al verter el hormigón Autocompactante.

6.7.1. Conclusiones

1. Se realizaron varios ensayos con diferentes porcentajes de aditivos para determinar los diferentes tipos de hormigón autocompactante; se tabuló los resultados obteniendo las cantidades de aditivo plastificante y su respectivo porcentaje de filler para que no exista segregación, sirviendo esta como referencia para proyectos futuros.
2. Se diseñó un hormigón autocompactante de 350 kg/cm² con una clasificación de viscosidad VS2 y asentamiento SF2, especial para muros y/o pilares, y se comprobó en el laboratorio que la dosificación sea la adecuada y se cumplan las propiedades requeridas, realizando los respectivos ensayos al hormigón en estado fresco y endurecido.
3. Se realizó un análisis de costos y se determinó que solo en materiales el hormigón autocompactante tiene una elevación del 93% del costo con respecto al hormigón convencional, pero al hacer un análisis que incluye el personal, transporte y equipo, el aumento es del 26%, esto se debe a que el hormigón autocompactante no demanda de equipo de vibración y el personal requerido para su puesta en obra es menor, además el rendimiento del hormigón autocompactante es mayor en un 50% al del hormigón convencional, esto quiere decir que el tiempo de puesta en obra se puede reducir hasta la mitad, así se logra recortar los tiempos de ejecución de una obra y optimizar recursos.
4. Se fabricó dos equipos de laboratorio necesarios para determinar las propiedades del hormigón autocompactante que se encuentran en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato,

que pueden ser utilizados en futuros estudios por los estudiantes de dicha institución.

5. Se realizó una guía técnica para la fabricación y puesta en obra del hormigón autocompactante en muros, en la que se especifica materiales, dosificación y puesta en obra.

6.8. Administración

La entidad que ejecute el proyecto deberá realizar un seguimiento del proyecto, conocer el proceso constructivo como administrativo y dar a conocer la técnica adecuada de elaboración del hormigón autocompactante cumpliendo los parámetros necesarios indicados en la presente investigación.

6.9. Previsión de la evaluación

El presente proyecto sirve como iniciativa para el uso de hormigones autocompactantes en la ciudad de Ambato, siendo una técnica que optimiza los recursos utilizados en la puesta de obra de estructuras esbeltas, es importante que los ingenieros civiles conozcan la forma de fabricación y utilización de este hormigón.

A. MATERIALES DE REFERENCIA

1. Bibliografía

Andalucía, J. d. (2006). *Problemas y cuestiones de tecnología industrial*. Obtenido de http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~23005153/d_tecnologia/LIBRO/pdf/materpri.pdf

ASTM. (s.f.). *American Section of the International Association for Testing Materials*.

BASF. (2009). *Hormigón autocompactante*. Madrid.

Bermejo Nuñez, E. (2009). *Dosificación, propiedades y durabilidad en hormigón autocompactante para edificación*. Madrid: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

Burón, M., Hernandez, J., & Garrido, L. (2006). *Hormigón Autocompactante. Criterios para su utilización*.

Campos Cisneros, R. (28 de Noviembre de 2009). *monografias.com*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados2.shtml>

Cañizares Beltrán, I. G. (2012). *Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando materiales de la zona*. Cuenca.

Carrasco, I. M. (2012). *Tecnología del hormigón - Ingeniería Civil*. Santa Fe: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL.

Coca Rebollero, P., & Rosique Jimenez, J. (s.f.). *CIENCIA DE MATERIALES Teoría-Ensayos-Tratamientos*.

Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante. (2006).

Estructural, H. (s.f.). *Grupo HE*. Obtenido de <http://hormigon.mecanica.upm.es/>

Fomento, M. d. (2014). *Anejo 18*. Madrid.

Leon Parra, L. R. (2009). *Diseño de mezclas para Hormigón Autocompactante*.
Guayaquil.

León Parra, L. R. (2009). *DSpace Software*. Obtenido de ESPOL:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/8150>

Medina R, S. (2013). *Hormigón*. Ambato.

Nire. (s.f.). Nuestros hormigones.

Ramirez Ordoñez, G., & Salazar Narvaez, L. V. (2008). *Hormigones de alto desempeño, caso de estudio hormigón autocompactante*. Guayaquil: ESPOL.

Romo Proaño, M. (s.f.). *Temas de hormigón armado*. Quito: Escuela Politécnica del
Ejercito.

Scanferla, L. J. (2009). *Ensayos de hormigón en estado fresco y endurecido*. Barcelona:
LEMaC.

Técnica, E. d. (s.f.). *Hormigón*. Obtenido de
http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6203/mod_resource/content/1/Hormigon_02._Tipos_y_propiedades.pdf

2. Anexos

Selección de materiales:

	
<p>Planta de trituración.</p>	<p>Aditivo Superplastificante.</p>
	
<p>Polvo de microsílca.</p>	<p>Agregado fino y grueso.</p>

Ensayos para determinar las propiedades de los agregados.



Verificación del estado de saturación.



Granulometría arena.



Granulometría ripio.



Densidad real ripio.



Densidad real arena



Densidad real cemento



Densidad aparente ripio



Densidad aparente arena



Densidad aparente de la mezcla

Equipo para la determinación de las propiedades del hormigón autocompactante.



Caja en L



Embudo en V



Concreteira

Determinación de las propiedades del hormigón en estado fresco.



Viscosidad y capacidad de llenado.



Capacidad de paso

	
<p>Caracterización de la fluidez, ensayo del escurrimiento.</p>	<p>Elaboración de probetas</p>

Ensayos para determinación de propiedades de hormigón endurecido.

	
<p>Curado de las probetas</p>	<p>Ensayo de compresión de cilindros.</p>