



Universidad de Cuenca

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS CARRERA DE INGENERIA QUIMICA

Tesis Previa a la Obtención
de Título de Ingeniero Químico

“ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO
PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE
HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN LA PROPIEDAD DE RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN”

AUTORES:

SANTIAGO DANIEL CAMPOVERDE MATUTE
DIEGO JUAN MUÑOZ MERCHAN

DIRECTOR:

Ing. Víctor Fernando Lloret Orellana.

**CUENCA- ECUADOR
2015**



RESUMEN

La presente tesis tuvo lugar en la Compañía de Economía Mixta, "Unión Cementera Nacional, UCEM C.E.M Planta Industrial Guapán en el departamento de Control de Calidad de Hormigones, se realizó un estudio sobre el uso de diferentes aditivos como plastificantes reductores de agua en la elaboración de hormigón y se verificó la influencia que estos aditivos tienen en la propiedad de la resistencia a la compresión. El hormigón estudiado fue elaborado con materiales de la zona como: cemento Guapán, aditivos distribuidos por los proveedores SIKA, ADITEC y VENTAJET, áridos suministrados por la Compañía VIPESA CONSTRUCCIONES y, agua potable que se consume en la ciudad de Azogues.

Se determinaron las propiedades físicas de los agregados, cemento y del hormigón en su estado fresco y endurecido. La resistencia a la compresión se la determinó hasta la edad de 28 días con la ayuda de probetas cilíndricas.

Se seleccionó el método A.C.I. para la obtención de la mezcla patrón (sin aditivo) y seguidamente se obtuvo distintas mezclas con diferentes concentraciones de aditivo (mínima – media – máxima), para la obtención de hormigones de 300 kg/cm² y 210 kg/cm².

En función de los datos o resultados obtenidos se determinó cuál de los aditivos hizo que las mezclas de hormigón alcanzaran o sobrepasaran la resistencia a la compresión deseada, reduciendo agua en la dosificación y en consecuencia la cantidad de cemento, de manera que se obtenga una mezcla óptima de hormigón y la más económica posible, sin afectar las demás propiedades del hormigón, conservando la trabajabilidad de la mezcla patrón.

Palabras clave:

Conglomerante, Fraguado, Plastificante, Compresión, Homogenización



ABSTRAC

This thesis took place in the company of mixed economy, "Union Cementera Nacional, UCEM C.E.M. Guapán Industrial Company in the Department of quality Control of concrete, a study was done on the use of various additives such as plasticizers reducers of water in the preparation of concrete and verified the influence of these additives on the property of resistance to compression. The studied concrete was made with materials such as: cement Guapán, additives distributed by SIKA, ADITEC and VENTAJET, aggregates through company VIPESA CONSTRUCCIONES CIA and drinking water consumed in the city of Azogues.

They were determined the physical properties of aggregates, cement and concrete in its fresh and hardened State. I determine the resistance to compression is up to the age of 28 days with the help of cylindrical specimens.

The A.C.I. method was selected to obtain the mixing pattern (without additives) and then obtained various mixtures with different concentrations of additive (minimum - average - maximum), to obtain concretes of 300 kg/cm²- 210 kg/cm². According to the data or results obtained, it was determined which additives made the concrete mixture to reach or exceed the compressive strength required, reducing water dosing therefore the quantity of cement, in order to obtain the optimum mix of concrete and the most affordable possible, without affecting the other properties of the concrete and conserving the workability of the mixture pattern.

Keywords

Conglomerate, Forge, Plasticizer, Compression, Homogenization



Tabla de contenidos

0. CAPITULO 0: OBJETO DE LA INVESTIGACION	1
OBJETIVO GENERAL:	1
1. CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	2
1.1. RESEÑA HISTORICA DE LA COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA UNION CEMENTERA NACIONAL.....	2
1.1.1. EMPRESA	2
1.1.1.1. Misión.....	2
1.1.1.2. Visión	2
1.1.2. IDENTIDAD CORPORATIVA	2
1.1.2.1. Política de Calidad	2
1.2. CEMENTO	3
1.2.1. DEFINICIÓN	3
1.2.2. TIPOS DE CEMENTO	3
1.2.2.1. Cemento Portland Normal.....	3
1.2.2.2. Cemento Portland Puzolánico.....	3
1.2.2.3. Cemento de Alto Horno.....	3
1.2.2.4. Cemento con Alto Contenido de Alúmina	4
1.3. PROCESO DE FABRICACIÓN DE CEMENTO	4
1.3.1. ÁREA DE TRITURACIÓN	4
1.3.2. PREOMOGENIZACIÓN	4
1.3.3. MOLIENDA DE CRUDO	4
1.3.4. HOMOGENIZACIÓN	5
1.3.5. CLINKERIZACIÓN Y ENFRIAMIENTO	5
1.3.6. MOLIENDA DE CEMENTO	5
1.3.7. EMPAQUE Y DESPACHO DE MATERIAL	5
1.4. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN.....	6
1.4.1. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.....	7
1.4.2. DOSIFICACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS	7
1.4.3. MEZCLA DE COMPONENTES	7
1.4.4. TRANSPORTE AL SITIO DE OBRA	8
1.5. AGUA.....	9
1.5.1. DEFINICIÓN.....	9
1.5.1.1. Agua de Mezclado	9
1.5.1.2. Agua de Curado.....	9



1.6.	AGREGADOS O ÁRIDOS.....	9
1.6.1.	AGREGADO FINO	10
1.6.2.	AGREGADO GRUESO	10
1.6.3.	GRANULOMETRÍA	10
1.6.4.	FORMA.....	10
1.6.5.	DENSIDAD	11
1.6.6.	POROSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA	11
1.6.7.	PESO UNITARIO O PESO VOLUMÉTRICO.....	11
1.6.8.	PORCENTAJE DE VACÍOS	11
1.6.9.	HUMEDAD SUPERFICIAL	11
1.7.	ADITIVOS	11
1.7.1.	ADITIVOS PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA.....	12
1.8.	HORMIGÓN	12
1.8.1.	HORMIGÓN PLASTICO O FRESCO	12
1.8.1.1.	Manejabilidad	13
1.8.2.	RESISTENCIA DEL HORMIGÓN.....	13
1.8.2.1.	Relación Agua - Cemento	13
1.8.2.2.	Compactación	13
1.8.2.3.	Contenido de Cemento	13
1.8.2.4.	Agregados.....	14
1.8.3.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	14
1.8.4.	CURADO	14
1.8.4.1.	Método de Curado por Inundación o Inmersión	14
2.	CAPITULO II: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	14
2.1.	CEMENTO	14
2.1.1.	OBJETIVOS GENERALES.....	14
2.1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2.1.3.	PROPIEDADES QUÍMICAS	15
2.1.3.1.	Composición Química	15
2.1.4.	PROPIEDADES FÍSICAS DEL CEMENTO	16
2.1.4.1.	Ensayos	16
2.2.	AGREGADOS O ÁRIDOS.....	20
2.2.1.	ORIGEN DE LOS MATERIALES.....	20
2.2.2.	ENSAYOS FÍSICOS.....	21
2.2.2.1.	Granulometría.....	21



2.2.2.2.	Determinación del material más fino que pasa por el tamiz No. 200	27
2.2.2.3.	Densidad o Gravedad Específica y Absorción	28
2.2.2.4.	Peso Unitario (Peso Volumétrico) y Porcentaje de Vacíos	34
2.2.2.5.	Humedad Total del Agregado	38
2.3.	HORMIGÓN	40
2.3.1.	ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN.....	40
2.3.2.	CARACTERIZACIÓN DEL HORMIGÓN FRESCO (ENSAYOS)..	40
2.3.2.1.	Asentamiento o Revenimiento	40
2.3.2.2.	Temperatura.....	42
2.3.2.3.	Densidad (Peso Unitario o Peso Volumétrico)	42
2.3.2.4.	Contenido de Aire	44
2.3.3.	CARACTERIZACIÓN DEL HORMIGÓN ENDURECIDO (ENSAYO)	44
2.3.3.1.	Resistencia a la Compresión.....	44
3.	CAPITULO III: DISEÑO DE EXPERIMENTOS POR EL METODO ACI	46
3.1.	METODO A.C.I. (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE).....	46
3.1.1.	SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO.....	47
3.1.2.	DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO ..	47
3.1.3.	ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE.....	47
3.1.4.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA DE MEZCLADO	47
3.1.5.	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO	48
3.1.5.1.	Calculo de la resistencia de diseño de mezcla.....	49
3.1.6.	DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO DE LA MEZCLA	49
3.1.7.	CALCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO	49
3.1.8.	DETERMINACIÓN DE LAS PROPORCIONES DE LOS AGREGADOS.....	50
3.1.9.	AJUSTE DEL DISEÑO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS	52
3.1.10.	CALCULO DEL PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS	52
4.	CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA PARTE EXPERIMENTAL	74
4.1.	TABLAS DE REDUCCIÓN DE AGUA Y DE CEMENTO.....	94
4.1.1.	Reducción de agua, cemento para el hormigón de 300 kg/cm ²	94
4.1.2.	Reducción de agua, cemento para el hormigón de 210 kg/cm ²	95



5. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
Bibliografía	103
Anexos	105
Anexo 1: ENSAYOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL CEMENTO	105
Anexo 2: ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS ARIDOS.....	107
Anexo 3: ENSAYOS FISICOS DE LOS ARIDOS	131
Anexo 4: RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LAS MEZCLAS	142
Anexo 5: FOTOGRAFIAS	152



Universidad de Cuenca



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Diego Juan Muñoz Merchán, autor/a de la tesis "**(ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN LA PROPIEDAD DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN)**", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, Mayo 08 del 2015

Diego Juan Muñoz Merchán

C.I: 0104734009



Universidad de Cuenca



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Diego Juan Muñoz Merchán, autor/a de la tesis “**ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN LA PROPIEDAD DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN**”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Químico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, Mayo 08 del 2015

Diego Juan Muñoz Merchán

C.I: 0104734009



Universidad de Cuenca



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Santiago Daniel Campoverde Matute, autor/a de la tesis "**(ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN LA PROPIEDAD DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN)**", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, Mayo 08 del 2015

Santiago Daniel Campoverde Matute

C.I: 0106070345



Universidad de Cuenca



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Santiago Daniel Campoverde Matute, autor/a de la tesis **"ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA EN LA PROPIEDAD DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN"**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Químico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, Mayo 08 del 2015

Santiago Daniel Campoverde Matute

C.I: 0106070345



AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme el regalo de la vida y permitirme cumplir mis metas.

A toda mi familia en especial a mis padres y hermanas por inculcarme grandes enseñanzas, por estar siempre guiandome por el camino correcto, por confiar en mi, brindarme su incondicional apoyo, protección, preocupación y motivación al logro de mis metas.

A mis profesores de la Universidad de Cuenca, por haber compartido conmigo sus enseñanzas y sabiduría. Al Ingeniero Fernando Lloret, director de la tesis, por su valiosa colaboración en la realización del presente trabajo.

Un agradecimiento a la Compañía de Economía Mixta, "Unión Cementera Nacional, UCEM C.E.M Planta Industrial Guapán por la apertura y la facilidad para realizar el presente trabajo.

Santiago Daniel Campoverde Matute.



DEDICATORIA

A mis amados padres Rubén Campoverde y Noemí Matute formadores de un hogar ejemplar siendo un fiel reflejo de honestidad sacrificio y devoción, guiándome siempre por el buen camino, siendo los pilares fundamentales de mi vida y por haberme brindado todo su amor y apoyo a lo largo de toda mi vida.

A mis queridas hermanas Patricia y Fernanda, así también a sus esposos Román y Favian por ser amigos incondicionales e impartirme sus buenos consejos.

A mis sobrinos por brindarme su amor, cariño y aprecio.

A Viviana Muñoz por estar a mi lado, animarme y brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

Santiago Daniel Campoverde Matute.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme lo más hermoso del mundo la vida, y permitirme el haber llegado a este punto tan importante en mi vida profesional.

Agradezco infinitamente y de todo corazón la confianza y el apoyo incondicional por parte de mis padres, de mis hermanos que sin duda en toda mi vida me han brindado su cariño y respeto

A mis amigos por su apoyo durante toda mi carrera universitaria, y por compartir momentos de alegría.

A mis profesores por compartir sus conocimientos y sabiduría como profesionales.

Diego Juan Muñoz Merchán.



DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mis padres Gerardo Muñoz y Mercedes Merchán que me han sabido formarme con buenos sentimientos lo cual me ha llevado a salir adelante

A mis hermanos Cristian, Santiago, Jessica, que con cada consejo me ayudaron a ser mejor persona.

Está dedicado a quien todavía cree que cualquier cosa es posible, a todo aquel que nunca ha dejado de soñar, y que la brisa del viento es el aliento de la libertad

Diego Juan Muñoz Merchán.



0. CAPITULO 0: OBJETO DE LA INVESTIGACION

OBJETIVO GENERAL:

Estudiar, experimentar y evaluar: cómo el uso de los distintos aditivos comerciales de tipo plastificante y reductor de agua influyen y modifican las propiedades de los hormigones preparados con diseños de mezcla, dosificados para cumplir resistencias mínimas de 210 kg/cm² y 300 kg/cm² después de su fraguado, reduciendo la cantidad de cemento y agua de amasado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar un estudio granulométrico de los agregados que se utilizan para preparar las distintas dosificaciones de hormigón.
- Obtener mezclas de prueba para hormigones de distintas resistencias 300 kg/cm² para vertido directo y 210 kg/cm² para bombeo.
- Preparar mezclas de prueba agregando en distintas dosis en una cantidad mínima, media y máxima de aditivos en las mezclas de hormigón.
- Elaborar probetas y realizar ensayos de resistencia a la compresión a los 3, 7, 14 y 28 días, para todas las mezclas de pruebas realizadas para los hormigones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la empresa “UNIÓN CEMENTERA NACIONAL UCEM C.E.M.”, por medio de su planta hormigonera se dedica a la elaboración de hormigón de diferentes resistencias para obras de infraestructura, el cual contiene en su dosificación cemento, áridos (arena, grava), agua y aditivos.

El problema radica en que el departamento de hormigonera en el área de calidad necesita encontrar nuevas mezclas de hormigón reduciendo la cantidad de cemento, ya que éste es el de mayor costo en la fabricación de hormigón y al mismo tiempo determinar cómo influenciarán los distintos aditivos de diferentes casas comerciales en las propiedades del hormigón.

HIPÓTESIS

Se obtiene nuevas mezclas de hormigón utilizando aditivos de tipo plastificantes reductores de agua, reduciendo agua en las dosificaciones y en consecuencia disminuyendo la cantidad de cemento, bajando la relación agua–cemento pero conservando una buena trabajabilidad del hormigón fresco, mejorando la propiedad de la resistencia mecánica a la compresión y disminuyendo los costos de producción. Obteniendo así la mejor y más económica mezcla de hormigón para las resistencias requeridas de 300 kg/cm² y 210 kg/cm².



1. CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. RESEÑA HISTORICA DE LA COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA UNION CEMENTERA NACIONAL

1.1.1. EMPRESA

“La Compañía de Economía Mixta, "Unión Cementera Nacional, UCEM C.E.M.", se creó como efecto de la fusión de las compañías Industrias Guapán S.A. y Cementos Chimborazo C.A., con el objetivo de fortalecer la industria cementera nacional y reflejar en el mercado una mayor capacidad de producción y venta.

1.1.1.1. Misión

Producir y comercializar cemento y productos derivados con altos niveles de productividad y calidad para satisfacer las necesidades de sus clientes contribuyendo al desarrollo del país con responsabilidad socio ambiental y crecimiento sostenido.

1.1.1.2. Visión

Cimentar el desarrollo nacional, mediante la efectividad de sus procesos, talento humano calificado y comprometido para posicionarnos como la unión cementera líder en el mercado.

1.1.2. IDENTIDAD CORPORATIVA

1.1.2.1. Política de Calidad

Unión Cementera Nacional Compañía de Economía Mixta produce y comercializa cemento y derivados con calidad, mediante un modelo de mejoramiento continuo de sus procesos para satisfacer los requerimientos de nuestros clientes.

Producimos cemento y derivados de la mejor calidad, con equidad, responsabilidad social y ambiental, agregando valor a nuestros clientes.

1.1.2.1.1. Valores Empresariales

- Solidaridad y Tolerancia.
- Responsabilidad y Compromiso.
- Transparencia y sinceridad.
- Respeto y compañerismo.
- Integridad y honestidad.
- Optimismo y pro-actividad¹.

¹ *industrias guapan*. (22 de Enero de 2015). Obtenido de <http://www.industriasguapan.com.ec/la-empresa>



1.2. CEMENTO

1.2.1. DEFINICIÓN

Cemento es un material conglomerante hidráulico, que al ser amasado con agua en una cantidad determinada forma una pasta, la misma que fragua y se endurece, esta pasta tiene propiedades de adherencia y cohesión dando lugar a un producto con una determinada resistencia mecánica y una durabilidad adecuada.

En el ámbito de la construcción y la elaboración de hormigones, cuando nos referimos al cemento implícitamente este se refiere al cemento portland, el mismo que al ser dosificado de manera adecuada con agua y distintos tipos de áridos, formará hormigón, el mismo que tendrá una trabajabilidad adecuada y alcanzará niveles de resistencia que ha sido establecido con anterioridad.

1.2.2. TIPOS DE CEMENTO

1.2.2.1. Cemento Portland Normal

Este cemento se considera apto para todo tipo de construcción, ya que no requiere condiciones especiales y requerimientos en resistencia. Este se obtiene por una sinterización de mezclas de pasta finamente dividida, la cual contiene elementos que normalmente se expresan como óxidos tales como CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 .

1.2.2.2. Cemento Portland Puzolánico

Son una mezcla de Clinker portland, yeso y puzolana. Los materiales puzolánico son sustancias naturales con una composición silíceo o silicoaluminosas, Dichos compuestos no endurecen por si mismos cuando se mezclan con agua, pero finamente molidos y en presencia de agua reaccionan a temperatura ambiente y son capaces de desarrollar resistencia.

Suelen desarrollar con más lentitud su resistencia en comparación a otros cementos, debido fundamentalmente a la puzolana presente en este tipo de cemento, el mismo que necesita de la formación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, que se forma como un subproducto en la hidratación del Clinker. Cuanto más alto sea el porcentaje de adición de puzolana más lenta será la hidratación del mismo y consecuencia de esto el desarrollo de la resistencia será lenta.

En la elaboración de hormigones cuando se utiliza este tipo de cementos se suelen obtener resistencias altas, cuando las probetas elaboradas se ensayan luego de los 56 días o 90 días de edad.

1.2.2.3. Cemento de Alto Horno

A estos cementos se les adiciona escoria granulado de alto horno que es un desperdicio de la manufactura de lingotes de hierro. De acuerdo con las normas ASTM el porcentaje debe ser entre 25 y 70% de la masa de la mezcla, la hidratación de la escoria inicia cuando la cal liberada por hidratación del cemento produce la alcalinidad correcta, además esta posee propiedades hidráulicas y



este tipo de cementos son muy utilizados en obras de ingeniería que requieran cementos resistentes a una exposición de agua o suelos sulfatados.

1.2.2.4. Cemento con Alto Contenido de Alúmina

Este se produce a partir de cal y bauxita, dicha bauxita está formada por alúmina hidratada de titanio y hierro. Este cemento tiene una resistencia a los sulfatos esto se debe a la ausencia de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, en los productos de hidratación, además posee un índice alto de desarrollo de resistencia, aunque debe mencionarse que es un cemento de endurecimiento rápido, el cual no está acompañado de un fraguado rápido; es decir es lento, este tiempo de fraguado lento puede deberse por la adición de yeso, cal, materia orgánica. El hormigón elaborado con este tipo de cementos se suele utilizar para materiales refractarios ya que puede llegar a soportar temperaturas desde los 1 000 grados centígrados hasta 1 800 grados centígrados.

1.3. PROCESO DE FABRICACIÓN DE CEMENTO

1.3.1. ÁREA DE TRITURACIÓN

En esta etapa se procede a realizar la disminución del tamaño de las materias primas provenientes de las diferentes canteras o depósitos calcáreos que tiene a su disposición la empresa “**UNIÓN CEMENTERA NACIONAL UCEM PLANTA INDUSTRIAL GUAPAN.**” Dicha reducción va desde un tamaño promedio de partícula de 100 cm hasta la reducción de tamaño sea del 96%, o que su tamaño promedio sea menor o igual a 25 mm.

Para la trituración del material se utiliza un triturador de martillos con una capacidad de 500 toneladas por hora, además este admite un material con una humedad de entrada del 8 % aproximadamente.

1.3.2. PREHOMOGENIZACIÓN

La materia prima que ya fue reducida de tamaño llega a la zona de prehomogenización mediante una banda transportadora, dicha área está destinada al almacenamiento del material triturado. El apilamiento del material se lo realiza en distintas pilas y cada una de estas tiene un sistema de recuperación a través de un sistema de rastrillos y el transporte de esto se lo realiza previo a la dosificación y molienda de crudo. La capacidad de almacenamiento es de 40 000 toneladas pero para efectos prácticos y para tener un mayor grado de control de calidad se lo utiliza en un 70 % de su capacidad total.

1.3.3. MOLIENDA DE CRUDO

El objetivo principal de esta área de molienda es dosificar y preparar las materias primas de manera adecuada rigiéndose a los requerimientos físicos y químicos, a normas existentes que se guía la empresa y requerimientos del mercado para la producción de Clinker de cemento. Una de las funciones secundarias de esta



etapa es evaporar el agua de las materias primas, dicha evaporación se realiza mediante los gases que provienen de la torre del precalentador del horno rotativo.

El equipo principal de esta área es un molino de bolas de tipo horizontal, el mismo que consta de un tubo de acero 3,96 metros de diámetro y una longitud de 8 metros aproximadamente. Este se divide en dos cámaras de molienda y cada una de estas cámaras cuenta con un blindaje adecuado y carga necesaria para la molienda de crudo.

1.3.4. HOMOGENIZACIÓN

El producto de la molienda de crudo es transportado hasta los silos de homogenización y estos a la vez tienen la función de mezclar todo el material molido esto se lo realiza mediante un sistema de inyección de aire a altas presiones, esta inyección genera un movimiento del material molido que está en el interior de los silos, y así asegurar una correcta homogeneidad del producto. Una vez que se haya comprobado mediante un muestreo que la composición esté entre los rangos exigidos por las normas para su fabricación, este material está listo para ser alimentado al horno, la alimentación al horno se lo realiza de forma controlada mediante un panel de funciones.

1.3.5. CLINKERIZACIÓN Y ENFRIAMIENTO

Es la etapa fundamental del proceso de fabricación de cemento, en la cual la harina cruda reacciona a temperaturas de alrededor de 300 y 1 500 grados centígrados para dar lugar a la formación de Clinker de cemento. En el proceso de clinkerización la harina cruda procedente de los silos de almacenamiento es inyectado al ducto de salida de los gases de combustión de la segunda etapa del precalentador, dicho precalentador actúa como un intercambiador de calor entre los gases de combustión y el material de alimentación, a medida que el material desciende por el precalentador aumenta su temperatura mejorando la eficiencia del horno rotativo donde se produce la clinkerización a una temperatura de 1 400 grados centígrados.

1.3.6. MOLIENDA DE CEMENTO

La molienda del cemento es la parte final de todo el proceso de fabricación, lo que realiza esta área es mezclar y moler Clinker, puzolana y yeso para elaborar cemento de acuerdo a las normas ecuatorianas que rigen la producción de cemento.

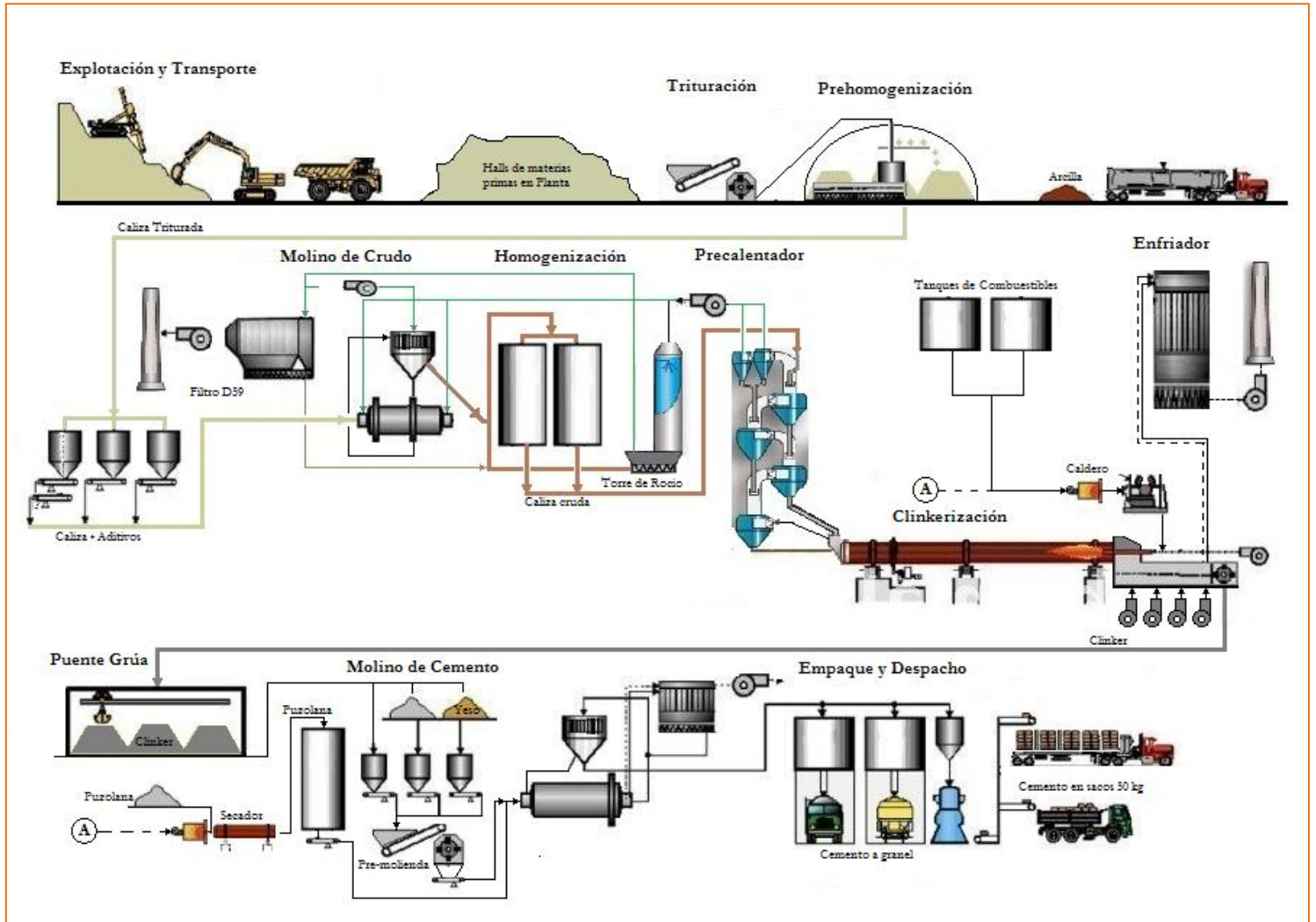
1.3.7. EMPAQUE Y DESPACHO DE MATERIAL

Se dispone de un área en la cual se encuentra instaladas 2 ensacadoras rotativas con 8 bocas cada una y una capacidad de enfundar 2 000 sacos por hora con sus respectivos dosificadores lo cual permite un flujo continuo y estable en la emisión de sacos de cemento. El control de calidad se lo realiza a la salida



del vehículo de transporte por básculas electrónicas y certificadas por el INEN relacionando la variable de peso de cada saco (50+- 0.5 kg/saco).

Figura 1.1. Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación del Cemento



Fuente: Departamento de Planificación y Procesos: UCEM-CEM - Planta Guapán 2014

1.4. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN

La planta hormigonera de la UNIÓN CEMENTERA NACIONAL UCEM – CEM PLANTA INDUSTRIAL GUAPAN utiliza el método de mezclado en tránsito, es decir los materiales son introducidos directamente dentro del tambor del camión mezclador o mixer en donde se cumple con las operaciones de mezclado y agitación para la obtención del hormigón fresco.

El proceso de la elaboración del hormigón está comprendido en diferentes etapas que se explicarán a continuación.



1.4.1. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

El cemento es la materia prima más importante del hormigón y este es receiptado desde un camión – silo a granel hasta un silo elevado de almacenamiento del cemento que impide la absorción de humedad, de tal manera que la boca de descarga del silo este localizado por encima del área de carga del camión mezclador o mixer.

Los áridos o agregados que llegan a la planta hormigonera están conformados por grava de 1½ de pulgada (38 mm), grava de ¾ de pulgada (19 mm) y arena; los áridos son trasportados por volquetes y son receiptados y colocados en pilas en el patio de la hormigonera en donde permanecen almacenados al aire libre y constantemente humedecidos.

El agua potable es almacenada en una cisterna de concreto y con la ayuda de una bomba y una manguera el agua es dirigida a la tolva de alimentación del camión mezclador o mixer.

Los aditivos utilizados son líquidos que poseen químicos activos biodegradables, por tanto son almacenados en dispensadores (tambores o tanques de PVC) herméticos, estos están en un lugar seco, fresco, alejados de una fuente de calor y bajo techo de tal forma que no se vean afectados por los rayos directos del sol. Los dispensadores del aditivo son proporcionados e instalados por los proveedores del mismo, y es de donde se obtiene el volumen necesario de aditivo para agregar a la mezcla que está conformando el hormigón, por medio de la tolva de alimentación del camión mezclador.

1.4.2. DOSIFICACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

Con la ayuda de maquinaria los agregados utilizados en la elaboración de hormigón son colocados en la tolva dosificadora de recepción la misma que poseen una banda móvil o trasportadora – pesadora que coloca a los áridos a una banda móvil elevadora y esta deja a la grava y arena en la tolva de alimentación del camión mezclador o mixer.

El cemento desde el silo por medio de una tubería es colocado directamente en la tolva de alimentación del camión mezclador o mixer.

El agua almacenada se suministra mediante una manguera de igual manera hacia la tolva de alimentación del mixer.

Finalmente se agrega el aditivo de igual forma por la tolva de alimentación del camión mezclador.

La dosificación correcta de los componentes es supervisado por un Ingeniero.

1.4.3. MEZCLA DE COMPONENTES

El camión mezclador o mixer por medio de su tambor se encarga de realizar la mezcla de todos los materiales que conforman el hormigón, esta mezcla se efectúa desde el instante mismo en que el mixer procede a ser cargado, el tambor del mixer empezará a girar de 14 a 19 rpm y el tiempo de mezclado no



deberá exceder de 1 minuto por metro cubico de hormigón, la hormigonera posee camiones mixer de 7 m³ y 10 m³ de capacidad, por lo que el tiempo de mezcla estará comprendido entre 7 y 10 minutos.

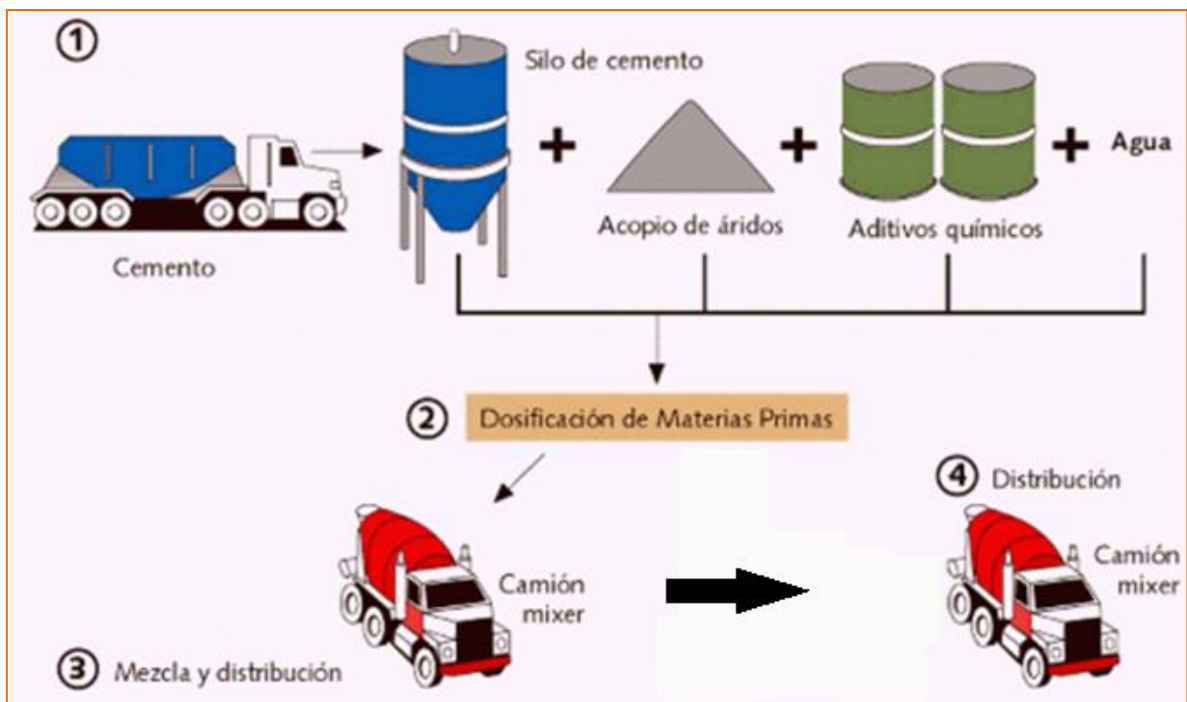
Después de finalizar el tiempo de mezclado y antes de que el mixer abandone la planta se deberá tomar una muestra del hormigón fresco que acaba de ser elaborado y está próximo a ser trasportado al sitio de la obra, esta muestra es tomada para realizar el respectivo control de calidad del hormigón.

1.4.4. TRANSPORTE AL SITIO DE OBRA

Dado que la hidratación del cemento, la elevación de la temperatura, la perdida de asentamiento y la pérdida de aire son procesos irreversibles y aumentan con el tiempo, se recomienda que el lapso entre el tiempo de mezclado y la entrega del hormigón en la obra sea el mínimo posible, la norma ASTM C – 94 estipula que este tiempo no deberá sobrepasar los 90 minutos.

Luego de aplicar el hormigón en la obra designada, el camión mezclador retorna a la planta hormigonera para que por medio de mangueras se proceda al inmediato lavado de las canaletas y el tambor del mixer tanto en su parte interior como exterior para retirar el concreto adherido a las paredes.

Figura 1.2. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de hormigón



Fuente: Propia



1.5. AGUA

1.5.1. DEFINICIÓN

“Se define como aquel componente del concreto, en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas que le dan propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados²”.

1.5.1.1. Agua de Mezclado

El agua de mezclado tiene dos funciones principales que es permitir la hidratación del cemento y que permita producir una pasta suficientemente hidratada y con una trabajabilidad adecuada lo que permitirá un correcto mezclado de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico. Esta agua puede extraerse de fuentes naturales considerando que no contengan elementos orgánicos indeseables o un alto contenido de sales inorgánicas cumpliendo con los parámetros de calidad de acuerdo a las normas existentes. Se considera que el agua potable es apta para la elaboración de hormigones.

1.5.1.2. Agua de Curado

El agua de curado se utiliza para evitar la desecación del hormigón. Esta agua constituye un suministro adicional de agua para permitir y mejorar la hidratación del cemento, lo cual impide contracciones que pueden provocar fisuras.

1.6. AGREGADOS O ÁRIDOS

Los agregados también llamados áridos son materiales granulares, naturales o artificiales, que sirven como material de relleno en las mezclas de hormigón, están formados por arena y grava es decir, son materiales pétreos que conforman entre un 60% a 75% en volumen (70% a 85% en peso) del hormigón y son más económicos que la pasta de cemento. Los agregados tienen varias características que son necesarias para obtener un hormigón adecuado para el trabajo en el que se lo va a aplicar, algunas de estas características son:

- Proveer una masa de partículas que son idóneas para resistir la abrasión y las variaciones climáticas a las que estará expuesto el hormigón.
- Resisten los cambios de volumen que se producen a causa del proceso de fraguado y endurecimiento evitando agrietamientos en el hormigón.
- Influyen en la trabajabilidad, el acabado, calidad y la economía del hormigón.
- Los agregados gracias a su resistencia propia contribuyen con parte de la resistencia mecánica y la durabilidad del hormigón.

² Sanchez de Guzman, D. (2001). *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO*. Bogota: BHANDAR EDITORES LTDA.



- Los áridos aseguran una buena adherencia con la pasta de cemento endurecido.

1.6.1. AGREGADO FINO

El agregado o árido fino natural contiene la mayor parte de porcentaje en peso del hormigón, usualmente es de 60% o más, está constituido de arena natural, sus granos o partículas deben ser cúbicas o esféricas mas no de forma alargada o planada, su tamaño está comprendido desde los 0,0074 mm hasta 4,76 mm (0,00029 pulgadas a 0,1874 pulgadas), además, en el análisis granulométrico las partículas no deben tener más de un 45% de pasante en cualquier tamiz, al igual que su módulo de finura debe estar entre 2,5 a 3,5 y deberán quedar retenidas en el tamiz No. 200.

1.6.2. AGREGADO GRUESO

El agregado o árido grueso natural adecuado para la fabricación de un hormigón puede consistir de grava, grava triturada, piedra triturada o una mezcla de estas, su tamaño está comprendido desde los 4,76 mm hasta 51 mm (0,1874 pulgadas a 2 pulgadas) por tanto las partículas del agregado grueso deben ser duras, no estar cubiertas por materiales extraños ni polvo y deberán quedar retenidas en el tamiz No. 4.

1.6.3. GRANULOMETRÍA

Un aspecto importante de los agregados es su granulometría, este término se refiere a la diferencia de tamaños que existe en las partículas que conforma la masa de un árido grueso o fino, por tanto, es necesario el uso de tamices normalizados de malla de alambre con abertura cuadrada con la finalidad de distribuir en fracciones de igual tamaño los granos que conforman el árido, a este proceso se lo llama análisis granulométrico, el mismo que es muy importante ya que con este análisis se manejan varios criterios de aceptación del árido para utilizarlo en el hormigón.

1.6.4. FORMA

Se recomienda que la forma del agregado sea redonda (piedra de río) o cúbica (piedra triturada), más no partículas alargadas y laminadas de textura áspera ya que este tipo de partículas requieren mayor cantidad de agua para obtener un hormigón trabajable. Al tener partículas redondas o cubicas, el grado de acomodamiento, de estas partículas será mucho mayor que el acomodamiento de otra forma de partículas, por tanto la densidad del hormigón también se incrementa aumentando consigo su resistencia.



1.6.5. DENSIDAD

Entre menor sea la densidad de un agregado, mayor porosidad tendrá el mismo, esta densidad responde a la relación que existen entre el peso la masa del material y el volumen que ocupa la misma, tomando en cuenta los poros saturables y no saturables por tanto esta será la densidad aparente del agregado.

1.6.6. POROSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA

Una partícula porosa será menos dura que una partícula maciza, por tanto, la porosidad, es decir el volumen de espacios dentro de la partícula del agregado afectara a propiedades como la resistencia a la compresión, densidad, absorción, etc. Para medir la porosidad es necesario de la absorción que poseen los granos o partículas del agregado, este parámetro se lo calcula por una diferencia de pesos y se la expresa en porcentaje, varía entre 0 % y 5 % en los agregados pétreos.

1.6.7. PESO UNITARIO O PESO VOLUMÉTRICO

La calidad y la aptitud que posee un agregado para ser utilizado en la fabricación del hormigón viene dada por el peso unitario o peso volumétrico, este parámetro se lo define como la relación existente entre el peso de las partículas de un agregado y el volumen que ocupan dichas partículas incluyendo los vacíos. Existen dos tipos de pesos volumétricos, el compacto cuando los agregados son varillados y el suelto cuando el material se encuentra en estado normal de reposo, estos dos tipos de masas unitarias oscilan entre valores de 1 100 kg/m³ y 1 600 kg/ m³ en agregados naturales.

1.6.8. PORCENTAJE DE VACÍOS

Se puede definir al porcentaje de vacíos como la medida del volumen de los espacios entre las partículas de una masa de agregado, este parámetro es expresado en porcentaje, y dependerá de la forma que están acomodadas las partículas o mejor dicho depende del tipo de peso volumétrico.

1.6.9. HUMEDAD SUPERFICIAL

La cantidad de agua superficial que retienen las partículas de un agregado se la denomina humedad, esta se calcula mediante la diferencia de pesos que se obtiene por un proceso de secado en el que el agregado pasa del estado húmedo al seco. La humedad de un agregado también es expresada en porcentaje.

1.7. ADITIVOS

Los aditivos son sustancias que pueden ser líquidas o polvo son agregadas al hormigón antes o durante su mezclado con el objetivo de que las propiedades del hormigón, tanto en estado plástico, endurecido y durante su proceso de fraguado cambien, se acentúen, mejoren, de manera que podamos obtener un hormigón de calidad, económico y adecuado para el trabajo a emplear. Las dosis



de los aditivos que se le agrega al hormigón es pequeña entre 0,1 y 5% del peso del cemento, se aconseja respetar los límites de las dosis recomendados por las casas productoras de los aditivos.

El uso de un aditivo es justificado previamente por medio de la experimentación a base de ensayos oportunos elaborados a nivel de laboratorio, en donde se preparan hormigones patrón (sin aditivo) y hormigones con aditivo, con el fin de verificar que al adicionar un aditivo en el hormigón se obtenga las características requeridas y que no se produce efectos negativos en las demás propiedades del hormigón.

Los aditivos controlan o modifican propiedades del hormigón como:

- Trabajabilidad y exudación en estado fresco.
- Tiempo de fraguado y resistencia inicial de la pasta de cemento.
- Penetración y el bombeo.
- Aceleración de la resistencia a corta edad, impermeabilidad y durabilidad en estado endurecido.

Existen varias formas de clasificar a los aditivos que se usan para el concreto, esto a razón de que existen muchos tipos de aditivos, pero la mayoría de los hormigones elaborados en la “UNIÓN CEMENTERA NACIONAL UCEM -- PLANTA INDUSTRIAL GUAPAN”, utilizan los aditivos plastificantes (reductores de agua) razón por la cual en esta tesis nos referiremos solo a este tipo de aditivo pero de diferentes casas comerciales.

1.7.1. ADITIVOS PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA

Son aditivos que en su mayoría son líquidos, comúnmente de color marrón, que tiene por objetivo incrementar la trabajabilidad, fluidez del hormigón, acelerando el fraguado, aumentando las resistencias en todas las edades del concreto, reduce agua, gana resistencia a la compresión, aumenta el asentamiento del hormigón con un contenido dado de agua. Por todas estas características mencionadas anteriormente este tipo de aditivos se los suele utilizar en hormigones que van a ser bombeados o empleados en donde existe una alta concentración de armadura de hierro.

1.8. HORMIGÓN

Es el producto resultante de la mezcla de cemento, arena, grava, agua y eventualmente aditivos en una dosificación adecuada para obtener características fijadas con anterioridad.

1.8.1. HORMIGÓN PLÁSTICO O FRESCO

El hormigón se encuentra en estado fresco o plástico cuando lo podemos manipular, transportar, colocar, compactar, todo esto sin afectar su proceso de fraguado y endurecimiento. El hormigón fresco es un material heterogéneo, puesto que en él coexisten tres fases: la sólida (áridos y cemento), la líquida



(agua) y la gaseosa (aire ocluido). A su vez, la fase sólida es heterogénea entre sí, ya que sus granos son de naturaleza y dimensión variables.

1.8.1.1. Manejabilidad

Es aquella propiedad del concreto mediante la cual se determina la capacidad de ser mezclado, manejado, compactado, colocado y transportado para ser terminado sin que pierda su homogeneidad es decir se exude o se segregue. Se debe considerar que hay factores que influyen en la manejabilidad tales como:

- Contenido de agua de mezclado.
- Granulometría del agregado.
- Relación arena-agregados.
- Contenido de aire de la mezcla.
- Condiciones del clima.
- Aditivos.

1.8.2. RESISTENCIA DEL HORMIGÓN

La resistencia que posee un hormigón endurecido, compactado, a una edad determinada depende de algunos factores. A continuación detallaremos los más importantes.

1.8.2.1. Relación Agua - Cemento

La relación agua - cemento es un factor individual la misma que se define como la relación que existe entre la cantidad neta de agua utilizada por la cantidad unitaria del cemento. Por tanto, la resistencia que posee el hormigón endurecido y compactado a una edad dada es inversamente proporcional a la relación agua – cemento que posee el hormigón.

1.8.2.2. Compactación

Es imposible que un hormigón se encuentre compactado en su totalidad a razón de que durante el mezclado siempre queda aire atrapado en la mezcla que conforma el hormigón y este aire reduce la resistencia del concreto.

1.8.2.3. Contenido de Cemento

En una mezcla para elaborar hormigón, mientras se incrementa el contenido de cemento también se incrementara la resistencia del hormigón, pero si el contenido de cemento es muy alto, la relación agua – cemento será muy baja y presentara un retroceso de resistencia y esto puede causar agrietamientos en el hormigón. Por el contrario las mezclas que poseen un bajo contenido de cemento, tendrán una relación agua – cemento muy alta, por tanto tendremos hormigones con resistencias bajas.



1.8.2.4. Agregados

Los agregados con su granulometría influyen en la resistencia del hormigón, ya que si tenemos una granulometría continua existirá mayor compactación del hormigón en estado plástico y por tanto la densidad y la resistencia serán elevadas.

1.8.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Es una característica que posee el hormigón, para determinar el comportamiento del mismo cuando es sometido a un esfuerzo que tendrá en una estructura. Por tanto, cuando una mezcla de hormigón termina su proceso de fraguado, empieza el hormigón a adquirir resistencia a la compresión la misma que con el transcurso del tiempo ira aumentando.

La resistencia a la compresión de un hormigón es medida por medio de pruebas mecánicas como el ensayo de cilindros, el mismo que es una prueba mecánica destructiva ya que se obtienen probetas cilíndricas de hormigón para esforzarlos comprimiéndolos hasta que fallen o se rompan, obteniendo su máxima resistencia antes de su ruptura por medio de una maquina prensadora.

1.8.4. CURADO

Es un proceso en el mismo que se controla y se mantiene un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable 23 ± 3 grados centígrados en el hormigón, durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen las propiedades deseadas en el hormigón.

1.8.4.1. Método de Curado por Inundación o Inmersión

Es el procedimiento ideal para mantener al hormigón tan saturado como sea posible, de manera que se produzca la hidratación de los materiales cementantes, ya que en condiciones de saturación se producirá la hidratación a una velocidad máxima, además este es un método eficiente para mantener la temperatura uniforme durante todo el proceso de curado. Este método es el más común utilizado para probetas de hormigón en laboratorio.

2. CAPITULO II: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

2.1. CEMENTO

2.1.1. OBJETIVOS GENERALES

- Determinar que el cemento Guapán cumpla con los requisitos de acuerdo a las normas ecuatorianas existentes para su fabricación, y así pueda ser utilizado en las mezclas de hormigón.



2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un control de calidad al cemento realizando distintos ensayos físicos químicos.
- Determinar el valor de la densidad del cemento.

2.1.3. PROPIEDADES QUÍMICAS

2.1.3.1. Composición Química

El cemento portland se obtiene por la cocción de materias primas tales como cal, sílice, alúmina y óxido de hierro. Estos compuestos interactúan en un horno rotatorio a temperaturas determinadas para formar una serie de compuestos más complejos. La composición aproximada del cemento portland se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Composición Química del Cemento de Industrias Guapán

Sílice	SiO ₂	28,68%
Alúmina	Al ₂ O ₃	6,07%
Hierro	Fe ₂ O ₃	3,47%
Cal	CaO	53,62%
Magnesia	MgO	1,18%
Azufre	SO ₃	2,15%
Perdida por calcinación	PF	3,93%
Residuo insoluble	RI	N/A

Fuente: Departamento de Control de Calidad Industrias Guapán.

El Clinker portland es un compuesto formado por silicatos, aluminatos y ferro aluminatos de calcio. Por lo cual se puede considerar cuatro componentes potenciales del cemento.

2.1.3.1.1. *Silicato Tricálcico C₃S “Alita”*

Es el compuesto mayoritario del Clinker con porcentajes que varía entre 40% y 50%. Este compuesto es responsable o contribuye al desarrollo de las resistencias mecánicas a edades tempranas. Dicho compuesto endurece rápidamente influyendo de manera directa fraguado inicial haciéndolo lento.

2.1.3.1.2. *Silicato Dicálcico C₂S “Belita”*

Dicho compuesto es el de segunda importancia del Clinker, este se hidrata lentamente y contribuye a la resistencia a largo plazo.

2.1.3.1.3. *Aluminato Tricálcico C₃A*

Constituido básicamente por C₃A, y con trazas de compuestos de SiO₂ y MgO. Este tiene un calor de hidratación alto lo cual aporta al desarrollo de resistencias



tempranas, a la vez este confiere propiedades indeseables al concreto como cambios volumétricos y poca resistencia a los sulfatos.

2.1.3.1.4. Aluminoferrito Tetracalcico C_4AF

La presencia de este compuesto se debe a la necesidad de utilizar fundentes en la elaboración de Clinker. Este compuesto no participa en el desarrollo de resistencias mecánicas en hormigones.

2.1.4. PROPIEDADES FÍSICAS DEL CEMENTO

Debido que es importante la calidad del cemento empleado en la elaboración de hormigones se procederá a analizar las propiedades físicas de importancia en este estudio.

2.1.4.1. Ensayos

2.1.4.1.1. *Peso Específico (Densidad)*

La determinación se realiza por el método de Le Chatelier. Este método consiste en medir el volumen correspondiente a una masa de cemento por medio del desplazamiento de un líquido, se debe tener la precaución de que la masa del cemento y el líquido estén a la misma temperatura para lo cual el frasco de Le Chatelier se coloca en baño maría y se espera un tiempo prudente hasta que se estabilice las muestra y se proceda a la lectura.

El peso específico del cemento portland suele estar comprendidas entre 2,9 y 3,15 g/cm³.

Tabla 2.2. Peso Específico (Densidad) del Cemento de Industrias Guapán

Cemento	Peso específico g/cm ³
Guapán	2,96

Fuente: Departamento de Control de Calidad Industrias Guapán.

La importancia de determinar el peso específico en el estudio, es obtener este valor y realizar los diseños de mezclas de hormigón.

2.1.4.1.2. *Superficie Específica (Finura del Cemento)*

La finura del cemento es sumamente importante, ya que está relacionada con su valor hidráulico. El equipo de BLAINE tiene por fundamento medir la velocidad de paso del aire a través de una capa o pastilla compactada de cemento con una determinada porosidad, y es función del tamaño de poros que tenga dicha capa, este valor será menor cuanto más fino sea el material.

El módulo de finura se determinó basándose en la norma INEN 196. A continuación se muestran los resultados, valores del módulo de finura que se obtuvieron para el estudio.



Tabla 2.3.1. Superficie Específica (Finura del Cemento) Cemento de Industrias Guapán

Superficie específica										
Muestra	# 1	#2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10
Blaine	3 950	4 197	4 267	4 230	3 934	4 171	4 064	4 041	4 219	4 076

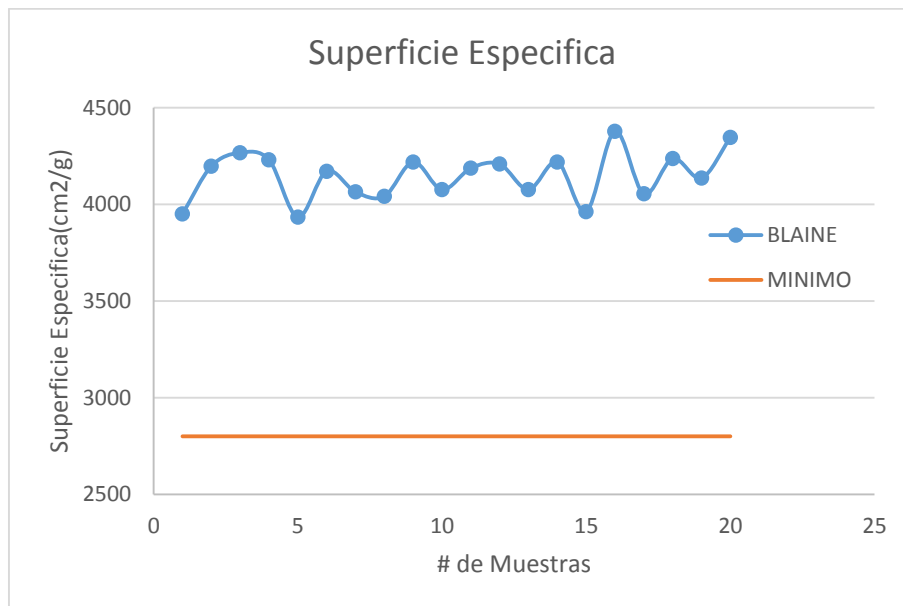
Fuente: Departamento de Control de Calidad Industrias Guapán.

Tabla 2.3.2. Superficie Específica (Finura del Cemento) Cemento de Industrias Guapán

Superficie específica										
Muestra	# 11	# 12	# 13	# 14	# 15	# 16	# 17	# 18	# 19	# 20
Blaine	4 187	4 208	4 076	4 219	3 962	4 378	4 054	4 236	4 136	4 345

Fuente: Departamento de Control de Calidad Industrias Guapán.

Gráfico 2.1. Superficie Específica (Finura del Cemento) del Cemento de Industrias Guapán



Fuente: Propia.

Tabla 2.4. Blaine del Cemento de Industrias Guapán

Cemento	Blaine cm ² /g (Media)	Mínimo cm ² /g
Guapán	4 148	2 800

Fuente: Departamento de Control de Calidad Industrias Guapán.

2.1.4.1.3. Tiempo de Fraguado

El fraguado del cemento se utiliza para describir el cambio de estado plástico al endurecido de una pasta de cemento. Al mezclar una cantidad determinada de



agua con cemento esta forma una masa plástica, y dicha plasticidad se va ir perdiendo en un tiempo determinado. El tiempo transcurrido desde la mezcla con el agua se conoce como “Fraguado inicial”, esto indica que el cemento se encuentra parcialmente hidratado. Posteriormente la pasta sigue fraguando y ya no puede ser amasada a esto se le conoce como “Fraguado final”.

La medida se realiza con la aguja de Vicat, la cual realiza una serie de penetraciones registrando todos los resultados, y luego por interpolación se determina el tiempo de fraguado inicial. El tiempo de fraguado final se obtiene cuando la aguja de Vicat es igual a cero.

Tabla 2.5.1. Tiempos de Fraguado (min) del Cemento de Industrias Guapán

Muestra	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10
Fraguado Inicial	135	135	135	150	130	135	135	135	135	135
Fraguado Final	235	240	250	270	240	270	255	240	270	240

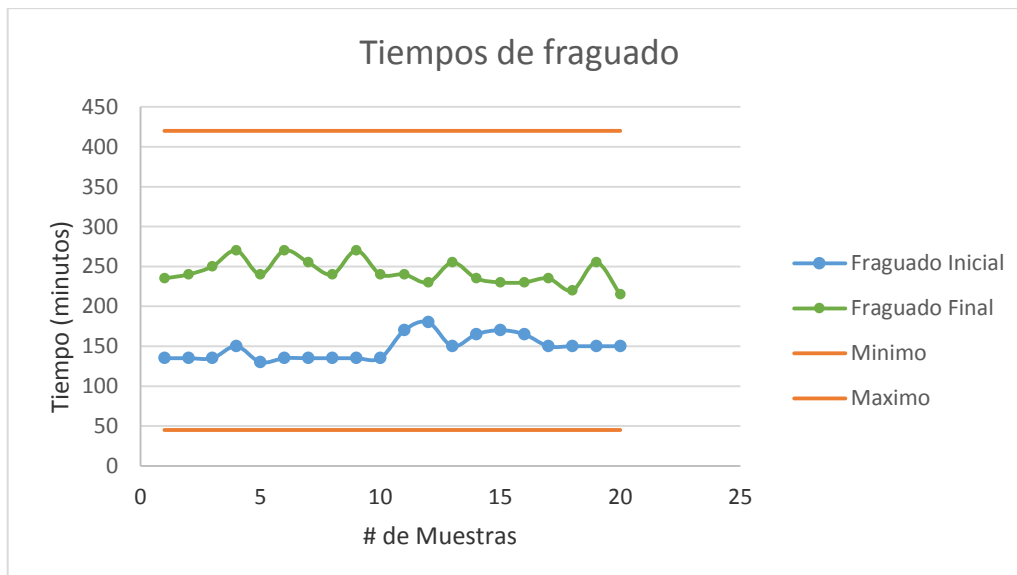
Fuente: Departamento de Control de Calidad Industrias Guapán.

Tabla 2.5.2. Tiempos de Fraguado (min) del Cemento de Industrias Guapán del Cemento de Industrias Guapán

Muestra	# 11	# 12	# 13	# 14	# 15	# 16	# 17	# 18	# 19	# 20
Fraguado Inicial	170	180	150	165	170	165	150	150	150	150
Fraguado Final	240	230	255	235	230	230	235	220	255	215

Fuente: Departamento de Control de Calidad Industrias Guapán.

Gráfico 2.2. Tiempos de Fraguado del Cemento de Industrias Guapán



Fuente: Propia.



Tabla 2.6. Fraguado Inicial del Cemento de Industrias Guapán

Cemento	F. Inicial (Media)	Mínimo (minutos)
Guapán	148	45

Fuente: Departamento de Control de Calidad Industrias Guapán.

Tabla 2.7. Fraguado final del Cemento de Industrias Guapán

Cemento	F. Final (Media)	Máximo (minutos)
Guapán	243	420

Fuente: Departamento de Control de Calidad Industrias Guapán.

2.1.4.1.4. Resistencia Mecánica

Para determinar la resistencia del cemento se lo realiza en un mortero de cemento-arena, la resistencia del mortero va a depender en gran medida de la cohesión de la pasta de cemento, de una correcta dosificación de todos los materiales. El ensayo se realiza mediante la Norma INEN 488, los resultado se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2.8. Resistencia de Morteros del Cemento de Industrias Guapán

MUESTRA	R. 3 DIAS	MÍNIMO	R. 7 DIAS	MÍNIMO	R. 28 DIAS	MÍNIMO
	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
#1	15,52	13	22,96	20	28,43	25
#2	16,3	13	23,2	20	29,76	25
#3	16,33	13	23,1	20	27,38	25
#4	19,17	13	26,13	20	28,57	25
#5	15	13	22,35	20	30,18	25
#6	15,3	13	21,16	20	31,64	25
#7	15,4	13	21,15	20	35,8	25
#8	15,3	13	19,76	20	30,76	25
#9	14,41	13	20	20	38,61	25
#10	15,27	13	22,37	20	32,66	25
#11	18,07	13	22,36	20	32,72	25
#12	17,92	13	23,22	20	32,61	25
#13	18,76	13	24,37	20	36,74	25
#14	15,76	13	22,45	20	31,92	25
#15	15,88	13	21,92	20	34,7	25
#16	16,47	13	23,64	20	36,03	25
#17	17,07	13	23,21	20	32,35	25
#18	14,72	13	21,35	20	33,22	25
#19	16,84	13	22,41	20	35,85	25
#20	14,23	13	20,43	20	32,74	25

Fuente: Departamento de Control de Calidad Industrias Guapán.

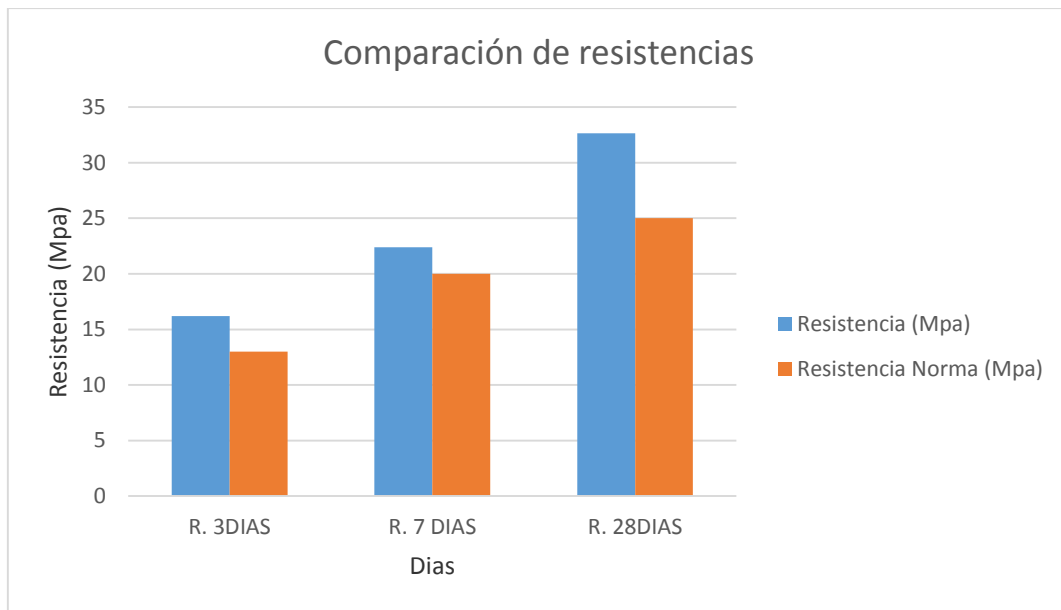


Tabla 2.9. Datos Promedio de la Resistencia de Morteros del Cemento de Industrias Guapán

Cemento Guapán		Resistencia (Mpa)	Norma (Mpa)
	R. 3 Días	16,2	13
	R. 7 Días	22,4	20
	R. 28 Días	32,6	25

Fuente: Departamento de Control de Calidad Industrias Guapán.

Gráfico 2.3. Comparación de Resistencias del Cemento de Industrias Guapán



Fuente: Propia.

2.2. AGREGADOS O ÁRIDOS

2.2.1. ORIGEN DE LOS MATERIALES

Los agregados o áridos utilizados en las mezclas de hormigón son la grava (ripió triturado) de 1 ½ de pulgada y ¾ de pulgada como árido grueso, mientras que como árido fino tenemos a la arena, todos estos obtenidos del cantón Paute provincia del Azuay que está a 38 km de distancia aproximadamente de la UNIÓN CEMENTERA NACIONAL UCEM --PLANTA INDUSTRIAL GUAPAN, estos áridos requeridos por la empresa deben ser resistentes, limpios y libres de impurezas.



2.2.2. ENSAYOS FÍSICOS

2.2.2.1. Granulometría.

2.2.2.1.1. *Objetivos Generales*

- Determinar que los áridos (grava y la arena) cumplan con los requisitos necesarios, así también con la calidad adecuada para que sean aptos para su utilización en las mezclas de hormigón.

2.2.2.1.2. *Objetivos Específicos*

- Construir una curva granulométrica con los porcentajes de pasantes que poseen los diferentes tamaños del agregado ya sea este el fino o grueso.
- Determinar el módulo de finura que posee la arena y verificar que este se encuentra o no dentro del rango establecido por las normas ecuatorianas.
- Determinar el tamaño máximo del agregado grueso.
- Determinar el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

2.2.2.1.3. *Fundamento Teórico.*

Los agregados o áridos deben cumplir ciertos requisitos de granulometría y calidad para ser utilizados en la fabricación del hormigón, lo que determina si el agregado es apto o no es el ensayo del análisis granulométrico.

a) **Árido Fino (Arena)**

La granulometría del árido fino debe estar comprendida dentro de los límites que se especifican en la tabla 2.10.

Tabla 2.10. Requisitos de Gradación del Árido Fino

TAMIZ INEN	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600µm	25 a 60
300 µm	10 a 30
150 µm	2 a 10

Fuente: NTE INEN 872,
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0872.2011.pdf>.



a.1. “Módulo de finura

Es un promedio logarítmico de la distribución de tamaños de partículas, este factor nos indica de manera práctica el predominio de partículas finas o partículas gruesas dentro de la distribución granulométrica. Se lo calcula al sumar los porcentajes retenidos acumulados en los tamices de la serie estándar que cumple con la relación 1:2 desde el tamiz No. 100 en adelante, hasta el máximo tamaño que se encuentre, dividido por 100. A medida que el valor se acerca a cero indica un agregado fino y en la medida que aumenta su valor indica que el agregado es más grueso”³.

El módulo de finura que presenta el árido esta normalizado, por tanto debe estar dentro de un rango el mismo es de 2,5 a 3,5. La suma de los porcentajes retenidos que posean dos tamices consecutivos cualquiera no debe ser mayor de 45%.

b) Árido Grueso (Grava).

La granulometría del árido grueso debe estar comprendida dentro de los límites que se especifican en la tabla 2.11.

Tabla 2.11. Requisitos de Gradación del Árido Grueso.

(1) TAMIZ INEN (Aberturas cuadradas) (mm)	PORCENTAJE EN MASA QUE DEBE PASAR POR LOS TAMICES INEN INDICADOS EN LA COLUMNA (1) PARA SER CONSIDERADO COMO ARIDO GRUESO DE GRADO:									
	90-37,5mm	63-37,5mm	53-4,75mm	37.5-4,75mm	26.5-4,75mm	19-4,75mm	13.2-4,75mm	9.5-2,36mm	53-26,5mm	37,5-19mm
100	100									
90	90-100									
75		100								
63	25-60	90-100	100						100	
53		35-70	95-100	100					90-100	100
37.5	0-15	0-15		95-100	100				35-70	90-100
26.5			35-70	65-85	95-100	100			0-15	20-55
19	0-5	0-5		35-70		90-100	100			0-15
13.2			10-30	23-50	25-60	55-77	90-100	100	0-5	
9.5				10-30		20-55	40-70	85-100		0-5
4.75			0-5	0-5	0-10	0-10	0-15	10-30		
2.36					0-5	0-5	0-5	0-10		
1.18								0-5		

Fuente: NTE INEN 872,
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0872.2011.pdf>.

³ (2001). Modulo de Finura. En D. S. Guzmán, *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO* (pág. 78). Bogota: BHANDAR EDITORES LTDA.



b.1. "Tamaño máximo"

Se lo define como la abertura del menor tamiz de la serie que permite el paso del 100% del material. En la práctica nos indica el tamaño de la partícula más grande que hay dentro de la masa del agregado.

b.2. Tamaño Máximo Nominal

Se lo define como la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado sea el 15% o más. En la práctica nos indica el tamaño promedio de las partículas más grandes que hay dentro de la masa de agregados."⁴.

2.2.2.1.4. Método de Ensayo

Los agregados o áridos ya sean estos gruesos o finos deben ser muestreados desde sus pilas, por tanto la muestra del árido estará conformada por materiales extraídos de diferentes sitios y niveles de la pila, así tomaremos como mínimo tres porciones de cada tercio de la pila (tercio superior, tercio medio, tercio inferior). En los agregados finos antes de tomar las porciones para conformar las muestras se debe remover la capa exterior por la segregación y se toma porciones del material que se encuentra debajo de la capa exterior. Cada muestra será mezclada y cuarteada hasta obtener un peso de 1 000 g para el árido fino y 10 000 g para el árido grueso.

Los agregados que van a ser sometidos al análisis granulométrico deberán ser de masa conocida y los granos deberán estar secos, luego procedemos a distribuir el tamaño de las partículas del agregado por medio de una serie de tamices de abertura cuadrada los mismo que estarán ordenados por abertura en forma decreciente. Los tamices utilizados en el árido fino serán los siguientes: # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100, # 200, mientras que los tamices utilizados en el árido grueso son: 2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", # 4. Se coloca la muestra del agregado en el tamiz superior, y se agita por medio de un agitador de tamices mecánico por un tiempo de 5 minutos.

Luego con una balanza analítica se procede a pesar las masas de agregado retenidas en cada tamiz, en donde la suma de todas las masas retenidas por cada tamiz debe ser muy similar a la masa original de la muestra, se permite que el valor del peso inicial de la muestra del agregado con el peso final del mismo no difiera en más del 0,3% entre peso inicial y el peso final. Seguidamente se procede a calcular los porcentajes de material retenido, retenido acumulado, pasantes acumulados y el módulo de finura del árido fino o arena.

⁴ (2001). Tamaño maximo - tamaño maximo nominal. En D. S. Guzmán, *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO* (pág. 78). Bogota: BHANDAR EDITORES LTDA.

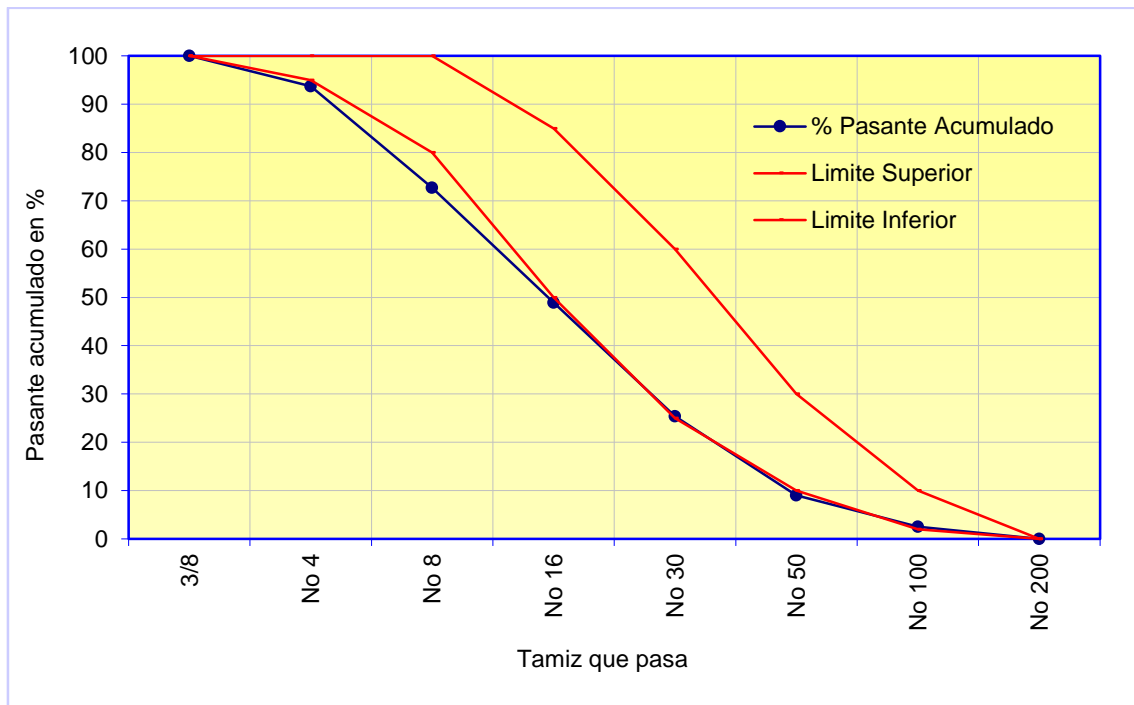


Tabla 2.12. Valores Promedio de las Granulometrías de Arena

Tamiz		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Promedio
Designación	mm											
No 4	4,75	72	81	34	67	54	103	48	31	68	69	63
No 8	2,36	205	214	188	210	217	168	227	223	221	224	210
No 16	1,18	227	215	248	232	230	223	260	276	231	236	238
No 30	0,6	229	202	304	228	237	240	221	233	234	219	235
No 50	0,3	165	164	165	163	182	173	162	163	148	154	164
No 100	0,15	71	88	52	69	61	68	63	62	56	63	65
No 200	0,08	29	36	7	30	18	24	18	13	39	32	25
Fondo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		998	1 001	998	999	999	999	999	1 001	997	997	999
Módulo de finura		3,46	3,44	3,44	3,46	3,47	3,49	3,52	3,49	3,5	3,52	3,48

Fuente: Propia.

Grafico 2.4. Curva Granulométrica Media de la Arena



Fuente: propia.

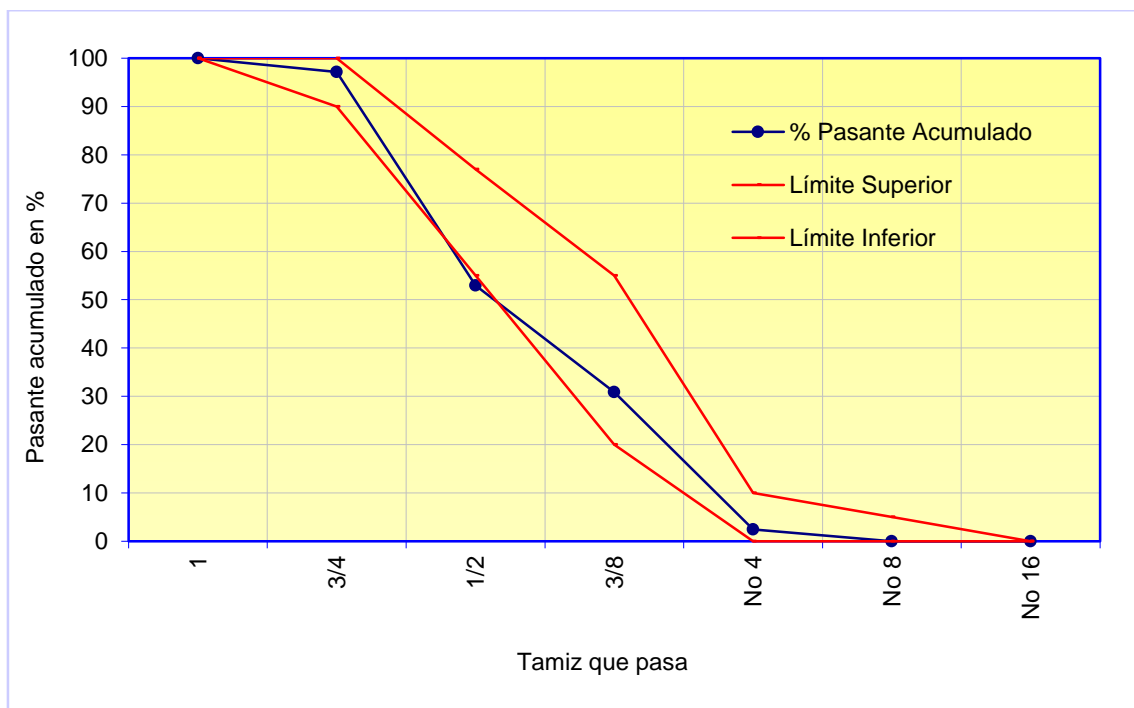


Tabla 2.13. Valores Promedio de las Granulometrías de la grava de 19 mm

tamiz		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	Promedio
Designación	mm								
3/4	19,0	250	291	112	337	201	420	373	283
1/2	12,5	4 952	4 206	3 662	4 737	4 874	4 281	4 250	4 423
3/8	9,5	2 054	2 242	2 317	2 118	2 118	2 620	1 989	2 208
No 4	4,75	2 627	3 144	3 658	2 476	2 476	2 360	3 142	2 840
No 8	2,36	115	114	249	332	332	316	245	243
Total		9 998	9 997	9 998	10 000	10 001	9 997	9 999	9 999

Fuente: Propia.

Gráfico 2.5 Curva Granulométrica Media de la Grava de 19 mm



Fuente: Propia.

Tamaño Máximo: 25 mm
Tamaño Máximo Nominal: 19 mm

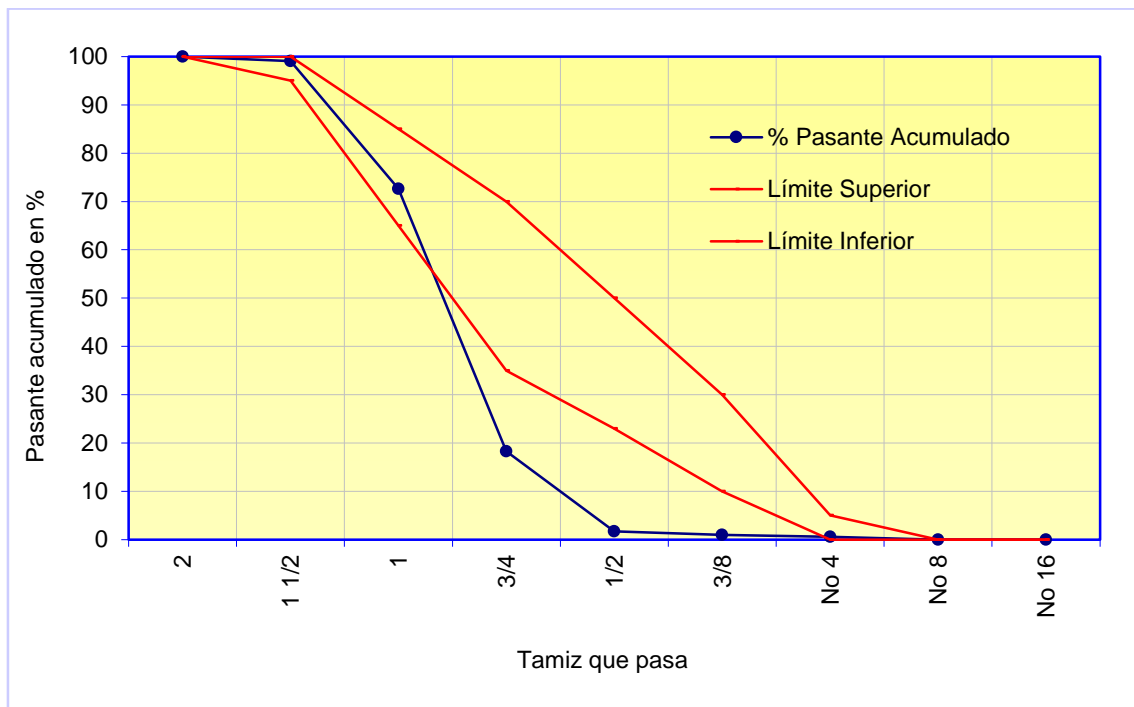


Tabla 2.14. Valores Promedio de las Granulometrías de la Grava de 38 mm

tamiz		GG1	GG2	GG3	GG4	GG5	GG6	GG7	Promedio
Designación	mm								
1 1/2	38,1	32	0	421	109	58	0	31	93
1	25,0	2 816	2 358	2 707	3 341	2 463	2 334	2 491	2 644
3/4	19,0	5 713	5 946	4 271	4 674	5 535	6 246	5 653	5 434
1/2	12,5	1 284	1 514	2 455	1 524	1 774	1 373	1 692	1 659
3/8	9,5	13	81	12	185	75	29	90	69
No 4	4,75	56	46	54	66	27	12	30	42
No 8	2,36	84	53	81	99	66	4	10	57
Total		9 998	9 998	10 001	9 998	9 998	9 998	9 997	9 998

Fuente: Propia.

Grafico 2.6 Curva Granulométrica Media de la Grava de 38 mm



Fuente: Propia.

Tamaño Máximo: 50 mm
Tamaño Máximo Nominal: 38,1 mm



2.2.2.2. Determinación del material más fino que pasa por el tamiz No. 200

2.2.2.2.1. Objetivos Generales

- Determinar la cantidad de material que pasa por el tamiz con aberturas de 75 μm (No. 200).

2.2.2.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar mediante el lavado del árido la cantidad del material más fino que posee el agregado, en este caso la arena.
- Determinar que el árido fino cumpla con la norma y la calidad necesaria para que el agregado sea utilizado en las mezclas de hormigón.

2.2.2.2.3. Fundamento Teórico

Las partículas más finas que posee un agregado pueden ser separadas por completo de las partículas grandes, ya que la granulometría en seco no es suficiente para separar este tipo de partículas muy finas, es necesario realizar un tamizado en húmedo. Las partículas removidas o separadas en este ensayo son partículas de arcilla y también partículas solubles en el agua.

2.2.2.2.4. Método de Ensayo

Se debe obtener una muestra de ensayo del agregado fino es decir arena, la misma que se la secará a peso constante a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se determinará su peso, luego colocamos la muestra en un recipiente y se agrega agua hasta que esté completamente cubierta la muestra, el contenido del recipiente se agitará para que las partículas finas se puedan separar y se queden suspendidas en el agua, vaciamos el agua de lavado sobre el tamiz No. 200, agregamos una segunda carga de agua al recipiente, agitamos y vertemos en el tamiz No. 200 y repetimos esta operación hasta obtener una agua clara, luego regresamos al recipiente todo el material retenido para proceder a secarlo hasta obtener una masa constante y determinamos la masa del agregado seco.

2.2.2.2.5. Formulas

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100 \quad (2.1)$$

De donde:

A= porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz No. 200 (%).

B= masa seca original de la muestra. (g).

C= masa seca de la muestra luego del lavado. (g).



Tabla 2.15. Material Más Fino Que Pasa Por el Tamiz No. 200 (Arena)

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Promedio
% A	3,33	3	3,67	3,33	3,33

Fuente: propia.

2.2.2.3. Densidad o Gravedad Específica y Absorción

2.2.2.3.1. Objetivos Generales

- Determinar la densidad y la Absorción que poseen los agregados o áridos con las exigencias de las normas utilizadas.

2.2.2.3.2. Objetivos Específicos

- Calcular la densidad aparente y absorción de una cierta cantidad o muestra de un agregado o árido ya sea este, fino como la arena o grueso como la grava.
- Determinar si el agregado cumple o no con las exigencias requeridas por las normas para la utilización en la elaboración de las mezclas de hormigón.
- Conocer la influencia que posee la densidad y absorción de un agregado en las mezclas de hormigón.

2.2.2.3.3. Fundamento Teórico

En este ensayo se determina la densidad relativa y la absorción que posee un árido ya sea fino o grueso sin tomar en cuenta o incluir el volumen de vacíos entre partículas. La densidad en general responde a la relación que existe entre la masa de un material por el volumen que ocupa el mismo. Es expresada en kg/m^3 y también en g/cm^3 . La densidad aparente es la de mayor importancia en la elaboración de mezclas de hormigón y esta densidad es inversamente proporcional al volumen de poros que tiene las partículas del agregado, y por lo general esta densidad oscila entre 2,3 a 2,8 g/cm^3 .

- **Agregado o Árido Seco**

Se considera que el agregado está seco cuando se mantiene a $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5$ por un tiempo determinado o necesario para obtener una masa constante.

- **Agregado o Árido Superficialmente Seco**

Se considera que el agregado esta superficialmente seco cuando se llenan de agua los poros permeables de las partículas que fueron sumergidas en agua por un tiempo determinado, pero la superficie de las partículas que conforman el árido deben carecer de agua libre.



- **Densidad del Volumen de Masa (ds).**

Esta densidad se refiere a la relación que existe entre la masa de un volumen dado de agregado cuyas partículas se encuentran secas, incluyendo el volumen de los poros saturables y no saturables y la masa de un volumen igual de agua de preferencia destilada que no contenga gas y se encuentre a una temperatura definida.

- **Densidad del volumen saturado superficialmente seco (dsss).**

Esta densidad se refiere a la relación que existe entre la masa de un volumen dado de agregado incluyendo la masa de agua dentro de los poros saturables después de la inmersión en agua, comparado con la masa de un volumen igual de agua de preferencia destilada que no contenga gas y se encuentre a una temperatura definida.

- **Densidad Aparente (da).**

Esta densidad se refiere a la relación que existe entre la masa de un volumen dado de agregado incluyendo sus poros saturables y no saturables y la masa de un volumen igual de agua de preferencia destilada que no contenga gas y se encuentre a una temperatura definida.

- **Absorción**

Se refiere a la penetración de agua en los poros que poseen las partículas de un agregado, a consecuencia de esto la masa de dicho agregado aumenta a razón de la inmersión de dicho árido en agua por un tiempo determinado. Se expresa como un porcentaje de la masa seca.

La porosidad o el volumen de espacios dentro de una partícula es un factor importante al determinar la densidad de un árido y una manera de expresar la porosidad que poseen los granos de un agregado es mediante la absorción.

2.2.2.3.4. *Método de Ensayo*

Debemos obtener una muestra del árido a la misma que le vamos a mezclar íntegramente y la reducimos por medio del cuarteo a una muestra de ensayo de aproximadamente 500 g para la arena y 5 kg para la grava, seguidamente se coloca la muestra en un recipiente para secarla a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ el tiempo que sea necesario para obtener una masa constante, luego se procede a sumergir la muestra seca en agua y dejamos que repose por un lapso de 24h con el objetivo de saturar el árido es decir llenar de agua los poros que poseen las partículas del agregado. Se retira la muestra del agua y se seca el agua superficial de las partículas y aquí el método de ensayo se diferencia entre al árido fino y el grueso.



- **Ensayo en el agregado fino**

Para secar la muestra de arena se coloca sobre una superficie plana que no sea absorbente, se expande al agregado y con ayuda de aire caliente y agitación constante se deberá conseguir que la arena alcance el estado saturado superficialmente seco, esto se podrá comprobar con la ayuda de un molde de ensayo de humedad o cono truncado, poniendo el diámetro más grande del cono en contacto con una superficie plana, introducimos la arena en el cono en tres capas consecutivas, compactar cada capa de la arena con 25 golpes del compactador el mismo que se lo deja caer libremente con ayuda de la gravedad a una altura de 0,5 cm desde la superficie del agregado, se retira los granos de arena que se disgregaron a la base externa del cono y levantar el molde verticalmente, si la arena conserva la forma del molde significa que la arena aún no ha alcanzado el estado saturado superficialmente seco caso contrario si al levantar el molde el árido fino se desmorona ligeramente significa que se ha alcanzado el estado saturado superficialmente seco. Continuamos con el ensayo el mismo que se puede realizar por el método gravimétrico y el volumétrico.

a.1. Método gravimétrico

Llenamos parcialmente el picnómetro con agua e introducimos la muestra de arena saturada superficialmente seca y seguidamente seguimos llenando de agua hasta un 90% de la capacidad del picnómetro, al mismo que lo agitamos, rodamos hasta conseguir que las burbujas de aire desaparezcan acondicionamos este sistema a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y terminamos de llenar con agua hasta la marca de calibración, determinamos el peso del picnómetro con muestra y agua. Sacamos el árido fino del picnómetro y lo secamos hasta obtener masa constante y tomamos la lectura de su masa. Luego se procede a determinar la masa del picnómetro o balón de aforo, y la masa del picnómetro o balón de aforo con agua hasta la marca de calibración.

a.2. Método volumétrico

Este método se lo realiza con la ayuda de un frasco de Le Chatelier el mismo que se lo llena de agua hasta un punto determinado entre las marcas de 0 a 1 ml del cuello del frasco, se anota esta lectura inicial. Introducimos una muestra de $55\text{ g} \pm 5\text{ g}$ de arena saturada superficialmente seca, tapamos el frasco y inclinamos al frasco y lo rodamos con la finalidad de eliminar las burbujas de aire, seguidamente se toma la lectura final del frasco controlando que este sistema se encuentre a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Para la determinación de la absorción, utilizar una porción separada de $500\text{ g} \pm 10\text{ g}$ de árido fino en condición saturada superficialmente seca, secarlo hasta conseguir una masa constante y determinar su masa seca.



- **Ensayo en el agregado grueso**

Para secar al árido grueso colocamos el mismo sobre un paño absorbente y con este, frotar todas las partículas del agregado con la finalidad de eliminar el agua libre localizada en la parte superficial de los granos del agregado y con esto conseguiremos que el árido grueso esté en estado superficialmente seco, si tenemos partículas grandes es recomendable secarlas individualmente, seguidamente determinamos la masa de la muestra en el estado antes mencionado y registramos el valor, luego se suspende bajo la balanza el recipiente adecuado para este ensayo el mismo que consiste en una canasta de alambre con una abertura de 3,35 mm o de malla más fina, este recipiente debe evitar retener aire cuando este sumergido en agua, colocamos la muestra en esta canasta suspendida y determinamos la masa del agregado en el aire, con ayuda de una tanque hermético lleno con agua sumergimos en este líquido a la canasta con la muestra del árido que se encuentra suspendido en el aire y determinamos y anotamos el valor de su masa aparente en agua a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Luego sacamos la muestra del agua y de la canasta y secamos a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta lograr masa constante, enfriar la muestra a temperatura ambiente hasta lograr manipular con facilidad los granos del árido y determinar su masa.

- **Ensayo de absorción**

Tomar una muestra de $500\text{ g} \pm 10\text{ g}$ de arena o 5 kg de árido grueso en estado saturado superficialmente seca, a esta muestra se la seca hasta obtener una masa constante y anotar el valor de la masa seca de arena.

2.2.2.3.5. *Formulas*

- **Árido fino**

a.1. Método gravimétrico

$$ds = \frac{a}{b + s - c} \quad (2.2)$$

$$dsss = \frac{s}{b + s - c} \quad (2.3)$$

$$da = \frac{a}{b + a - c} \quad (2.4)$$

a.2. Método volumétrico

$$dsss = \frac{S1}{0.9975(R2 - R1)} \quad (2.5)$$



De donde

ds= densidad relativa (gravedad específica) seca al horno. (g/cm³).

ds_{ss}= densidad relativa (gravedad específica) en estado superficialmente seco. (g/cm³).

da= densidad relativa aparente (gravedad específica aparente. (g/cm³).

a= masa de la muestra secada al horno. (g).

b= masa del picnómetro lleno con agua. (g).

c= masa del picnómetro con muestra y agua hasta la marca de calibración. (g).

s= masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco. Por el método gravimétrico. (g).

S1= masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco. Por el método volumétrico. (g).

R1= lectura inicial del nivel del agua en el frasco de Le Chatelier (cm³).

R2= lectura final del nivel del agua en el frasco de Le Chatelier (cm³).

- **Árido grueso**

$$ds = \frac{A}{B - C} \quad (2.6)$$

$$ds_{ss} = \frac{B}{B - C} \quad (2.7)$$

$$da = \frac{A}{A - C} \quad (2.8)$$

De donde

A= masa de la muestra seca al horno. (g).

B= masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco. (g).

C= masa aparente en agua de la muestra saturada. (g).

- **Absorción**

$$\% \text{ absorcion arido fino} = \frac{s - a}{a} \times 100 \quad (2.9)$$

$$\% \text{ absorcion arido grueso} = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (2.10)$$



Tabla 2.16. Densidad de la Arena - Método Gravimétrico

Ensayo	ds	dsss	da	% Absorción
1	2,53	2,55	2,58	0,81
2	2,56	2,59	2,63	1,01
3	2,56	2,58	2,61	0,81
4	2,56	2,58	2,61	0,81
5	2,53	2,55	2,59	1,01
6	2,51	2,53	2,56	0,81
Promedio	2,54	2,56	2,6	0,87

Fuente: propia.

Tabla 2.17. Densidad de la Arena - Método Volumétrico

Ensayo	dsss
1	2,46
2	2,53
3	2,55
4	2,56
Promedio	2,53

Fuente: propia.

Tabla 2.18. Densidad de la Grava de 19 mm

Ensayo	ds	dsss	da	% Absorción
1	2,57	2,60	2,65	1,13
2	2,58	2,63	2,71	1,94
3	2,58	2,63	2,71	1,83
4	2,56	2,61	2,69	1,83
5	2,56	2,60	2,67	1,61
6	2,57	2,62	2,69	1,73
7	2,55	2,60	2,68	1,94
Promedio	2,57	2,61	2,69	1,72

Fuente: propia.



Tabla 2.19. Densidad de la Grava de 38 mm

Ensayo	ds	dsss	da	% Absorción
1	2,55	2,60	2,69	2,15
2	2,54	2,61	2,72	2,56
3	2,60	2,65	2,75	2,15
4	2,46	2,52	2,62	2,48
5	2,55	2,61	2,71	2,40
6	2,54	2,61	2,71	2,42
7	2,55	2,62	2,74	2,77
Promedio	2,54	2,60	2,71	2,42

Fuente: propia.

2.2.2.4. Peso Unitario (Peso Volumétrico) y Porcentaje de Vacíos

2.2.2.4.1. Objetivos Generales

- Determinar la masa por unidad de volumen de los agregados que se utilizan en la fabricación de hormigón y el porcentaje de vacíos entre las partículas en los agregados.

2.2.2.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la masa por unidad de volumen del agregado fino y grueso en condición compactada y suelta.
- Determinar la masa por unidad de volumen en estado superficialmente seco del agregado fino y grueso en condición compactada y suelta.
- Determinar el porcentaje de vacíos entre las partículas de los agregados fino y grueso cuando estos se encuentran en estado suelto y compactado.

2.2.2.4.3. Fundamento Teórico

La masa unitaria que posee un agregado es utilizada para la selección de las proporciones adecuadas en las dosificaciones para las mezclas de hormigón. En este ensayo se determina la masa de unidad de volumen del árido en donde se toma en cuenta el volumen ocupado por las partículas individuales y el volumen de los vacíos ocupados entre las partículas. Se expresa en kg/m^3 .

Al determinar o calcular el porcentaje de vacíos, se obtiene un porcentaje de los espacios que quedan entre las partículas de un agregado, estos espacios no son ocupados por materia sólida.



2.2.2.4.4. Método de Ensayo

Se debe preparar una muestra del árido y reducirla a la cantidad necesaria para este ensayo, esta muestra se la debe secar a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta obtener una masa constante para luego ser colocada en un molde que tenga una capacidad adecuada para la muestra del árido que fue preparada. Procedemos a seleccionar uno de los siguientes procedimientos.

2.2.2.4.5. Peso unitario (peso volumétrico) suelto

Se debe colocar el molde en una superficie plana, se debe llenar el molde con el árido en 3 capas que en lo posible estas capas tienen que ser iguales, al llenar el primer tercio del molde es decir la primera capa del árido se debe levantar el molde alrededor de 50 mm y se lo debe dejar caer sobre la superficie plana de tal manera que el golpe del molde con la superficie plana tiene que ser fuerte y seco, esto se realiza por tres veces es decir tres sacudidas al terminar de colocar cada capa en el molde, luego con la ayuda de una varilla se enraza la superficie del árido con la parte superior del molde. Se debe determinar la masa del molde con el árido, y también solo la masa del molde.

2.2.2.4.6. Peso unitario (peso volumétrico) compacto

Se debe colocar el molde en una superficie plana, se debe llenar el molde con el árido en 3 capas que en lo posible estas capas tienen que ser iguales, al llenar el primer tercio del molde es decir la primera capa del árido se debe compactar la superficie, esto lo hacemos con la ayuda de una varilla de compactación con la cual damos 25 golpes distribuidos de manera uniforme sobre la superficie de la capa del árido, seguidamente golpeamos en el exterior del molde 4 veces en las partes laterales, delantera y trasera del molde con un mazo que tenga cabeza de caucho para que la compactación sea mejor, realizar esto en cada capa colocada en el molde, con la ayuda de una varilla se enraza la superficie del árido con la parte superior del molde. Se debe determinar la masa del molde que contiene el árido y también solo la masa del molde.

2.2.2.4.7. Formulas

- **Peso unitario suelto.**

$$PVS = \frac{G - T}{V} \quad (2.11)$$

$$PVS_{sss} = PVS \times \left(1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right) \quad (2.12)$$

$$\% \text{ Vacios} = \frac{((S - Da) - PVS)}{S - Da} \times 100 \quad (2.13)$$



- **Peso unitario Compacto.**

$$PVC = \frac{G - T}{V} \quad (2.14)$$

$$PVC_{sss} = PVC \times \left(1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right) \quad (2.15)$$

$$\% \text{ Vacios} = \frac{((S - Da) - PVC)}{S - Da} \times 100 \quad (2.16)$$

De donde:

PVC = masa unitaria compacta (peso volumétrico) del árido (kg/m³).

PVS = masa unitaria suelta (peso volumétrico) del árido (kg/m³).

G = masa del árido más el molde (kg).

T = masa del molde (kg).

V = volumen del molde (m³).

PVC_{sss} = masa unitaria compacta (peso volumétrico) del árido en condiciones sss (kg/m³).

PVS_{sss} = masa unitaria suelta (peso volumétrico) del árido en condiciones sss (kg/m³).

A = porcentaje de absorción.

S = gravedad específica (condición seca).

Da = densidad del agua kg/m³

Tabla 2.20. Peso Unitario Suelto de la Arena

Ensayo	PVS	PVS _{sss}	% VACIOS
1	1 562,74	1 577,90	38,11
2	1 590,45	1 605,87	37,01
3	1 578,50	1 593,81	37,48
4	1 558,12	1 573,23	38,29
5	1 563,22	1 578,38	38,09
6	1 579,46	1 594,78	37,45
Promedio	1 572,08	1 587,33	37,74

Fuente: propia.

Tabla 2.21. Peso Unitario Compacto de la Arena

Ensayo	PVC	PVC _{sss}	% VACIOS
1	1 775,32	1 792,54	29,69
2	1 792,68	1 810,06	29,00
3	1 804,46	1 821,96	28,53
4	1 810,35	1 827,91	28,30
5	1 812,42	1 830,00	28,22
Promedio	1 799,04	1 816,50	28,75

Fuente: propia.



Tabla 2.22. Peso Unitario Suelto de la Grava De 19 mm

Ensayo	PVS	PVSsss	% VACIOS
1	1 499,36	1 525,15	41,54
2	1 495,22	1 520,94	41,70
3	1 502,87	1 528,72	41,41
4	1 485,19	1 510,74	42,09
5	1 504,30	1 530,17	41,35
6	1 495,38	1 521,10	41,70
Promedio	1 497,05	1 522,80	41,63

Fuente: propia.

Tabla 2.23. Peso Unitario Compacto de la Grava de 19 mm

Ensayo	PVC	PVCsss	% VACIOS
1	1 624,52	1 652,46	36,66
2	1 638,54	1 666,72	36,12
3	1 612,58	1 640,32	37,13
4	1 637,58	1 665,75	36,15
5	1 633,76	1 661,86	36,30
6	1 617,20	1 645,01	36,95
Promedio	1 627,36	1 655,35	36,55

Fuente: propia.

Tabla 2.24. Peso Unitario Suelto de la Grava de 38 mm

Ensayo	PVS	PVSsss	% VACIOS
1	1 461,62	1 497,00	42,34
2	1 473,41	1 509,06	41,88
3	1 456,05	1 491,29	42,56
4	1 449,20	1 484,27	42,83
5	1 459,24	1 494,55	42,43
6	1 456,53	1 491,78	42,54
7	1 448,25	1 483,30	42,87
Promedio	1 457,66	1 493,03	42,49

Fuente: propia.



Tabla 2.25. Peso Unitario Compacto de la Grava de 38 mm

Ensayo	PVC	PVC_{sss}	% VACIOS
1	1 620,54	1 659,76	36,07
2	1 612,10	1 651,11	36,40
3	1 593,15	1 631,71	37,15
4	1 592,36	1 630,89	37,18
5	1 587,90	1 626,33	37,36
6	1 604,78	1 643,61	36,69
Promedio	1 601,08	1 640,57	36,81

Fuente: propia.

2.2.2.5. Humedad Total del Agregado

2.2.2.5.1. Objetivos Generales

- Determinar el porcentaje de humedad total evaporable por medio del secado en una muestra de árido ya sea este fino o grueso.

2.2.2.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar tanto el porcentaje de humedad superficial y la humedad contenida en los poros del árido es decir la humedad total del agregado.
- Determinar la humedad en el árido para luego saber que ajuste se le debe dar a la masa de una mezcla de hormigón.

2.2.2.5.3. Fundamento Teórico

Los agregados estudiados para este ensayo son parcialmente secos ya que se encuentran a la intemperie o al aire libre. La humedad que posee un árido está relacionada con la porosidad que poseen las partículas del agregado, es decir la humedad está relacionada con la cantidad, tamaño de los poros así como también con su permeabilidad, además también existe la humedad libre la misma que se refiere a la película superficial de agua que rodea al agregado por esta razón al determinar humedad se debe tomar en cuenta la humedad total del árido ya que el agregado también aportara agua a la mezcla que se fabrica para la obtención de hormigón.

2.2.2.5.4. Método de Ensayo

Se obtiene una muestra adecuada para el ensayo de humedad, determinamos la masa de la muestra y seguidamente en un recipiente la muestra es secada con la ayuda de una fuente de calor que en nuestro caso es un horno microondas ventilado, después de enfriada la muestra se determina la masa del árido seco, y por una diferencia de pesos se procede a calcular la humedad que posee el árido.



2.2.2.5.5. Formulas.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 \quad (2.17)$$

De donde

% humedad = humedad total del agregado. (%)

Ph = masa de la muestra original o húmeda en (g).

Ps = masa de la muestra seca en (g).

Tabla 2.26. Humedad de la Arena

Ensayo	% Humedad
1	3,09
2	4,17
3	4,17
4	4,17
5	4,17
6	3,09
7	4,17
8	4,17
9	3,09
10	4,17

Fuente: propia.

Tabla 2.27. Humedad de la Grava de 19 mm

Ensayo	% Humedad
1	1,63
2	1,21
3	1,21
4	1,21
5	1,21
6	0,81
7	1,21
8	0,81
9	1,63
10	0,81

Fuente: propia.



Tabla 2.28. Humedad de la Grava de 38 mm

Ensayo	% Humedad
1	0,81
2	1,63
3	0,81
4	0,81
5	0,81
6	0,81
7	0,81
8	1,21
9	1,21
10	1,21

Fuente: propia.

2.3. HORMIGÓN

2.3.1. ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN

La mezcla de los materiales para obtener el hormigón de 300 kg/cm² y 210 kg/cm² se lo realizo de forma mecánica mediante una concretera de 50 litros de capacidad en donde primero se introduce el agregado grueso, un poco de agua, el agregado fino y mezclamos, luego se detiene la actividad de la concretera y adicionamos el cemento, el agua restante, el aditivo y se mezclan los componentes durante 3 minutos.

Al hormigón se lo caracteriza en estado fresco y endurecido mediante algunos ensayos, ya que las características que posee el hormigón fresco son definitivas en el hormigón endurecido, por tanto cuando el hormigón se encuentra en este estado (fresco) se le puede hacer ciertas correcciones si se lo requiere.

2.3.2. CARACTERIZACIÓN DEL HORMIGÓN FRESCO (ENSAYOS).

2.3.2.1. Asentamiento o Revenimiento

2.3.2.1.1. Objetivos Generales

- Determinar el asentamiento o revenimiento del concreto fresco en un rango especificado.

2.3.2.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar la consistencia y la trabajabilidad del hormigón en estado fresco.
- Determinar si el hormigón cumple con los requerimientos especificados del asentamiento.



2.3.2.1.3. *Fundamento teórico*

Con el ensayo del asentamiento o también llamado revenimiento medimos cuantitativamente la consistencia o el grado de fluidez del hormigón, esta característica debe estar de acuerdo con el tipo de obra en la que se va a colocar el hormigón, así también se obtiene de una manera indirecta el grado de trabajabilidad o facilidad que posee el hormigón en estado fresco para ser manipulado, transportado, colocado y compactado.

De la trabajabilidad del hormigón dependerá la compactación y la densidad del hormigón endurecido o fraguado, es decir a mayor compactación tendremos mayor densidad y por tanto mayor resistencia.

La UNIÓN CEMENTERA NACIONAL UCEM --PLANTA INDUSTRIAL GUAPAN en su departamento de Hormigonera requiere para esta tesis un hormigón de vertido directo que presente una resistencia de 300 kg/cm^2 con un asentamiento de $12 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ y un hormigón de 210 kg/cm^2 con un asentamiento de $18 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$.

2.3.2.1.4. *Método de Ensayo.*

Se humedece un molde que tiene la forma de un cono truncado con diámetros internos de 200 mm en la base y 100 mm en la parte superior, los mismos que son paralelos y perpendiculares al eje longitudinal del cono y con una altura de 300 mm, este molde se llama Cono de Abrams, a la base del mismo se le coloca fijamente sobre una superficie plana, húmeda, rígida y no absorbente, con la ayuda de un cucharón se procede a llenar el cono de Abrams en tres capas de igual volumen de una muestra de hormigón recién mezclado, cada capa de hormigón es compactada dando 25 golpes bien distribuidos con una varilla de compactación, al terminar de compactar la tercera capa procedemos a enrasar la superficie del hormigón esto lo conseguimos rodando la varilla sobre el borde superior del molde, levantamos el molde permitiendo que el hormigón se asiente, y finalmente con un flexómetro se mide el asentamiento es decir la distancia o altura que queda entre la parte superior del molde y la altura final del centro del hormigón al cual sufrió el asentamiento.

La utilidad de determinar este parámetro radica en que se pueda detectar de manera rápida cambios en la cantidad de agua de las mezclas realizadas, ya que un aumento de la cantidad de agua traerá una disminución de la resistencia a la compresión de los cilindros elaborados. El ensayo también sirve para evaluar las características del hormigón para que este pueda ser transportado, compactado, y tenga una trabajabilidad adecuada en el momento de colocarlo en obra.



2.3.2.2. Temperatura

2.3.2.2.1. Objetivos Generales

- Determinar la temperatura que posee el hormigón en estado fresco.

2.3.2.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar que la temperatura del hormigón este dentro de los intervalos especificados y requeridos de manera que se obtenga un hormigón de calidad.
- Evitar problemas inmediatos y futuros al determinar que la temperatura del concreto está dentro de los parámetros normales.

2.3.2.2.3. Fundamento Teórico

La temperatura que posee un hormigón va a depender del aporte calórico que le suministren cada uno de sus componentes así también; del calor liberado por la hidratación del cemento, la energía del mezclado y el medio ambiente.

Si la temperatura alcanzada por el hormigón es muy alta es decir 32°C o más podría causar una aceleración en el fraguado, disminución del asentamiento provocando una mezcla seca, y afectara a la resistencia del hormigón, por el contrario si la temperatura del hormigón es muy baja 13 °C o menos habrá un retardo en el desarrollo de la resistencia del hormigón aunque al final tendrá una resistencia más alta y una mejor calidad del hormigón. Una temperatura no adecuada incluso podría alterar el rendimiento del aditivo incluido en el hormigón.

2.3.2.2.4. Método de Ensayo

Introducimos el termómetro dentro de la masa del hormigón fresco, esperamos que la temperatura se estabilice la lectura y se registra la temperatura obtenida.

La utilidad de medir la temperatura es que a elevadas temperaturas el hormigón requiere mayor cantidad de agua de mezclado para mantener el asentamiento deseado. Una elevada temperatura produce una hidratación más rápida, pero menos eficiente, consecuencia de esto un fraguado rápido, dando un concreto con una estructura menos uniforme.

2.3.2.3. Densidad (Peso Unitario o Peso Volumétrico)

2.3.2.3.1. Objetivos Generales

- Determinar la densidad (peso unitario o peso volumétrico) que posee el hormigón en estado fresco.



2.3.2.3.2. *Objetivos Específicos*

- Determinar si la cantidad, densidad del agregado y la relación agua - cemento es decir la dosificación experimentada es la adecuada y está dentro de los intervalos especificados y requeridos para obtener un hormigón de calidad.
- Medir el grado de eficacia del método de compactación y uniformidad del hormigón.
- Determinar que la densidad del hormigón esté dentro de los intervalos especificados y requeridos de manera que se obtenga un hormigón de calidad.

2.3.2.3.3. *Fundamento Teórico*

La densidad del hormigón fresco también llamado peso unitario o peso volumétrico se refiere a la relación que existe entre la masa del hormigón en estado fresco y el volumen que ocupa se expresa en kg/m^3 . La densidad del hormigón fresco depende del agregado, el aire atrapado por la mezcla y las cantidades de agua y cemento, es decir depende de la dosificación para la obtención del hormigón.

Los hormigones referidos en esta tesis son utilizados en pavimentos, edificios y otras infraestructuras y deben tener un peso volumétrico que varía entre $2\ 200\ \text{kg/m}^3$ y $2\ 500\ \text{kg/m}^3$.

2.3.2.3.4. *Método de Ensayo*

El recipiente utilizado para este ensayo es el mismo que se utiliza para el ensayo del contenido de aire, con la excepción de que para determinar la densidad del hormigón fresco no necesitamos la tapa de dicho recipiente, este es llenado con hormigón fresco en tres capas, cada capa será varillada con 25 golpes y al terminar de varillar cada capa se golpeará el recipiente con un mazo con cabeza de hule, finalmente el hormigón es enrazado con la parte superior del recipiente, determinamos la masa del hormigón fresco y a este valor lo dividimos para el volumen del recipiente y obtendremos la densidad del hormigón fresco.

2.3.2.3.5. *Formulas*

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso del Hormigon}}{\text{Volumen del Recipiente}} \quad (2.18)$$

La utilidad de este ensayo sirve para verificar la uniformidad del hormigón, si el valor del peso volumétrico es menor al esperado o cambia mucho esto indica que alguno o algunos de los ingredientes del hormigón han cambiado en su proporción en la dosificación.



2.3.2.4. Contenido de Aire

2.3.2.4.1. Objetivos Generales

- Determinar la cantidad de aire que posee un hormigón en estado fresco.

2.3.2.4.2. Objetivos Específicos.

- Determinar si el contenido de aire es el adecuado y se encuentra dentro de los intervalos especificados y requeridos para obtener un hormigón de calidad.

2.3.2.4.3. Fundamento Teórico.

El aire atrapado dentro del hormigón fresco se forma naturalmente, el aire ya sea atrapado o incluido puede cambiar tanto la calidad como a la resistencia del hormigón.

Para esta tesis se ha considerado que las mezclas de hormigón no deberán tener un contenido de aire mayor al 5%.

El contenido de aire en el hormigón influye mejorando la trabajabilidad, así como aumenta la compactación e incluso disminuye la resistencia.

2.3.2.4.4. Método de Ensayo

Se llena el recipiente con hormigón fresco en tres capas, cada capa será varillada con 25 golpes y al terminar de varillar cada capa se golpeará el recipiente con un mazo con cabeza de caucho, luego el hormigón es enraizado con la parte superior del recipiente y se tapa para llenar con agua el volumen de la tapa hasta purgar el líquido a través de unas válvulas, se cierran las válvulas y se bombea aire, una aguja de un indicador en la tapa del recipiente es movida por acción de la presión que se eleva, se libera la presión y se lee el contenido de aire que nos da el indicador.

2.3.3. CARACTERIZACIÓN DEL HORMIGÓN ENDURECIDO (ENSAYO)

2.3.3.1. Resistencia a la Compresión

2.3.3.1.1. Objetivos Generales

- Determinar la resistencia a la compresión de las diferentes dosificaciones del hormigón.

2.3.3.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia mecánica en distintos periodos de tiempo 3, 7, 14 y 28 días.



- Determinar que la mezcla del hormigón obtenida cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada.

2.3.3.1.3. *Fundamento Teórico*

Es la propiedad principal del hormigón endurecido o fraguado, el hormigón deberá ser dosificado y producido para determinar una resistencia a la compresión promedio. Las resistencias de hormigón trabajadas en esta tesis son de 300 kg/ cm² y de 210 kg/ cm² es decir estas son las resistencias que debe alcanzar el hormigón a la edad de 28 días.

2.3.3.1.4. *Método de ensayo*

Este ensayo se lo realiza en moldes cilíndricos impermeables, de acero, hierro fundido o de otro material que no reaccione con el hormigón y el cemento; antes de colocar el concreto en los moldes, debemos colocar ligeramente aceite mineral, o un material desmoldante no reactivo en el interior del molde cilíndrico con el objetivo de que el hormigón no se adhiera al metal del molde, se coloca el hormigón en el molde en tres capas para los cilindros de 150 mm x 300 mm y dos capas para los cilindros de 100 mm x 200 mm, estas capas deberán tener igual altura, cada capa de hormigón colocada en el molde debe ser compactada. Después de compactar cada capa se golpea en el exterior del molde de 10 a 15 veces con un mazo que tenga cabeza de caucho, para evitar burbujas de aire o cerrar agujeros, se enraza. Después de 24 horas se desmolda es decir se desprende el cilindro de hormigón y el molde, los cilindros son sumergidos en agua con cal hasta el día del ensayo. Antes de realizar el ensayo de compresión se pesa cada probeta, se coloca a la probeta en la máquina de ensayo o prensa a la compresión la misma que dará la carga necesaria para que se produzca la ruptura del cilindro. Se toma la lectura de la carga.

Los resultados de las pruebas de la resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de hormigón realizada cumpla con los requerimientos de resistencia para la que fue diseñada. Dichos resultados de resistencia se utilizan para fines de control de calidad, así como aceptación del hormigón elaborado.

Un resultado de prueba es el promedio de dos ensayos de resistencia a la compresión de probetas curadas de manera convencional, elaboradas con la misma muestra de hormigón y sometidas al ensayo a una misma edad.



3. CAPITULO III: DISEÑO DE EXPERIMENTOS POR EL METODO ACI

3.1. METODO A.C.I. (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)

Para la mayoría de las aplicaciones, que tiene hoy en día el hormigón, es indispensable utilizar un procedimiento correcto de diseño de mezclas para cumplir las rigurosas especificaciones que se exige al material en la construcción.

El método A.C.I. es un procedimiento empírico muy utilizado para diseñar mezclas de hormigón cuyos resultados han sido confirmados por una amplia información experimental y es el resultado de largas investigaciones, en el campo del hormigón, de varias organizaciones Norteamericanas entre ellas: el A.C.I. Este método está establecido por los trabajos experimentales de Abrams, Richart y Talbot, Goldbeck y Gray.

El procedimiento de diseño se lo realiza mezclando los materiales por volumen absoluto y luego calculando los pesos de cada uno de los componentes, o directamente, calculando el peso del hormigón y deduciendo luego el peso de cada uno de los ingredientes, siempre para obtener un metro cúbico de hormigón. Ambas formas de cálculo de la mezcla tienen en cuenta todo lo relacionado con la facilidad de colocación, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, durabilidad y economía.

Este método se limita a la fabricación de hormigones con dos agregados y con un peso unitario superior a $2,0 \text{ g/cm}^3$, tomando en cuenta requisitos como la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad que se exige para cualquier mezcla de hormigón. El proceso de diseño se basa en la utilización de la técnica de ensayo y error. Partiendo de unas proporciones iniciales obtenidas utilizando los resultados empíricos del método, vamos corrigiendo gradualmente la mezcla con pastones de prueba, hasta obtener las características deseadas para el hormigón definitivo.

El método A.C.I. propone un procedimiento de diseño de 10 pasos.

1. Selección del asentamiento.
2. Selección del tamaño máximo del agregado.
3. Estimación del contenido de aire.
4. Estimación del contenido de agua de mezclado.
5. Determinación de la resistencia de diseño.
6. Selección de la relación agua – cemento.
7. Calculo del contenido de cemento.
8. Estimación de las proporciones de los agregados.
9. Ajuste por humedad de los agregados.
10. Ajuste a las mezclas de prueba.



3.1.1. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Se elige el asentamiento de acuerdo a la aplicación en obra, en este caso se procederá a diseñar un hormigón para pavimento el cual tiene una resistencia de 300 kg/cm^2 el cual debe tener un asentamiento de 12 ± 2 . Y de igual manera se procederá a diseñar un hormigón de 210 kg/cm^2 con un asentamiento 18 ± 2 .

3.1.2. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Lo que se recomienda es que el tamaño máximo del agregado sea el mayor posible ya que tiene un menor porcentaje de vacíos y menor área superficial, por lo tanto el requerimiento de cemento y de agua disminuirán para un mismo asentamiento.

- Tamaño máximo del agregado = 50 mm (Determinado mediante análisis granulométrico en el capítulo II).
- Tamaño máximo nominal = 38,1 mm (Determinado mediante análisis granulométrico en el capítulo II).

3.1.3. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

Para efectos prácticos para el diseño de la mezcla inicial se considerara el contenido de aire igual a cero. Ya que el hormigón que se prepara no estará sometido a condiciones severas tales como congelamiento o deshielos.

3.1.4. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA DE MEZCLADO

Para la determinación del contenido de agua se necesitan los siguientes datos:

- Tamaño máximo del agregado grueso #1= 50 mm.
- Tamaño máximo del agregado grueso #2= 25 mm.
- Asentamiento requerido en obra = 120 mm.

Con estos dos valores nos dirigimos a la tabla 3.1 y encontramos la cantidad de agua de mezclado que se utilizara en el diseño de mezcla de hormigón inicial.



Tabla 3.1. Requerimiento Aproximado de Agua de Mezclado Para Diferentes Asentamientos y Tamaños Máximos de Agregado

ASENTAMIENTO (mm)	TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO (mm)							
	9,51	12,7	19	25,4	38,1	50,8	64	76,1
	Agua de mezclado kg/m3 de concreto							
0	223	201	186	171	158	147	141	132
25	231	208	194	178	164	154	147	138
50	236	214	199	183	170	159	151	144
75	241	218	203	188	175	164	156	148
100	244	221	207	192	179	168	159	151
125	247	225	210	196	183	172	162	153
150	251	230	214	200	187	176	165	157
175	256	235	218	205	192	181	170	163
200	260	240	224	210	197	186	176	168

Fuente: Sanchez de Guzman, D. **TEGNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO. (2001), p234.**

$$A1 = 171,2 \text{ kg/m}^3$$

$$A2 = 195,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua de mezclado} = \frac{A1 + A2}{2} \quad (3.1)$$

$$\text{Agua de mezclado} = \frac{171,2 + 195,2}{2}$$

$$\text{Agua de mezclado} = 183,2 \text{ l/m}^3$$

3.1.5. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO

La resistencia requerida para el estudio es de 300 Kg/cm², Se debe diseñar tomando en cuenta la desviación estándar de la mezcla para esto utilizara las formulas descritas a continuación.

$$f'_{cr} = f'_c - 35 + (2,33 \times S) \quad (3.2)$$

$$f'_{cr} = f'_c + (1,34 \times S) \quad (3.3)$$

De donde:

f'_{cr} =Resistencia de diseño de mezcla.

f'_c =Resistencia requerida para el estudio en kg/cm².

S=Desviación estándar. (S=34) dato de empresa.



3.1.5.1. Cálculo de la resistencia de diseño de mezcla

$$f'_{cr} = 300 \text{ kg/cm}^2 - 35 + (2,33 \times 34)$$

$$f'_{cr} = 344,22 \text{ kg/cm}^2$$

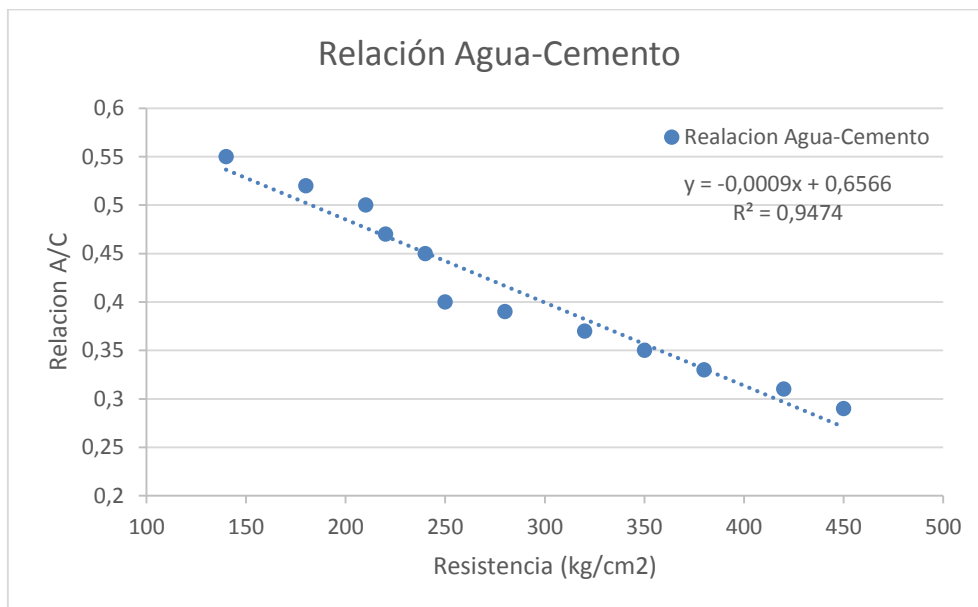
$$f'_{cr} = 300 \text{ kg/cm}^2 + (1,34 \times 34)$$

$$f'_{cr} = 345,56 \text{ kg/cm}^2$$

Se elegirá el mayor valor obtenido de las fórmulas para continuar con el diseño de mezcla de hormigón.

3.1.6. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO DE LA MEZCLA

Grafico 3.1 Relación Agua – Cemento



Fuente: Propia.

Con el valor de f'_{cr} = corto a la curva y encuentro el valor de la relación agua-cemento.

$$Relación A/C = 0,35$$

3.1.7. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

$$C = \frac{A}{Relación A/C} \quad (3.4)$$

C=Cemento kg/m³

A=Agua kg/m³

$$C = \frac{183,2}{0,35}$$

$$C = 523,42 \text{ kg/m}^3$$



3.1.8. DETERMINACIÓN DE LAS PROPORCIONES DE LOS AGREGADOS

De acuerdo al método ACI 221.1 como se trata de agregados controlados se determina las proporciones de agregado fácilmente de acuerdo a tablas.

Determinación del volumen seco y compactado de agregado grueso por volumen unitario de concreto b/b_0 , dicho valor se determina de la siguiente manera:

- Módulo de finura de la arena = 3,48 (Determinado mediante análisis granulométrico en el capítulo II).
- Tamaño máximo nominal agregado grueso #1 = 38,1 mm (Determinado mediante análisis granulométrico en el capítulo II).
- Tamaño máximo nominal agregado grueso #2 = 19 mm (Determinado mediante análisis granulométrico en el capítulo II).

Tabla 3.2. Volumen de Agregado Grueso por Volumen Unitario de Concreto (b/b_0)

Tamaño máximo nominal del agregado mm	Módulo de finura de la arena			
	2,4	2,6	2,8	3
9,51	0,5	0,48	0,46	0,44
12,7	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,6
25,4	0,71	0,69	0,67	0,65
38,1	0,75	0,73	0,71	0,69
50,8	0,75	0,76	0,74	0,72
76,1	0,82	0,8	0,78	0,76
152	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Sanchez de Guzman, D. **TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO. (2001), p241.**

Con los dos valores encontramos $b/b_{01} = 0,641$ y $b/b_{02} = 0,5519$
 Por lo tanto el peso seco del agregado puede calcular de la siguiente manera

$$Pg1 = \left(\frac{b}{b_{01}} \times PVC \right) \times 0,5 \quad (3.5)$$

$$Pg1 = (0,641 \times 1\ 601,08) \times 0,5$$

$$Pg1 = 513,145 \text{ kg/m}^3$$



$$Pg2 = (b/b02 \times PVC) \times 0,5 \quad (3.6)$$

$$Pg2 = (0,5519 \times 1\,627,36) \times 0,5$$

$$Pg2 = 449,0695 \text{ kg/m}^3$$

De donde:

Pg= peso seco del agregado kg/m^3 .

b/b0= volumen seco y compactado de agregado grueso por volumen unitario de concreto.

PVC = masa unitaria compacta (peso volumétrico) del árido (kg/m^3).

Y su volumen absoluto se calculara dividiendo su volumen para la densidad seca del agregado.

$$V_{g1} = \frac{P_{g1}}{d_s} \quad (3.7)$$

$$V_{g1} = \frac{513,145}{2,71}$$

$$V_{g1} = 189,3523 \text{ litros/m}^3$$

$$V_{g2} = \frac{P_{g2}}{d_s} \quad (3.8)$$

$$V_{g2} = \frac{P_{g2}}{2,69}$$

$$V_{g2} = \frac{449,069}{2,69}$$

$$V_{g2} = 166,9492 \text{ litros/m}^3$$

El cálculo de la proporción de arena se lo realizara mediante una resta, ya que el método ACI 211.1 se diseña una mezcla para un metro cubico (1 000 litros) de concreto por lo tanto el material restante será arena contenida en la mezcla de hormigón.



Tabla 3.3 Diseño de Mezcla

Ingrediente	Peso específico (g/cm ³)	Peso seco (kg/m ³)	Volumen absoluto (l/m ³)
Cemento	2,96	523,42	176,83
Agua	1	183,20	183,2
Agregado grueso 38mm	2,71	513,14	189,35
Agregado grueso 19mm	2,69	449,06	166,93
Agregado Fino	2,6	737,594	283,69
Suma			1 000

Fuente: Propia.

3.1.9. AJUSTE DEL DISEÑO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Se debe considerar antes de dosificar la humedad de los agregados, ya que estos se encuentran en un estado superficialmente seco, por lo tanto se debe calcular el peso en húmedo de estos.

3.1.10. CALCULO DEL PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS

$$\text{Peso húmedo del agregado \#1} = \text{Peso seco} \times (1 + \text{Humedad}) \quad (3.9)$$

$$\text{Peso húmedo del agregado \#1} = 513,145 \times (1 + 0,0101)$$

$$\text{Peso húmedo del agregado \#1} = 518,3277 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso húmedo del agregado \#2} = \text{Peso seco} \times (1 + \text{Humedad}) \quad (3.10)$$

$$\text{Peso húmedo del agregado \#2} = 449,06 \times (1 + 0,0117)$$

$$\text{Peso húmedo del agregado \#2} = 454,314 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso húmedo del agregado fino} = \text{Peso seco} \times (1 + \text{Humedad}) \quad (3.11)$$

$$\text{Peso húmedo del agregado fino} = 737,594 \times (1 + 0,0384)$$

$$\text{Peso húmedo del agregado fino} = 765,9176 \text{ kg/m}^3$$

Otro factor que debe considerarse es la absorción que tiene cada uno de los agregados y estos aportan agua a la mezcla original por lo tanto debe restarse al agua de mezclado.



$$\begin{aligned}
 A_a = & \text{Peso seco agregado grueso \#1} \times \left(\frac{\% \text{ Humedad}}{100} - \frac{\% \text{ Absorción}}{100} \right) \\
 & + \text{Peso seco agregado grueso \#2} \times \left(\frac{\% \text{ Humedad}}{100} - \frac{\% \text{ Absorción}}{100} \right) \\
 & + \text{Peso seco arena} \times \left(\frac{\% \text{ Humedad}}{100} - \frac{\% \text{ Absorción}}{100} \right) \quad (3.12)
 \end{aligned}$$

$$A_a = 513,145 \times \left(\frac{1,01}{100} - \frac{2,42}{100} \right) + 449,06 \times \left(\frac{1,17}{100} - \frac{1,72}{100} \right) + 765,9176 \times \left(\frac{3,84}{100} - \frac{0,87}{100} \right)$$

$$A_a = -7,3892 - 2,4692 + 22,7477$$

$$A_a = 12,8893 \text{ l/m}^3$$

$$\text{Agua de Dosificación} = \text{Agua de mezclado} - A_a \quad (3.13)$$

$$\text{Agua de Dosificación} = 183,2 - 12,8893$$

$$\text{Agua de Dosificación} = 170,3107 \text{ l/m}^3$$

Considerando todo estos factores el diseño final de mezcla quedaría de la siguiente manera.

Tabla 3.4 Diseño final de la mezcla de 300 kg/cm²

Ingrediente	Peso específico (g/cm ³)	Peso seco (kg/m ³)	Volumen absoluto (l/m ³)
Cemento	2,96	523,42	176,831
Agua	1	170,31	170,31
Agregado grueso 38mm	2,71	518,32	191,26
Agregado grueso 19mm	2,69	454,314	168,888
Agregado Fino	2,6	765,91	294,58
Suma			1 000

Fuente: propia.

Se seguirá el mismo procedimiento antes explicado del método ACI para el diseño de mezcla del hormigón de 210 Kg/cm².


En la tablas que se muestran a continuación esta expresada cada una de las dosificaciones realizadas en la planta hormigonera para la resistencia de 300 kg/cm² y 210 kg/cm².



LABORATORIO DE HORMIGONES
TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: A - PATRON
RESISTENCIA DEL HORMIGON=300kg/cm²
CEMENTO: GUAPAN
ADITIVO: SIN ADITIVO
FECHA:05/11/2014


UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsSS	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,35
--------------	------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	523,42	523,42	176,83
AGUA	170,1	170,1	170,1
GRAVA (38mm)	513,14	518,32	191,35
GRAVA (19mm)	449,06	454,31	168,94
ARENA	737,59	765,91	292,69
ADITIVO			
TOTAL		2 445,66	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
23,55	23,55	7,96
8,26	8,27	8,26
23,09	23,32	8,52
20,21	20,44	7,51
33,19	34,47	12,77
	0,00	0,00
	110	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	12
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	9
CONTENIDO DE AIRE (%)	3,2
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 467
TEMPERATURA (°C)	23



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: B

RESISTENCIA DEL HORMIGON=300kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: SIKA 100 N

FECHA:06/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,34
--------------	------

	MATERIALES/m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	482,37	482,37	162,96
AGUA	182,68	165,33	182,68
GRAVA (38mm)	430,10	434,44	158,71
GRAVA (19mm)	432,27	437,33	160,70
ARENA	868,32	901,66	333,97
ADITIVO		1,623	1,42
TOTAL		2 422,75	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
21,71	21,71	7,33
8,22	7,44	8,22
19,35	19,55	7,14
19,45	19,68	7,23
39,07	40,57	15,03
	0,073	0,064
	109,02	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	11,5
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	8
CONTENIDO DE AIRE (%)	2,2
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 461,08
TEMPERATURA (°C)	24



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: C

RESISTENCIA DEL HORMIGON=300kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: SIKA 100 N

FECHA:07/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,33
--------------	------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	446,12	446,12	150,72
AGUA	166,91	149,15	166,91
GRAVA (38mm)	451,62	456,18	166,65
GRAVA (19mm)	454,86	460,18	169,09
ARENA	896,92	931,36	344,97
ADITIVO		2,043	1,78
TOTAL		2 445,03	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
20,08	20,08	6,78
7,51	6,71	7,51
20,32	20,53	7,50
20,47	20,71	7,61
40,36	41,91	15,52
	0,092	0,080
	110,03	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	11
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	7,5
CONTENIDO DE AIRE (%)	2,4
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 461,1
TEMPERATURA (°C)	25



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: D

RESISTENCIA DEL HORMIGON=300kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: FLUDEX ROAD

FECHA:10/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,33
--------------	------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	425,80	425,80	143,85
AGUA	157,95	139,96	157,95
GRAVA (38mm)	469,29	474,03	173,17
GRAVA (19mm)	461,64	467,04	171,61
ARENA	913,97	949,07	351,53
ADITIVO		2,403	2,10
TOTAL		2 458,30	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
19,16	19,16	6,47
7,11	6,30	7,11
21,12	21,33	7,79
20,77	21,02	7,72
41,13	42,71	15,82
	0,108	0,09
	110,62	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	12
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	9
CONTENIDO DE AIRE (%)	2,5
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 470,24
TEMPERATURA (°C)	25



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: E

RESISTENCIA DEL HORMIGON=300kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: FLUDEX ROAD

FECHA: 11/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,34
--------------	------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	400,88	400,88	135,43
AGUA	155,33	136,96	155,33
GRAVA (38mm)	470,29	475,04	173,54
GRAVA (19mm)	472,51	478,04	175,65
ARENA	929,39	967,08	357,46
ADITIVO		1,965	1,68
TOTAL		2 459,97	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
18,04	18,04	6,09
6,99	6,16	6,99
21,16	21,38	7,81
21,26	21,51	7,90
41,82	43,52	16,09
	0,088	0,08
	110,70	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	12
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	7
CONTENIDO DE AIRE (%)	4
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 469,25
TEMPERATURA (°C)	21



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: F

RESISTENCIA DEL HORMIGON=300kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: FLUDEX ROAD

FECHA:12/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,33
--------------	------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	393,00	393,00	132,77
AGUA	150,11	130,77	150,11
GRAVA (38mm)	464,97	469,67	171,58
GRAVA (19mm)	468,29	473,77	174,09
ARENA	958,73	995,55	368,74
ADITIVO		2,993	2,56
TOTAL		2 465,75	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
17,69	17,69	5,97
6,76	5,88	6,76
20,92	21,14	7,72
21,07	21,32	7,83
43,14	44,80	16,59
	0,135	0,12
	110,96	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	10
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	7,5
CONTENIDO DE AIRE (%)	2,7
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 467,02
TEMPERATURA (°C)	23



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: G

RESISTENCIA DEL HORMIGON=300kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: FLUDEX ROAD

FECHA:13/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,31
--------------	------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	383,00	383,00	129,39
AGUA	139,13	120,55	139,13
GRAVA (38mm)	487,30	492,22	179,81
GRAVA (19mm)	493,00	498,77	183,27
ARENA	948,25	984,66	364,71
ADITIVO		3,868	3,31
TOTAL		2 483,07	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S Kg	VOL l
17,24	17,24	5,82
6,26	5,42	6,26
21,93	22,15	8,09
22,19	22,44	8,25
42,67	44,31	16,41
	0,174	0,15
	111,74	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	13
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	8
CONTENIDO DE AIRE (%)	3,1
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 465,45
TEMPERATURA (°C)	23



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: H

RESISTENCIA DEL HORMIGON=300kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: ADITEC SF 106

FECHA:14/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,34
--------------	------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	444,13	444,13	150,04
AGUA	169,86	152,45	169,86
GRAVA (38mm)	456,57	461,18	168,48
GRAVA (19mm)	450,90	456,18	167,62
ARENA	886,33	920,36	340,89
ADITIVO		4,175	3,57
TOTAL		2 438,47	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
19,99	19,99	6,75
7,64	6,86	7,64
20,55	20,75	7,58
20,29	20,53	7,54
39,88	41,42	15,34
	0,188	0,16
	109,73	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	13
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	8
CONTENIDO DE AIRE (%)	2,7
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 459,25
TEMPERATURA (°C)	24



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: *USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN*

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: I

RESISTENCIA DEL HORMIGON=300kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: ADITEC SF 106

FECHA:17/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,33
--------------	------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	384,40	384,40	129,86
AGUA	147,14	128,59	147,14
GRAVA (38mm)	477,92	482,75	176,36
GRAVA (19mm)	485,07	490,75	180,33
ARENA	941,35	977,50	362,06
ADITIVO		5,16	4,41
TOTAL		2 469,15	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
17,30	17,30	5,84
6,62	5,79	6,62
21,51	21,72	7,94
21,83	22,08	8,11
42,36	43,99	16,29
	0,232	0,20
	111,11	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	14
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	11
CONTENIDO DE AIRE (%)	1,7
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 467,58
TEMPERATURA (°C)	22



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: J

RESISTENCIA DEL HORMIGON=300kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: ADITEC SF 106

FECHA:18/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,35
--------------	------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	300,00	300,00	101,35
AGUA	123,69	104,44	123,69
GRAVA (38mm)	520,19	525,44	191,95
GRAVA (19mm)	529,36	535,55	196,79
ARENA	993,09	1031,22	381,96
ADITIVO		5,403	4,62
TOTAL		2 502,05	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
13,50	13,50	4,56
5,57	4,70	5,57
23,41	23,64	8,64
23,82	24,10	8,86
44,69	46,40	17,19
	0,243	0,21
	112,59	45


HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	10
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	8
CONTENIDO DE AIRE (%)	1,7
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 462,45
TEMPERATURA (°C)	23



LABORATORIO DE HORMIGONES
TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: K-PATRON
RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²
CEMENTO: GUAPAN
ADITIVO: SIN ADITIVO
FECHA:19/11/2014


UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,395
--------------	-------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	519,81	519,81	175,61
AGUA	205,15	188,12	205,15
GRAVA (19mm)	899,15	908,66	334,26
ARENA	739,71	768,11	284,50
ADITIVO			
TOTAL		2 384,70	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
23,39	23,39	7,90
9,23	8,47	9,23
40,46	40,89	15,04
33,29	34,56	12,80
	0,00	0,00
	107	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	18
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	13
CONTENIDO DE AIRE (%)	1,5
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 415,05
TEMPERATURA (°C)	23



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: L

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: SIKA 100 N

FECHA:20/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,381
--------------	-------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	463,80	463,80	156,69
AGUA	196,56	176,50	196,56
GRAVA (19mm)	868,22	878,38	322,76
ARENA	836,27	868,38	321,64
ADITIVO		1,607	1,40
TOTAL		2 389,44	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
20,87	20,87	7,05
8,85	7,94	8,85
39,07	39,53	14,52
37,63	39,08	14,47
	0,072	0,09
	107	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	19
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	14
CONTENIDO DE AIRE (%)	2,2
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 410,77
TEMPERATURA (°C)	23



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: *USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN*

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: M

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: SIKA 100 N

FECHA:21/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,367
--------------	-------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	440,85	440,85	148,94
AGUA	182,41	161,80	182,41
GRAVA (19mm)	901,70	912,25	335,20
ARENA	862,51	895,63	331,73
ADITIVO		2,023	1,77
TOTAL		2 412,14	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
19,84	19,84	6,70
8,21	7,28	8,21
40,58	41,05	15,08
38,81	40,30	14,93
	0,091	0,080
	108,55	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	19
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	13
CONTENIDO DE AIRE (%)	1,2
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 401,06
TEMPERATURA(°C)	22,5



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: *USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN*

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: N

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: SIKA 100 N

FECHA:24/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,353
--------------	-------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	419,84	419,84	141,84
AGUA	169,56	148,20	169,56
GRAVA (19mm)	924,85	935,67	343,81
ARENA	891,44	925,85	342,86
ADITIVO		2,38	2,08
TOTAL		2 431,58	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
18,89	18,89	6,38
7,63	6,67	7,63
41,62	42,11	15,47
40,11	41,66	15,43
	0,107	0,093
	109,42	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	19
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	15
CONTENIDO DE AIRE (%)	1,4
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 410,54
TEMPERATURA (°C)	22



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: O

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: FLUDEX ROAD

FECHA:25/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,385
--------------	-------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	411,84	411,84	139,14
AGUA	179,60	158,40	179,60
GRAVA (19mm)	913,91	924,60	339,74
ARENA	882,70	916,60	339,50
ADITIVO		1,946	1,66
TOTAL		2 413,39	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
18,53	18,53	6,26
8,08	7,13	8,08
41,13	41,61	15,29
39,72	41,25	15,28
	0,088	0,075
	108,60	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	19
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	13
CONTENIDO DE AIRE (%)	2,5
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 400,3
TEMPERATURA (°C)	24



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: *USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN*

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: P

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: FLUDEX ROAD

FECHA:26/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,374
--------------	-------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	375,25	375,25	126,77
AGUA	162,63	140,50	162,63
GRAVA (19mm)	950,50	961,62	353,35
ARENA	921,24	956,62	354,32
ADITIVO		2,965	2,53
TOTAL		2 436,95	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
16,89	16,89	5,70
7,32	6,32	7,32
42,77	43,27	15,90
41,46	43,05	15,94
	0,133	0,114
	109,66	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	19
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	12
CONTENIDO DE AIRE (%)	3,2
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 463,99
TEMPERATURA (°C)	23



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: Q

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: FLUDEX ROAD

FECHA:27/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,365
--------------	-------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	356,80	356,80	120,54
AGUA	152,79	130,20	152,79
GRAVA (19mm)	972,27	983,65	361,44
ARENA	940,53	976,65	361,74
ADITIVO		3,832	3,27
TOTAL		2 451,13	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
16,06	16,06	5,42
6,88	5,86	6,88
43,75	44,26	16,26
42,32	43,95	16,28
	0,172	0,147
	110,30	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	18,5
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	12,5
CONTENIDO DE AIRE (%)	3,2
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 379,98
TEMPERATURA (°C)	23



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: R

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: ADITEC SF 106

FECHA:28/11/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,382
--------------	-------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	432,52	432,52	146,12
AGUA	185,86	165,10	185,86
GRAVA (19mm)	896,49	906,98	333,27
ARENA	862,45	895,57	331,71
ADITIVO		4,1355	3,53
TOTAL		2 404,31	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
19,46	19,46	6,58
8,36	7,43	8,36
40,34	40,81	15,00
38,81	40,30	14,93
	0,186	0,159
	108,19	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	18
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	12
CONTENIDO DE AIRE (%)	4,5
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 387,57
TEMPERATURA (°C)	23,8



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: *USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN*

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: S

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: ADITEC SF 106

FECHA:01/12/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,377
--------------	-------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	355,50	355,50	120,10
AGUA	156,68	134,20	156,68
GRAVA (19mm)	969,31	980,65	360,34
ARENA	932,82	968,65	358,78
ADITIVO		5,109	4,37
TOTAL		2 444,11	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
16,00	16,00	5,40
7,05	6,04	7,05
43,62	44,13	16,22
41,98	43,59	16,14
	0,230	0,196
	109,98	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	17
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	11
CONTENIDO DE AIRE (%)	4
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 360,88
TEMPERATURA (°C)	25



LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: *USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN*

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

MEZCLA: T

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

CEMENTO: GUAPAN

ADITIVO: ADITEC SF 106

FECHA:02/12/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	CONSTANTES DE LOS MATERIALES					
	DENS. ds	DENS. dsss	DENS. da	PVS	PVC	ABS. %
CEMENTO GUAPAN	2,96	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA	1	-----	-----	-----	-----	-----
GRAVA (38mm)	2,54	2,60	2,71	1 457,66	1 601,08	2,42
GRAVA (19mm)	2,57	2,61	2,69	1 497,05	1 627,36	1,72
ARENA	2,54	2,56	2,6	1 572,08	1 799,04	0,87
ADITIVO		-----	-----	-----	-----	-----

RELACION W/C	0,348
--------------	-------

	MATERIALES/ m ³		
	PESO SECO kg	PESO S.S.S kg	VOL l
CEMENTO GUAPAN	342,25	342,25	115,63
AGUA	142,22	119,13	142,22
GRAVA (19mm)	993,10	1004,72	369,18
ARENA	958,90	995,72	368,81
ADITIVO		5,352	4,57
TOTAL		2 467,17	1 000

ENSAYO EN EL LABORATORIO		
MATERIALES/45 l		
PESO SECO (kg)	PESO S.S.S kg	VOL l
15,40	15,40	5,20
6,40	5,36	6,40
44,69	45,21	16,61
43,15	44,81	16,60
	0,241	0,206
	111,02	45

HORMIGON FRESCO	
ASENTAMIENTO MEDIDO 1 (cm)	18
ASENTAMIENTO MEDIDO 2 (cm)	12
CONTENIDO DE AIRE (%)	4,2
PESO VOLUMETRICO (kg/m ³)	2 373,01
TEMPERATURA (°C)	26



4. CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA PARTE EXPERIMENTAL

LABORATORIO DE HORMIGONES

**TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES
REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN**

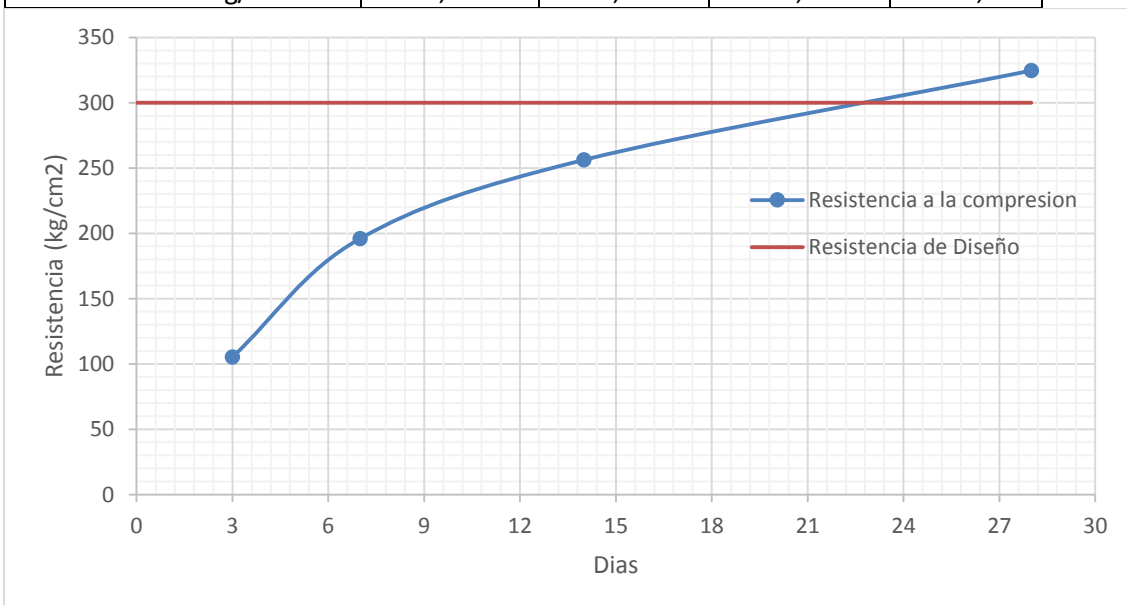
RESISTENCIA DEL HORMIGON=300kg/cm²

COSTOS
MEZCLA: A-PATRON
CEMENTO: GUAPAN
ADITIVO: SIN ADITIVO


UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	523,42	176,83	58,31
AGUA	183,70	183,51	0,00
GRAVA (38mm)	518,32	189,35	5,86
GRAVA (19mm)	454,31	166,94	5,96
ARENA	765,91	283,69	8,88
ADITIVO			
Total	2 445,66	1 000	79,00

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	12,789	12,8535	12,655	12,81
Carga kg-f	19 044,02	34 629,96	46 239,27	57 346,4
Resistencia kg/cm ²	105,2459	196,0185	256,216	324,6





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: *USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN*

RESISTENCIA DEL HORMIGON=300kg/cm²

COSTO DE DOSIFICACION

MEZCLA: B

CEMENTO: GUAPAN

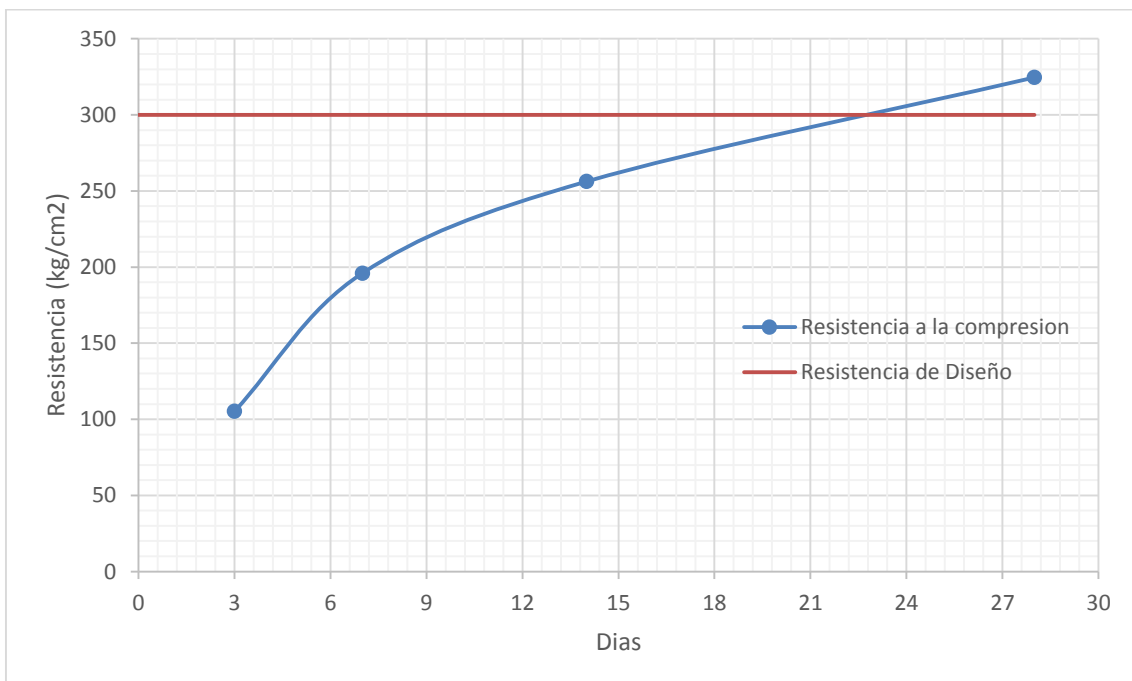
ADITIVO: SIKA 100 N



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	482,37	162,96	53,74
AGUA	165,33	182,68	0,00
GRAVA (38mm)	434,44	158,71	4,91
GRAVA (19mm)	437,33	160,70	5,73
ARENA	901,66	333,97	10,45
ADITIVO	1,62	1,4171	1,78475
Total	2 422,75	1 000	76,62

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	12,615	12,984	14,213	12,824
Carga kg-f	27 745,78	47 111,44	55 444,1	72 781,88
Resistencia kg/cm ²	105,246	196,019	256,216	324,581





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=300kg/cm²

COSTO DE DOSIFICACION

MEZCLA: C

CEMENTO: GUAPAN

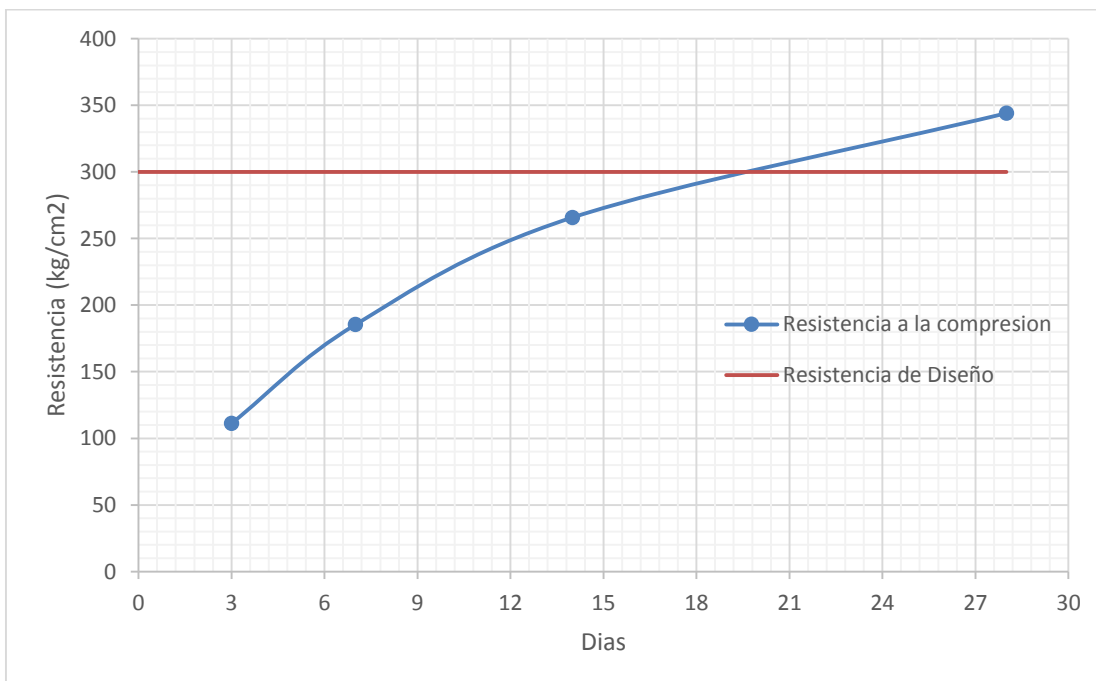
ADITIVO: SIKA 100 N



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	446,12	150,72	49,70
AGUA	149,15	166,91	0,00
GRAVA (38mm)	456,18	166,65	5,16
GRAVA (19mm)	460,18	169,09	6,03
ARENA	931,36	344,97	10,79
ADITIVO	1,62	1,7845	1,78475
Total	2 444,61	1 000	73,47

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	12,8960	12,6620	12,8690	12,6825
Carga kg -f	19 893,14	32 750,52	46 232,63	63 303,76
Resistencia kg/cm ²	111,1741	185,3799	265,8144	344,0970





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=300kg/cm²

COSTOS DE DOSIFICACION

MEZCLA: D

CEMENTO: GUAPAN

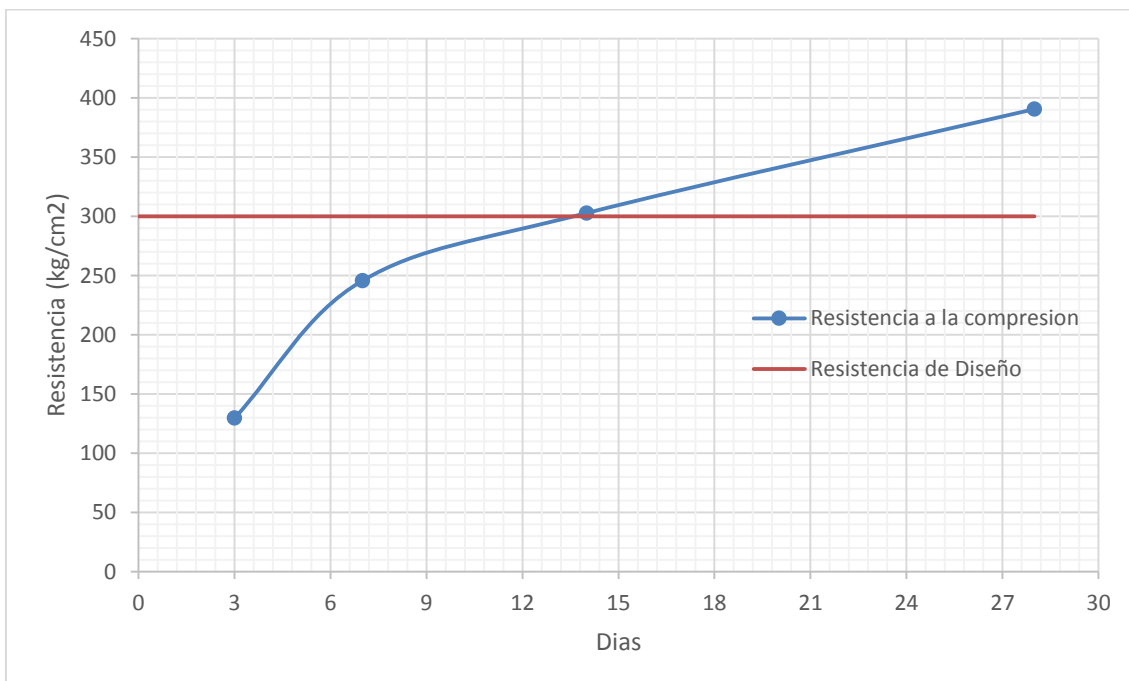
ADITIVO: SIKA 100 N



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	425,80	143,85	47,43
AGUA	139,96	157,95	0,00
GRAVA (38mm)	474,03	173,17	5,36
GRAVA (19mm)	467,04	171,61	6,12
ARENA	949,07	351,53	11,00
ADITIVO	2,40	2,099	2,6433
Total	2 458,30	1 000	72,56

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	13,0830	12,9925	12,9420	13,1010
Carga kg-f	30 170,33	43 402,22	53 848,7	69 031,61
Resistencia kg/cm ²	129,5928	245,6772	302,7601	390,5682





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=300kg/cm²

COSTOS DE DOSIFICACION

MEZCLA: E

CEMENTO: GUAPAN

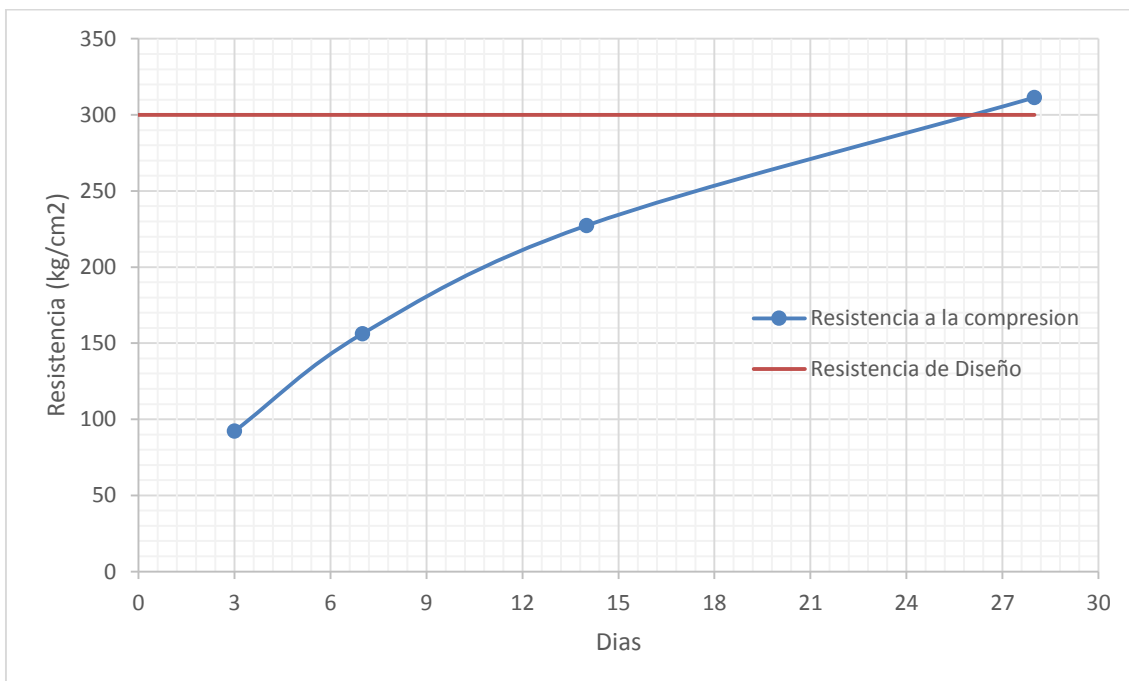
ADITIVO: FLUDEX ROAD



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	400,88	135,43	44,66
AGUA	136,96	155,33	0,00
GRAVA (38mm)	475,04	173,54	5,37
GRAVA (19mm)	478,04	175,65	6,27
ARENA	967,08	357,46	11,21
ADITIVO	1,97	1,679	1,572
Total	2 459,97	1 000	69,08

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	12,2155	12,6120	12,3450	12,2480
Carga kg-f	13 015,82	25 372,06	37 744,09	51 849,54
Resistencia kg/cm ²	92,2181	156,2469	227,2989	311,3932





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=300kg/cm²

COSTOS DE DOSIFICACION

MEZCLA: F

CEMENTO: GUAPAN

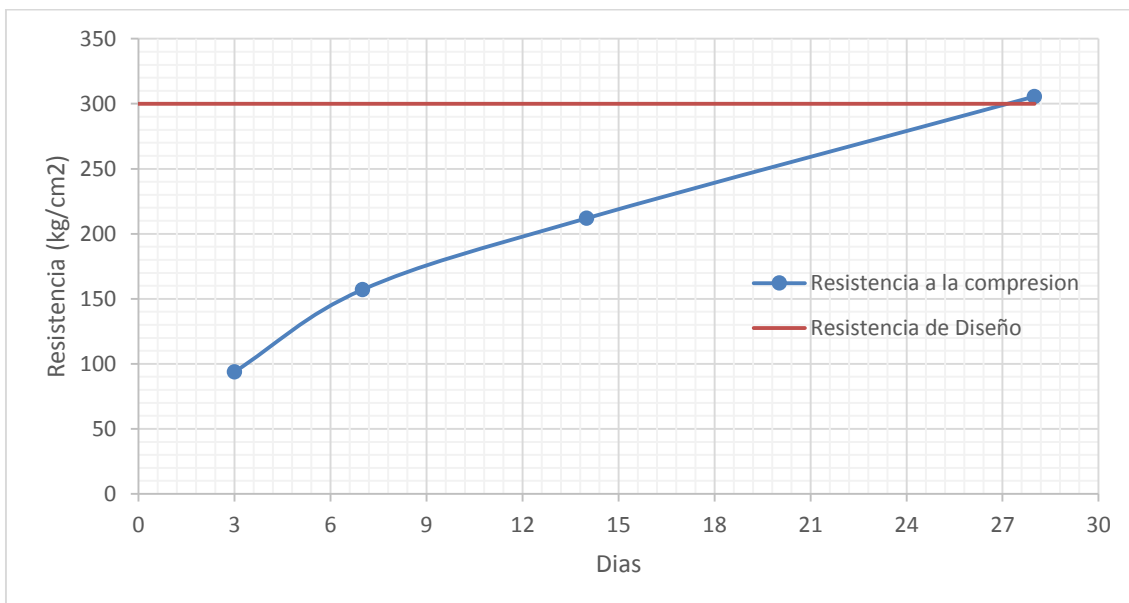
ADITIVO: FLUDEX ROAD



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	393,00	132,77	43,78
AGUA	130,77	150,11	0,00
GRAVA (38mm)	469,67	171,58	5,31
GRAVA (19mm)	473,77	174,09	6,21
ARENA	995,55	368,74	11,54
ADITIVO	2,99	2,5586	2,3944
Total	2 465,75	1 000	69,24

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	12,3045	12,1810	12,4125	12,2910
Carga kg-f	13 533,05	20 804,5	28 661.67	38 844,6
Resistencia kg/cm ²	93,8466	157,0470	211,9211	305,6265





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=300kg/cm²

COSTOS DE DOSIFICACION

MEZCLA: G

CEMENTO: GUAPAN

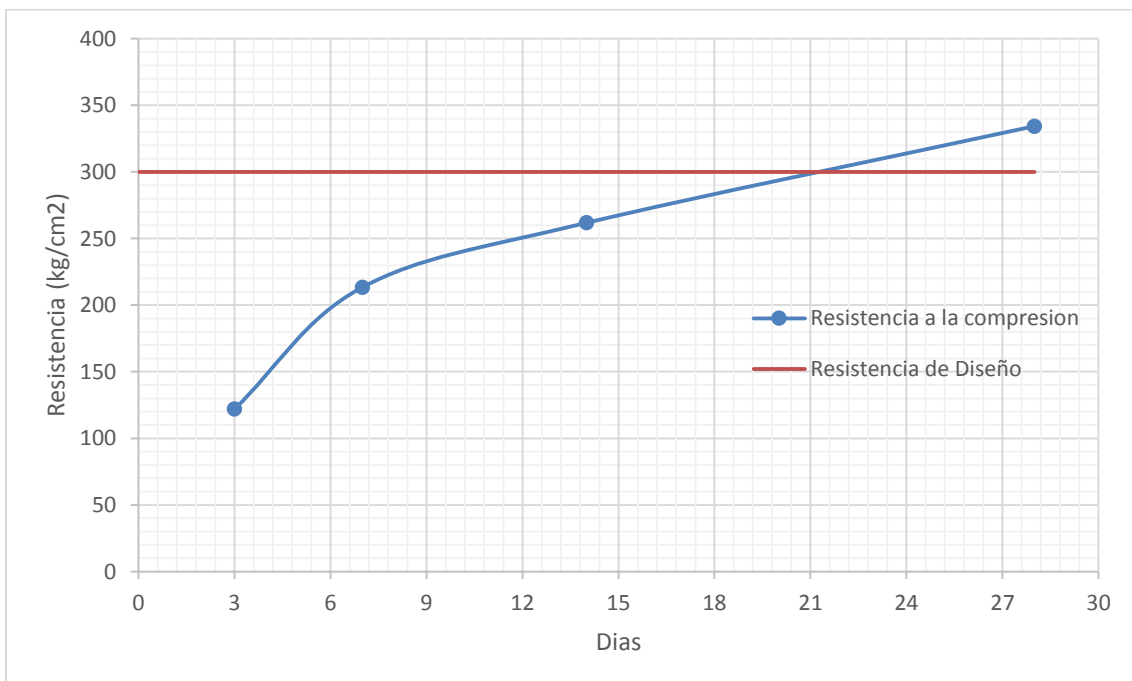
ADITIVO: FLUDEX ROAD



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	383,00	129,39	42,67
AGUA	120,55	139,13	0,00
GRAVA (38mm)	492,22	179,81	5,57
GRAVA (19mm)	498,77	183,27	6,54
ARENA	984,66	364,71	11,41
ADITIVO	3,87	3,3066	3,0944
Total	2 483,07	1 000	69,28

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	12,7935	12,9155	12,6885	12,9430
Carga kg-f	22 403,11	38 010,1	45 567,57	59 068,37
Resistencia kg/cm ²	122,0230	213,4427	261,7794	334,3509





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=300kg/cm²

COSTOS DE DOSIFICACION

MEZCLA: H

CEMENTO: GUAPAN

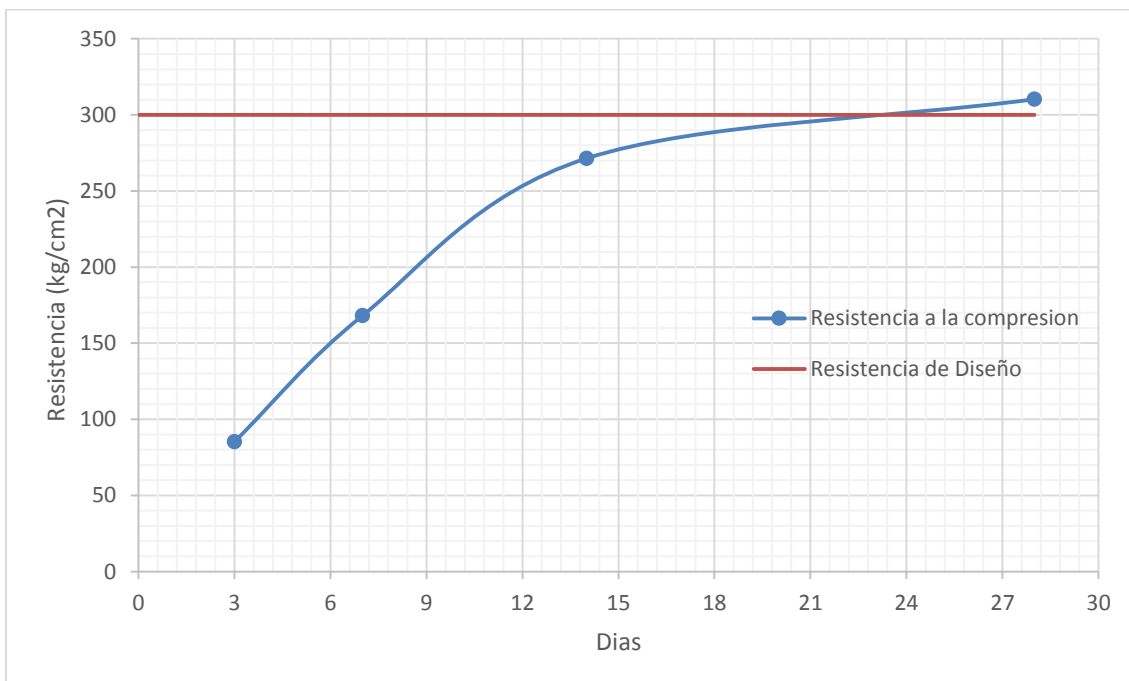
ADITIVO: ADITEK SF 106



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	444,13	150,04	49,48
AGUA	152,45	169,86	0,00
GRAVA (38mm)	461,18	168,48	5,22
GRAVA (19mm)	456,18	167,62	5,98
ARENA	920,36	340,89	10,67
ADITIVO	4,18	3,569	6,47
Total	2 438,47	1 000	77,81

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	13,2270	13,1810	13,1350	13,1780
Carga kg-f	14 306,02	29 050,69	47 677	51 902,52
Resistencia kg/cm ²	85,3100	168,0885	271,3852	310,2569





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=300kg/cm²

COSTOS DE DOSIFICACION

MEZCLA: I

CEMENTO: GUAPAN

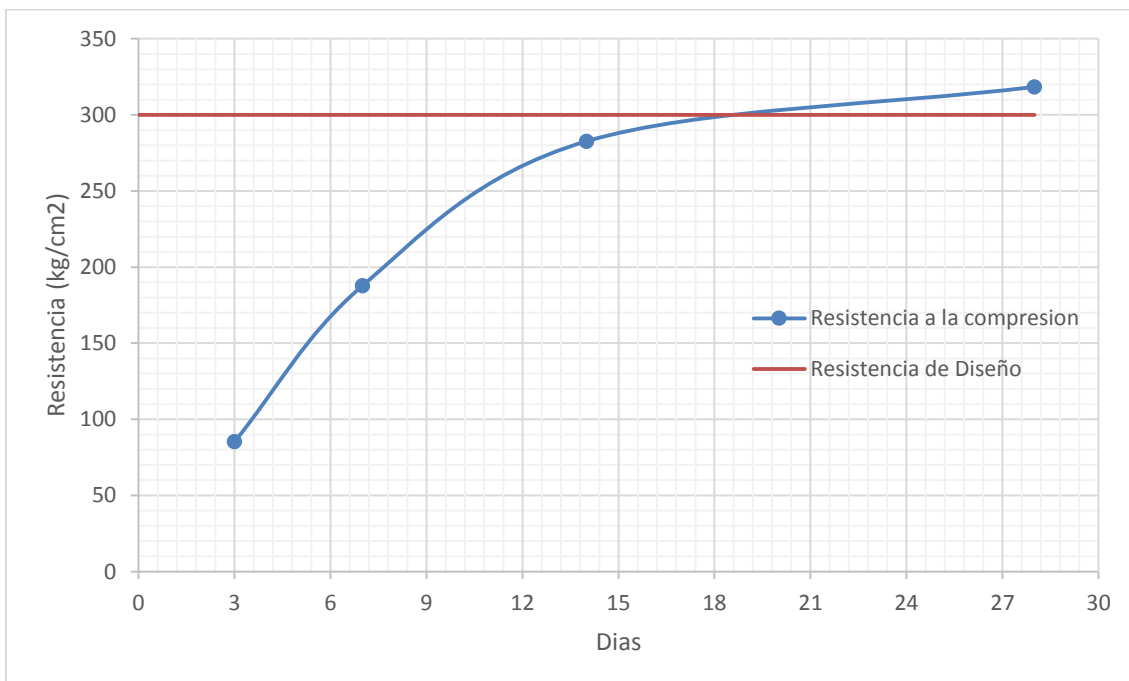
ADITIVO: ADITEK SF 106



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	384,40	129,86	42,82
AGUA	128,59	147,14	0,00
GRAVA (38mm)	482,75	176,36	5,46
GRAVA (19mm)	490,75	180,33	6,43
ARENA	977,50	362,06	11,33
ADITIVO	5,16	4,4088	7,9949
Total	2 470,56	1 000	74,04

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	12,8900	12,8395	12,6395	12,7475
Carga kg-f	15 447,7	33 169,99	49 610,06	56 376,38
Resistencia kg/cm ²	85,2688	187,7565	282,6539	318,4001





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=300kg/cm²

COSTOS DE DOSIFICACION

MEZCLA: J

CEMENTO: GUAPAN

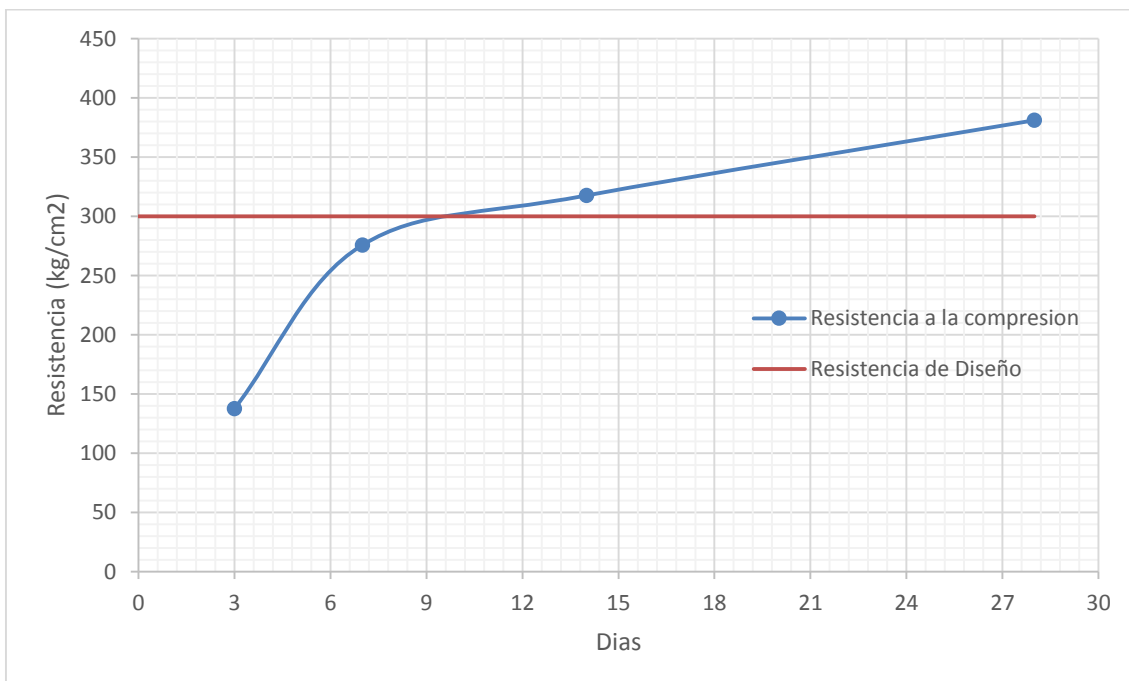
ADITIVO: ADITEK SF 106



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	300,00	101,35	33,42
AGUA	104,44	123,69	0,00
GRAVA (38mm)	525,44	191,95	5,94
GRAVA (19mm)	535,55	196,79	7,02
ARENA	1031,22	381,96	11,95
ADITIVO	5,40	4,618	8,37465
Total	2 502,05	1 000	66,71

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	12,8415	13,0130	12,4455	12,8135
Carga kg-f	24 661,45	48 722,29	54 718,05	68 236,79
Resistencia kg/cm ²	137,6154	275,8136	317,6400	381,1567





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

COSTO DE DOSIFICACION

MEZCLA: K-PATRON

CEMENTO: GUAPAN

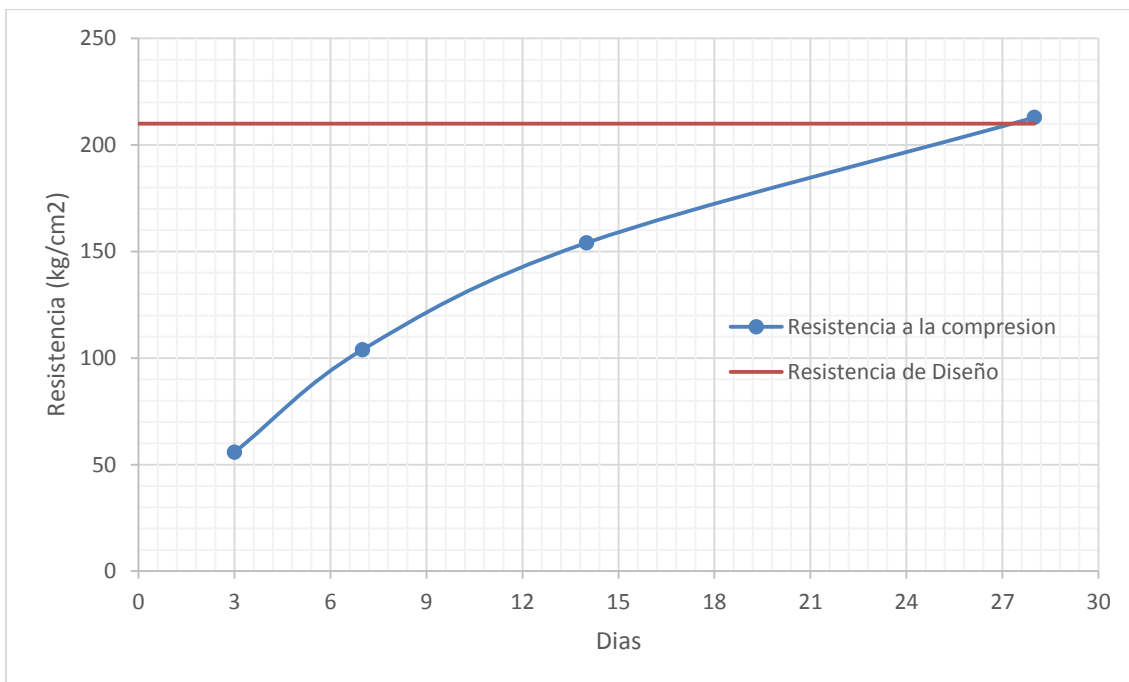
ADITIVO: SIN ADITIVO



UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	519,81	175,61	57,91
AGUA	188,12	205,15	0,00
GRAVA (19mm)	908,66	334,26	11,91
ARENA	768,11	284,50	8,90
ADITIVO			
Total	2 384,70	1 000	78,72

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	3,676	3,682	3,705	3,701
Carga kg-f	4 272,26	8 159,11	12 038,39	15 775,11
Resistencia kg/cm ²	55,804	103,913	154,066	212,909





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN


RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=210kg/cm²

COSTO DE DOSIFICACION

MEZCLA: L

CEMENTO: GUAPAN

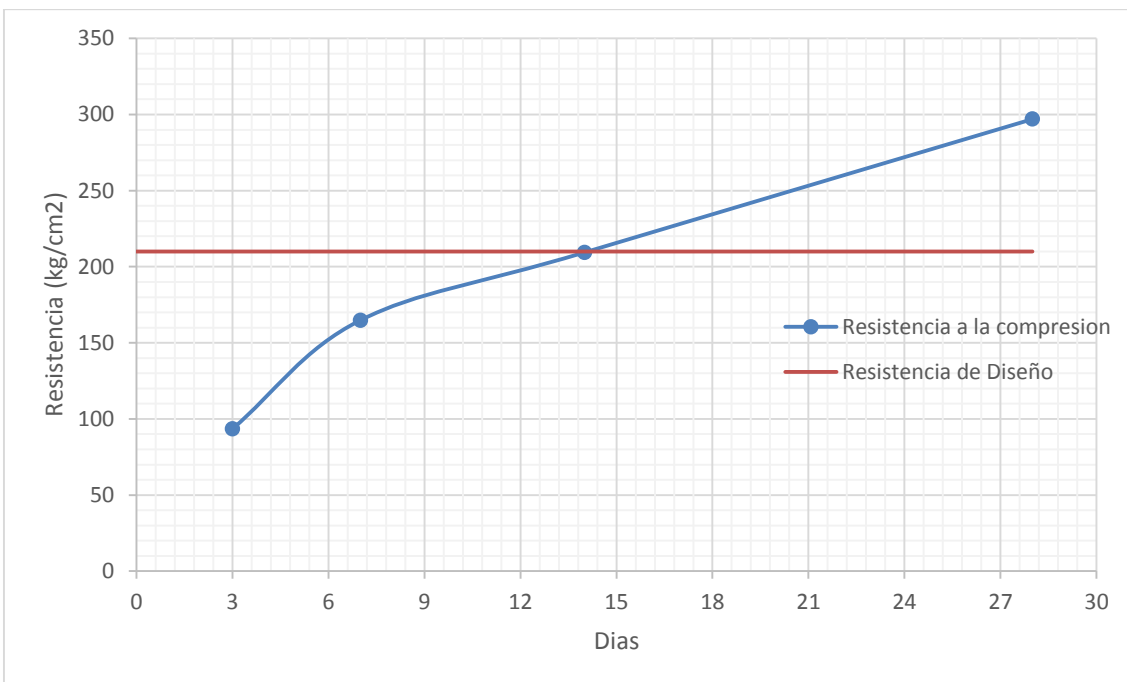
ADITIVO: ADITEK 100 N



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	463,80	156,69	51,67
AGUA	176,50	196,56	0,00
GRAVA (19mm)	878,38	322,76	11,52
ARENA	868,38	321,64	10,06
ADITIVO	2,38	2,079	2,61877
Total	2 389,44	1 000	75,87

Resistencia 210 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	3,689	3,739	3,742	3,613
Carga kg-f	7 065,19	12 944,84	16 763,14	22 805,59
Resistencia kg/cm ²	93,530	164,863	209,392	296,956





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

COSTO DE DOSIFICACION

MEZCLA: M

CEMENTO: GUAPAN

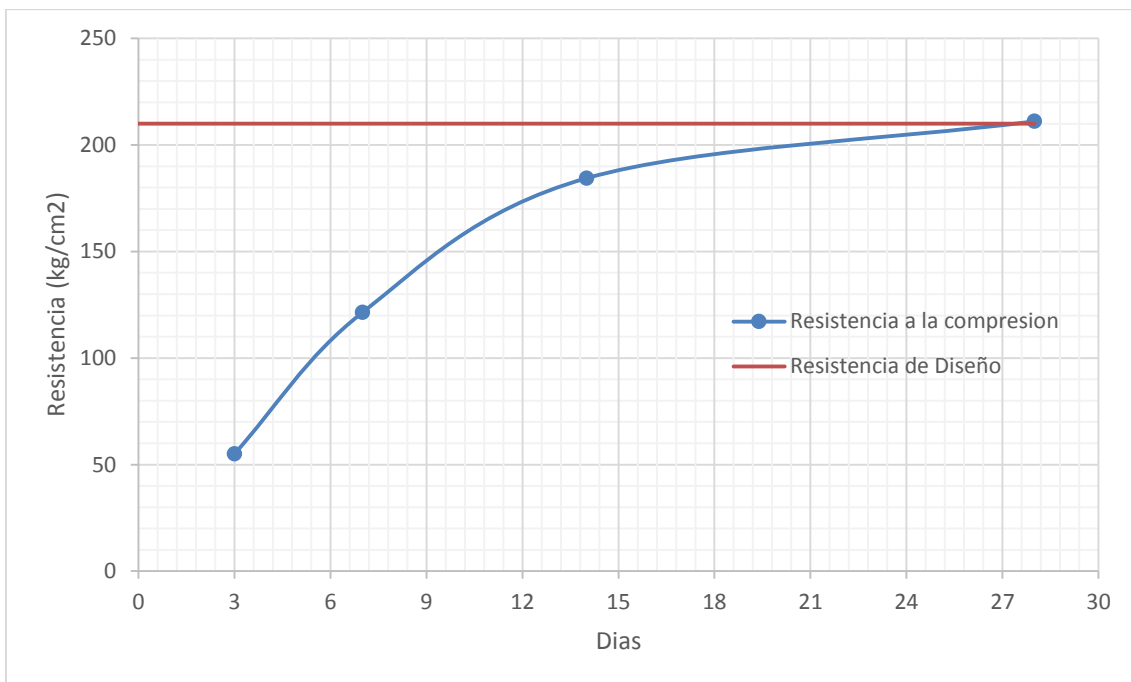
ADITIVO: ADITEK 100 N



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	440,85	148,94	49,11
AGUA	161,80	182,41	0,00
GRAVA (19mm)	912,25	335,20	11,96
ARENA	895,63	331,73	10,38
ADITIVO	1,61	1,4034	1,76759
Total	2 412,14	1 000	73,22

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	3,647	3,712	3,702	3,759
Carga kg-f	4 250,27	9 532,36	14 440,72	16 591,57
Resistencia kg/cm ²	55,114	121,400	184,390	211,084





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=210kg/cm²

COSTO DE DOSIFICACION

MEZCLA: N

CEMENTO: GUAPAN

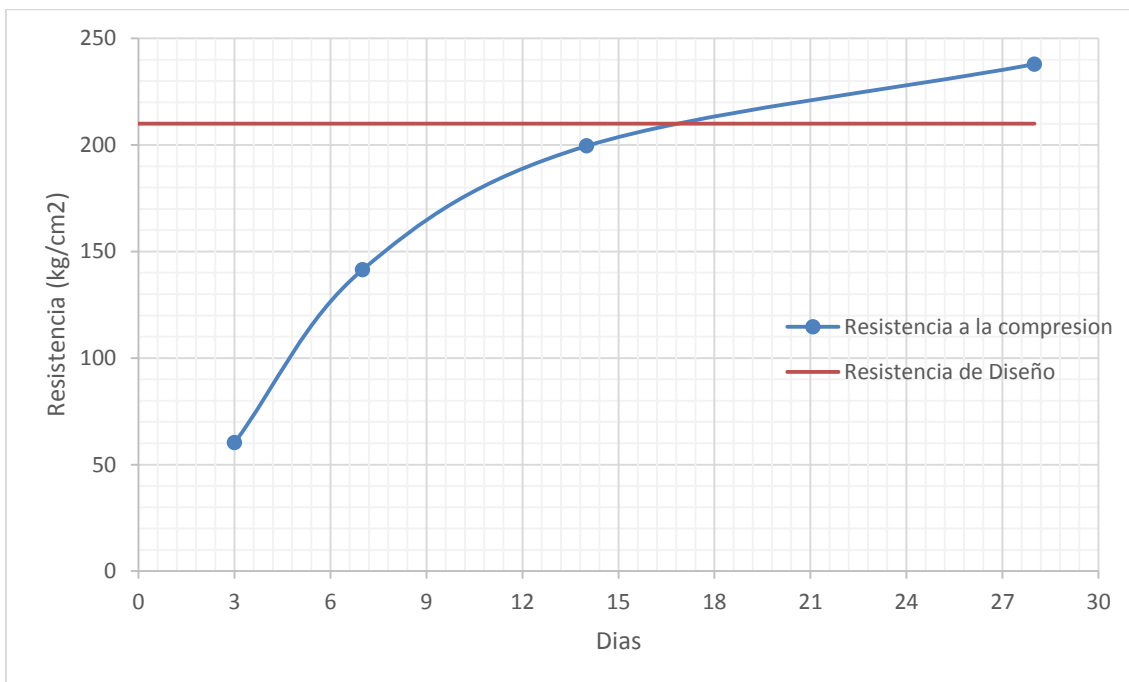
ADITIVO: ADITEK 100 N



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	419,84	141,84	46,77
AGUA	148,20	169,56	0,00
GRAVA (19mm)	935,67	343,81	12,27
ARENA	925,85	342,86	10,73
ADITIVO	2,02	1,7673	2,2253
Total	2 431,58	1 000	71,99

Resistencia 210 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	3,664	3,660	3,802	3,723
Carga kg-f	4 780,9	11 093,94	16 104,42	18 680,23
Resistencia kg/cm ²	60,229	141,417	199,512	237,910





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN


RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=210kg/cm²

COSTO DE DOSIFICACION

MEZCLA: O

CEMENTO: GUAPAN

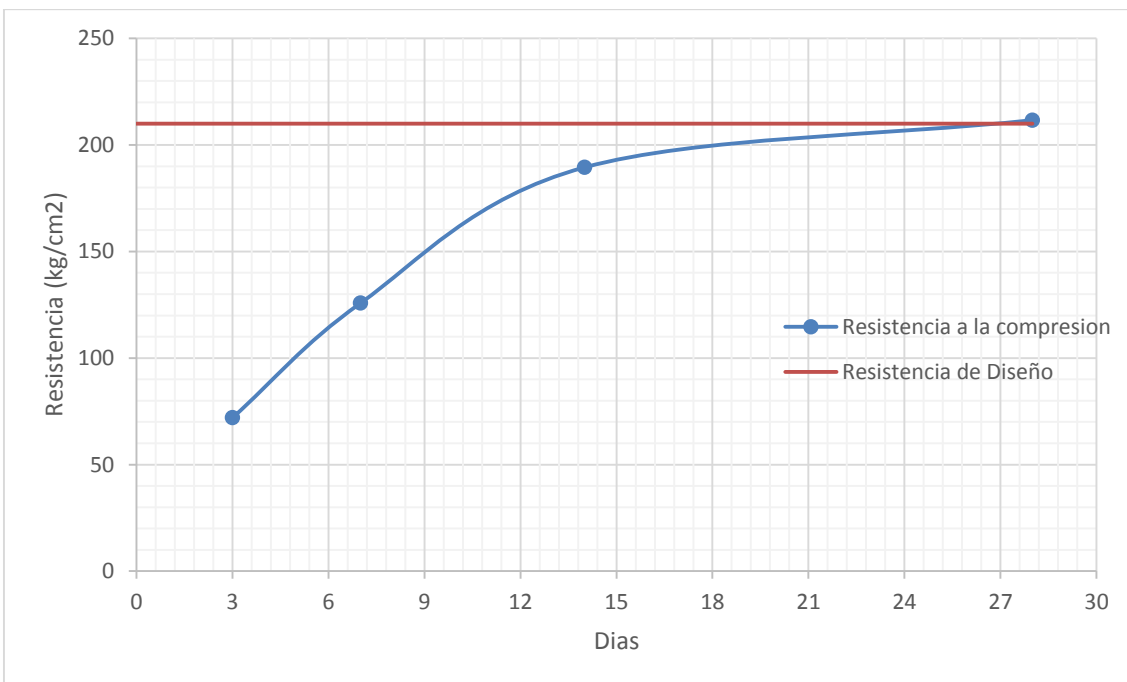
ADITIVO: FLUDEX ROAD



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	411,84	139,14	45,88
AGUA	158,40	179,60	0,00
GRAVA (19mm)	924,60	339,74	12,12
ARENA	916,60	339,50	10,62
ADITIVO	1,95	1,6633	1,56
Total	2 413,39	1 000	70,18

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	3,691	3,692	3,752	3,727
Carga kg-f	5 555,83	9 875,69	14 746,88	16 614,79
Resistencia kg/cm ²	71,990	125,776	189,483	211,640





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=210kg/cm²

COSTO DE DOSIFICACION

MEZCLA: P

CEMENTO: GUAPAN

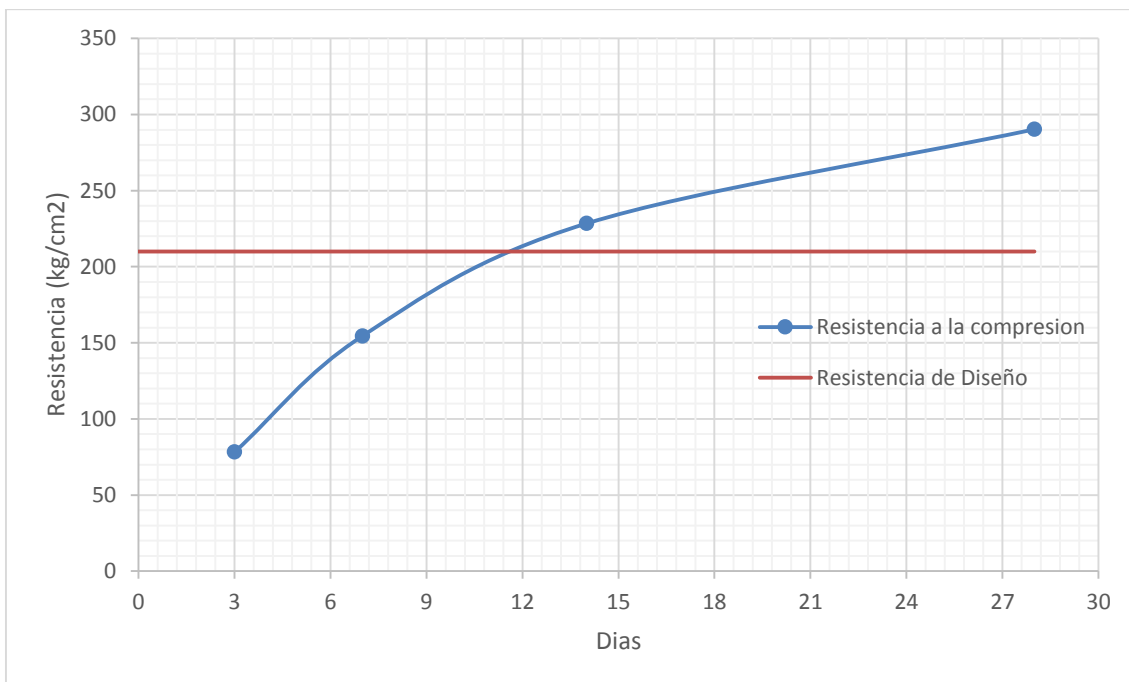
ADITIVO: FLUDEX ROAD



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	375,25	126,77	41,80
AGUA	140,50	162,63	0,00
GRAVA (19mm)	961,62	353,35	12,61
ARENA	956,62	354,32	11,09
ADITIVO	2,96	2,534	2,37
Total	2 436,95	1 000	67,87

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	3,819	3,828	3,836	3,869
Carga kg-f	6 153,35	12 131,36	17 881,43	22 791,11
Resistencia kg/cm ²	78,216	154,505	228,396	290,267





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: *USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN*

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

COSTO DE DOSIFICACION

MEZCLA: Q

CEMENTO: GUAPAN

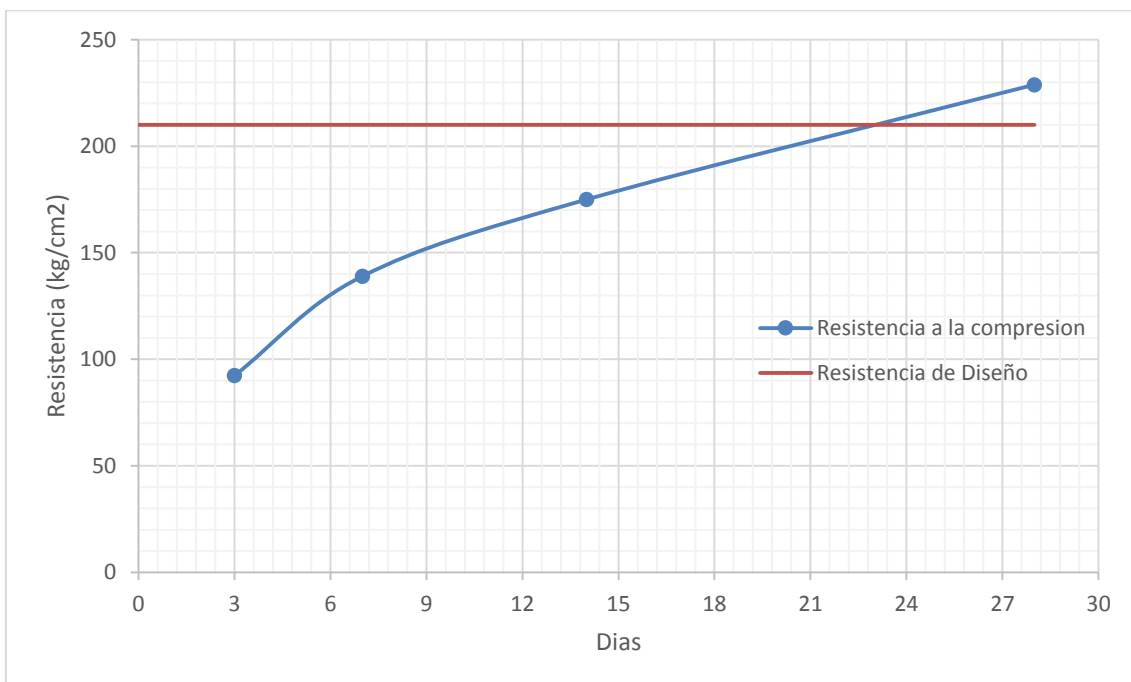
ADITIVO: FLUDEX ROAD



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	356,80	120,54	39,75
AGUA	130,20	152,79	0,00
GRAVA (19mm)	983,65	361,44	12,90
ARENA	976,65	361,74	11,32
ADITIVO	3,83	3,2747	3,0652
Total	2 451,13	1 000	67,03

Resistencia 210 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	3,676	3,685	3,705	3,727
Carga kg-f	7 360,13	10 891,59	13 699,5	17 968,52
Resistencia kg/cm ²	92,369	138,990	174,962	228,847





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=210kg/cm²

COSTO DE DOSIFICACION

MEZCLA: R

CEMENTO: GUAPAN

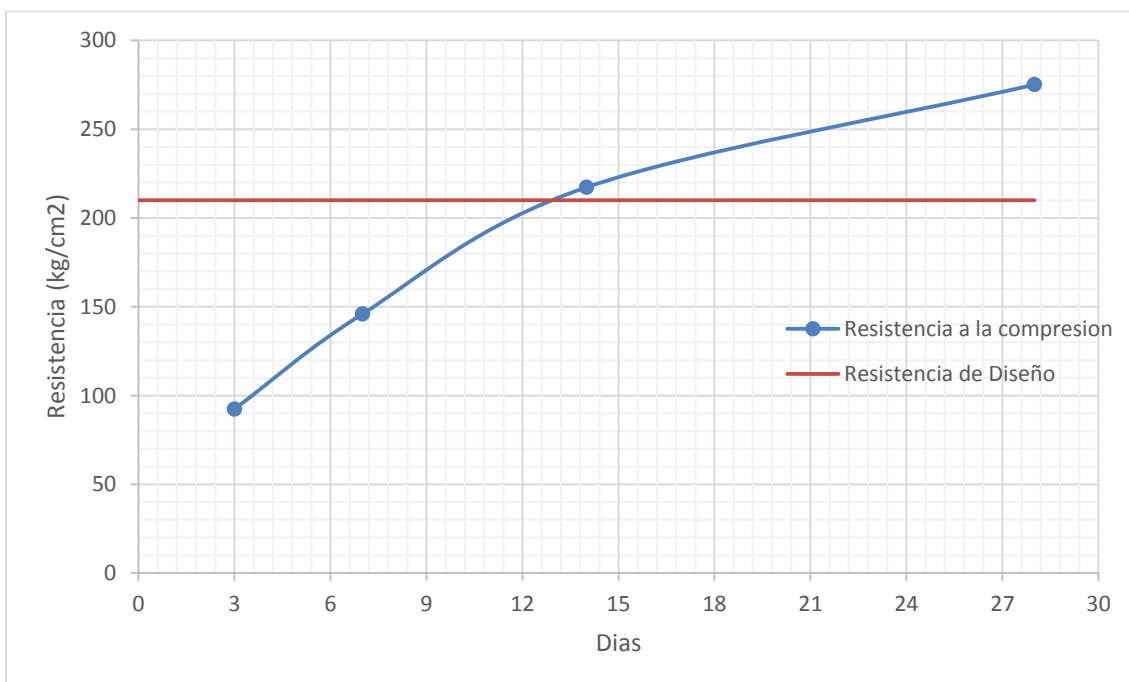
ADITIVO: ADITEK SF 106



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	432,52	146,12	48,18
AGUA	165,10	185,86	0,00
GRAVA (19mm)	906,98	333,27	11,89
ARENA	895,57	331,71	10,38
ADITIVO	4,14	3,53	6,41
Total	2 404,31	1 000	76,86

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	3,760	3,772	3,758	3,779
Carga kg-f	72 13,36	11 460,94	16 953,96	21 599,52
Resistencia kg/cm ²	92,439	145,967	217,288	275,094





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGON=210kg/cm²

COSTO DE DOSIFICACION

MEZCLA: S

CEMENTO: GUAPAN

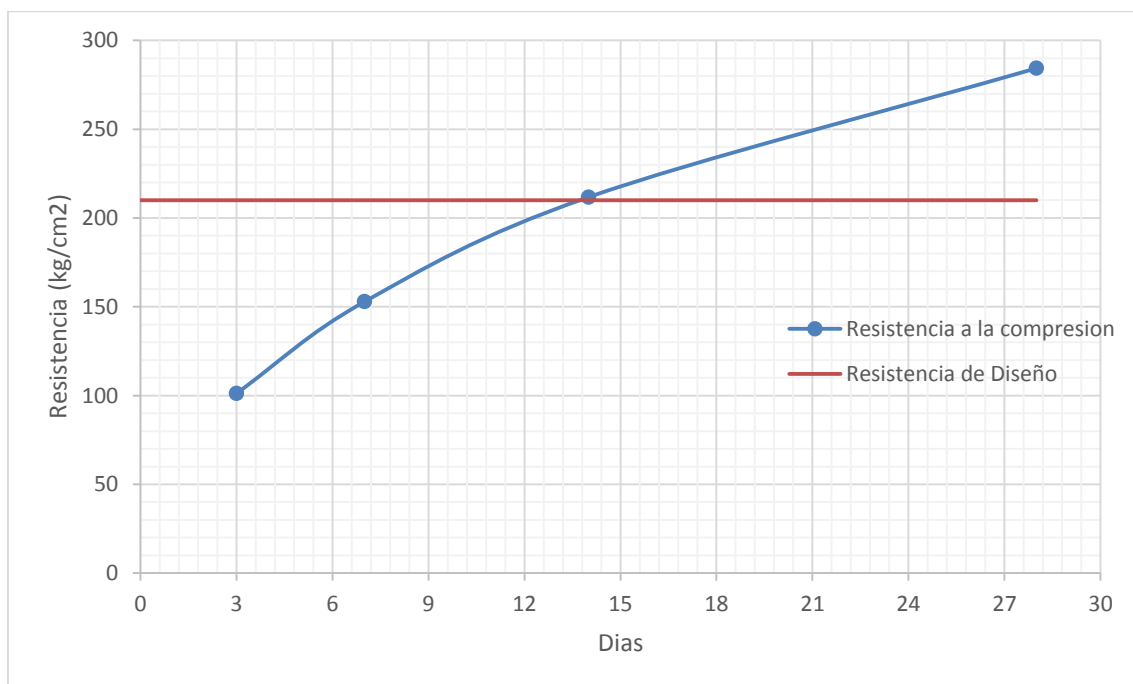
ADITIVO: ADITEK SF 106



UNIVERSIDAD DE CUENCA desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	355,50	120,10	39,60
AGUA	134,20	156,68	0,00
GRAVA (19mm)	980,65	360,34	12,86
ARENA	968,65	358,78	11,23
ADITIVO	5,11	4,3663	7,92
Total	2 444,11	1 000	71,60

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	3,841	3,770	3,776	3,783
Carga kg-f	8 768,86	14 418,22	18 763,06	23 693,66
Resistencia kg/cm ²	101,250	152,868	211,754	284,314





LABORATORIO DE HORMIGONES

TESIS: USO DE DIFERENTES ADITIVOS COMO PLASTIFICANTES REDUCTORES DE AGUA EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN=210kg/cm²

COSTO DE DOSIFICACION

MEZCLA: T

CEMENTO: GUAPAN

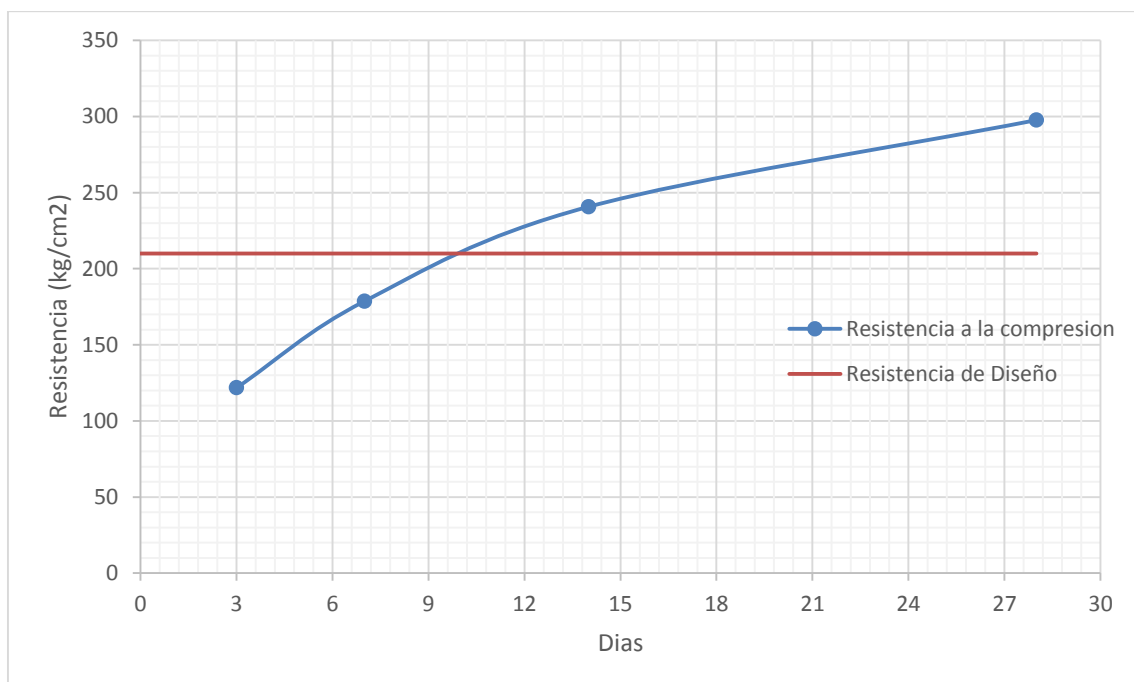
ADITIVO: ADITEK SF 106



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

MATERIALES	PESO S.S.S	VOL	COSTO/m ³
	kg	l	\$
CEMENTO GUAPAN	342,25	115,63	38,13
AGUA	119,13	142,22	0,00
GRAVA (19mm)	1004,72	369,18	13,17
ARENA	995,72	368,81	11,54
ADITIVO	5,35	4,5743	8,30
Total	2 467,17	1 000	71,13

Resistencia 300 kg/cm ²	Días			
	3	7	14	28
Peso kg	3,769	3,735	3,7885	3,8195
Carga kg-f	9 395,35	17 140,56	22 188,52	27 410,37
Resistencia kg/cm ²	121,7662	178,663	240,704	297,647



4.1. TABLAS DE REDUCCIÓN DE AGUA Y DE CEMENTO

Los porcentaje de reducción de cada una de las dosificaciones ha sido calculado con referencia a la mezcla patrón tanto para el hormigón de resistencia de 300 kg/cm² como para el hormigón de resistencia 210 kg/cm².

4.1.1. Reducción de agua, cemento para el hormigón de 300 kg/cm²

Tabla 4.1. Porcentaje de Reducción de Cemento y Agua

Aditivo Sika 100N	Reducción			Aditivo FLUDEX ROAD	Reducción			Aditivo ADITEC SF 106	Reducción		
	10%	15%	20%		20%	25%	30%		15%	30%	45%
	MIN	MEDIA	MAX		MIN	MEDIA	MAX		MINIMA	MEDIA	MAX
	B	C	D		E	F	G		J	I	H
	PESO S.S.S	PESO S.S.S	PESO S.S.S		PESO S.S.S	PESO S.S.S	PESO S.S.S		PESO S.S.S	PESO S.S.S	PESO S.S.S
	kg	kg	kg		kg	kg	kg		kg	kg	kg
CEMENTO	482,37	446,12	425,80	CEMENTO	400,88	393,00	383,00	CEMENTO	444,13	384,40	300,00
AGUA	165,33	149,15	139,96	AGUA	136,96	130,77	120,55	AGUA	152,45	128,59	104,44
GRAVA (38mm)	434,44	456,18	474,03	GRAVA (38mm)	475,04	469,67	492,22	GRAVA (38mm)	461,18	482,75	525,44
GRAVA (19mm)	437,33	460,18	467,04	GRAVA (19mm)	478,04	473,77	498,77	GRAVA (19mm)	456,18	490,75	535,55
ARENA	901,66	931,36	949,07	ARENA	967,08	995,55	984,66	ARENA	920,36	977,50	1031,22
ADITIVO	1,6225	2,0432	2,403	ADITIVO	1,965	2,993	3,868	ADITIVO	4,175	5,158	5,403
A/C	0,343	0,334	0,329	A/C	0,342	0,333	0,315	A/C	0,343	0,335	0,348
% Contenido de aire	2,2	2,4	2,5	% Contenido de aire	4	3,1	2,7	% Contenido de aire	1,7	1,7	2,7
% Reducción de cemento	8	15	19	% Reducción de cemento	23	25	27	% Reducción de cemento	15	27	43
% Reducción de agua	10	19	24	% Reducción de agua	25	29	34	%Reducción de agua	17	30	43

Fuente: Propia

4.1.2. Reducción de agua, cemento para el hormigón de 210 kg/cm²

Tabla 4.2. Porcentaje de Reducción de Cemento y Agua

Aditivo Sika 100N	Reducción		
	10%	15%	20%
	MIN	MEDIA	MAX
	L	M	N
	PESO S.S.S	PESO S.S.S	PESO S.S.S
	kg	kg	kg
CEMENTO	463,80	440,85	419,84
AGUA	176,50	161,80	148,20
GRAVA (19mm)	878,38	912,25	935,67
ARENA	868,38	895,63	925,85
ADITIVO	1.61	2.02	2.38
A/C	0,381	0,367	0,353
% de Aire	2,2	1,2	1,4
% Reducción de cemento	11	15	19
%Reducción de agua	14	21	28

Aditivo FLUDEX ROAD	Reducción		
	20%	25%	30%
	MIN	MEDIA	MAX
	O	P	Q
	PESO S.S.S	PESO S.S.S	PESO S.S.S
	kg	kg	kg
CEMENTO	411,84	375,25	356,80
AGUA	158,40	140,50	130,20
GRAVA (19mm)	924,60	961,62	983,65
ARENA	916,60	956,62	976,65
ADITIVO	1,95	2,96	3,83
A/C	0,385	0,374	0,365
% de Aire	2,5	3,2	3,2
% Reducción de cemento	21	28	31
%Reducción de agua	23	32	37

Aditivo ADITEC SF 106	Reducción		
	15%	30%	45%
	MINIMA	MEDIA	MAX
	R	S	T
	PESO S.S.S	PESO S.S.S	PESO S.S.S
	kg	kg	kg
CEMENTO	432,52	355,50	342,25
AGUA	165,10	134,20	119,13
GRAVA (19mm)	906,98	980,65	1004,72
ARENA	895,57	968,65	995,72
ADITIVO	4,14	5,11	5,35
A/C	0,382	0,377	0,348
% de Aire	4,5	4	4,2
% Reducción de cemento	17	32	34
%Reducción de agua	20	35	42

Fuente: Propia

5. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Un hormigón de calidad se fundamenta en dosificar las proporciones adecuadas o acertadas de los materiales utilizados en la elaboración de dicho hormigón, por tanto los ensayos preliminares a los que son sometidos el cemento y los agregados van a garantizar que el hormigón obtenido tenga características deseables de trabajabilidad y resistencia. Por tanto se concluye de manera general que:

- Con los materiales utilizados para el desarrollo del trabajo práctico se obtuvieron mezclas con características adecuadas de consistencia, trabajabilidad y resistencia.
- El cemento Guapán cumple con las especificaciones de las normas ecuatorianas vigentes, lo cual es indispensable para la elaboración de mezclas de hormigón, también se debe tomar en cuenta que los datos presentan una dispersión con valores que están dentro de los rangos establecidos en normas.

Con relación al Agregado fino

- En el grafico 2.4 de la arena podemos observar que en la curva granulométrica sobresale del límite inferior especificado en la norma INEN 872, por tanto se puede concluir que este árido debe tener un mayor control de calidad ya que sus partículas que poseen un tamaño entre los 1,18 mm a 4,75 mm deben tener un pasante acumulado mayor al 80% para lograr una mejor distribución de pesos y así lograr una curva granulométrica dentro de los límites especificados.
- El agregado fino (Arena) tiene un módulo de finura promedio de 3,48 el mismo que se encuentra dentro de los parámetros requeridos por la Unión Cementera Nacional, UCEM C.E.M a VIPESA CONSTRUCCIONES CIA. LTDA.
- En relación al contenido de arcilla y materiales solubles en agua, la arena utilizada en la mezclas de hormigón presenta una mínima cantidad con un valor de 3,33%; lo que permitirá que el hormigón elaborado tenga una correcta adherencia entre los componentes que conforman la mezcla en la etapa de su fraguado. lo que nos indica que este valor está comprendido entre los límites especificados en la norma INEN 697.



- La densidad de la arena es de $2,56 \text{ gr/cm}^3$ y absorción de 0,87% y está entre los límites especificados en la norma INEN 856.

Con relación a los agregados gruesos:

- De la primera grava en estudio se determinó el tamaño máximo nominal que fue de 19 mm y el tamaño máximo 25 mm, con una granulometría determinado en el grafico 2.5. el cual está entre los límites especificados en la norma INEN 872.
- En el grafico 2.6 de la Grava de 38 mm se determinó que la curva granulométrica se sale del límite inferior establecido por la norma ecuatoriana, esto ocurre ya que las partículas de 9,5 mm deben tener un porcentaje de pasante acumulado mayor al 10%, las partículas de 12,5 mm deben tener un porcentaje de pasante acumulado mayor al 23% y finalmente las partículas de 19 mm deben tener un porcentaje de pasante acumulado mayor al 35%, límites normados que no se logran cumplir, por tanto se debería considerar un control de calidad más riguroso para este tipo de grava.

La densidad de los agregados (fino y grueso) es de mucha importancia para conocer en que proporciones deberán ir éstos áridos, en una mezcla de hormigón.

Con el porcentaje de absorción de cada uno de los aridos, se puede obtener la cantidad de agua de mezclado a la hora de realizar la mezcla de hormigón, ya que dicho porcentaje se deberá restar de la cantidad de agua necesaria para la mezcla.

Aditivos

El uso de aditivos reductores de agua permite reducir el agua de mezclado en las dosificaciones elaboradas conservando la trabajabilidad de la mezcla Patrón del hormigón de 300 kg/cm^2 . El aditivo SIKA 100 N permite una reducción en un rango de 10% hasta un 28%, mientras que el aditivo FLUDEX ROAD permite reducir el agua de mezcla en un rango de 25% hasta un 34%, finalmente el aditivo ADITEK SF 106 se obtuvo un gran rendimiento en la reducción de agua de mezcla con porcentaje de reducción en una rango que va desde 17% hasta un 43%.

Al elaborar las diferentes dosificaciones del hormigón de resistencia de 210 kg/cm^2 , se determinó que el uso de los aditivos permite la reducción de agua de mezclado. El aditivo SIKA 100 N reduce el agua de mezcla en un intervalo del 14% hasta 28%, en cambio el aditivo FLUDEX ROAD reduce en un rango de



23% hasta 37%, mientras que el aditivo ADITEC SF 106 reduce el agua de mezclado en un porcentaje que va desde 20% hasta 42%.

Los aditivos utilizados han logrado dar la trabajabilidad requerida en las diferentes mezclas de hormigón, de manera que estas pueden ser utilizadas en obra. Logrando asentamientos dentro de los límites para que puedan ser utilizados en pavimentos y en el bombeado de hormigón. Como efecto de estos aditivos se obtuvieron ganancias de resistencia a la compresión del hormigón a la edad de 28 días.

Con respecto a los aditivos utilizados en la resistencia de 300 kg/cm²

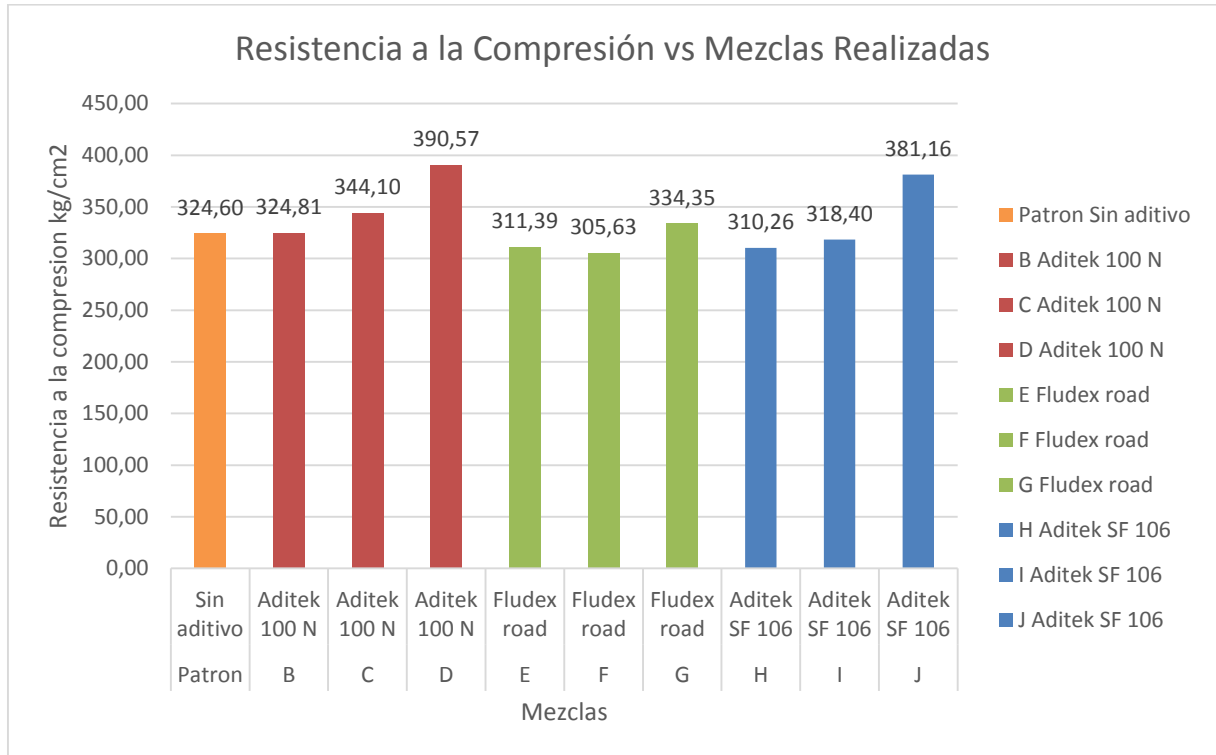
- En el caso de la mezcla A-Patrón alcanzo un resistencia de 324,60 kg/cm² equivalente a un 108,20%, y mediante el uso del aditivo SIKA 100 N utilizado su dosis máxima en la mezcla D la cual alcanzo un resistencia de 390,57 kg/cm² a los 28 días equivalente a 130,19 %, la resistencia a la compresión mejora en un porcentaje de 21.99%.
- Con el aditivo FLUDEX ROAD existe un incremento no tan significativo de la resistencia en un 3,25% actuando en su dosis máxima en la mezcla G.
- Y finalmente el aditivo ADITEC SF 106, el mismo que actúa en su dosis máxima en la mezcla J Se obtiene una mejora en la propiedad de resistencia a la compresión con un valor de 18,85% comparada con el diseño de mezcla patrón.

Con respecto a los aditivos utilizados en la resistencia de 210 kg/cm²

- En el caso de la Mezcla K-Patrón alcanzo un resistencia de 212,91 kg/cm², la cual equivale a un 101,39 % de su resistencia nominal. Y mediante el uso del aditivo SIKA 100 N en su dosis mínima en la mezcla L mejora el desarrollo de la resistencia en un 40,02 %,
- Con el uso del aditivo FLUDEX ROAD hay una mejora en la resistencia cuando se lo utiliza en su dosis media en la mezcla P en un porcentaje de 36,83%.
- Mientras que el aditivo ADITEC SF 106 mejora la propiedad de resistencia a la compresión en un 40,35% siendo utilizado en su dosis máxima en la mezcla T.



Hormigón utilizado en pavimento

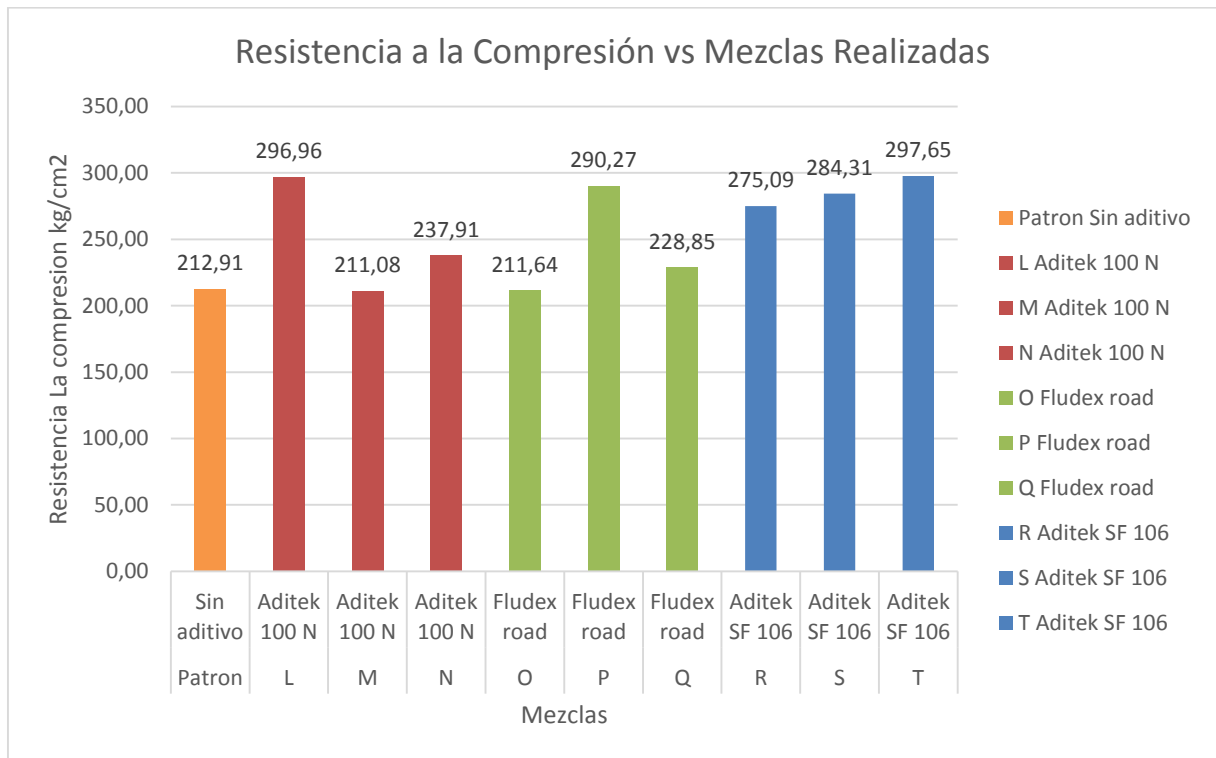


- La mayor resistencia obtenida para el hormigón de pavimento es el de la mezcla D 390 kg/cm² a los 28 días con un costo de 72,56 dólares por m³. Se deberá tomar en cuenta que la mezcla J llega a una resistencia de 381 kg/cm² con un costo de 66,71 dólares, considerando que esta es la mejor mezcla obtenida y representando un costo menor que todos los diseños realizados

En el caso del hormigón para pavimento en la dosificación J se obtuvo el mayor ahorro que es de 12,29 dólares por metro cubico de hormigón, lo que vendría a representar un ahorro a la empresa de 3 687 dólares al mes de producción



Hormigón para bombeado



- La mayor resistencia obtenida para el hormigón de bombeado es el de la mezcla T con un valor de resistencia a la compresión de 297kg/cm² a los 28 días con un costo de 71,13 dólares por m³. En los diseños realizados concluimos que la mezcla Q llega a una resistencia de 228 kg/cm² con un costo de 67,03 y está representar la mejor mezcla de diseño a realizar, ya que con esta dosificación se obtendrá hormigón con una buena resistencia a la compresión y una buena trabajabilidad.

En el hormigón utilizado para bombeado se obtuvo el máximo ahorro en la mezcla Q que es de 11,69 dólares por metro cubico de hormigón, teniendo un ahorro de 2 104,20 dólares al mes de producción para resistencia de 210 kg/cm²

En las dosificaciones realizadas de manera experimental se logró bajar la relación agua-cemento A/C, este es un parámetro de suma importancia en la elaboración de hormigones ya que cuanto más baja es la relación agua – cemento A/C tanto más favorables son las propiedades del hormigón endurecido.



Temperatura

Resistencia de 300 kg/cm ²	Mezcla										
	A-Patrón	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
	Temperatura °C										
	23	24	25	25	21	23	23	24	22	21	

Resistencia de 210 kg/cm ²	Mezcla										
	k-Patrón	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
	Temperatura °C										
	23	23	23	22	24	23	23	24	25	26	

La variación de la temperatura entre las mezclas de hormigón es estado fresco con aditivo y la patrón para el hormigón de 300 kg/cm² es de es menor de 2 grados centígrados, y para el hormigón de 210 kg/cm² es de 3 grados centígrados, por tanto no se producirá mayores cambios volumétricos, y se obtendrá un hormigón sin agrietamientos que dañen la estructura.

Recomendaciones

Tener un control de calidad más estricto de los agregados o áridos, en especial de la grava gruesa de 38 mm, de manera que se cumplan a cabalidad las normas existentes para que de esta manera se obtenga hormigones con la resistencia deseada y de excelente calidad.

Realizar o profundizar este estudio con otras resistencias a la compresión de manera que se obtengan las mejores y más económicas mezclas de hormigón utilizadas no solo para pavimentos y bombeados. Si no también para distintos trabajos y obras.

Tomar en cuenta y tener precaución con las variaciones de temperatura y de humedad al momento de realizar mezclas de hormigón ya que podría afectar la trabajabilidad del hormigón (asentamiento).

Mantener el cuarto de curado a una temperatura estable entre 23±3 para no tener problemas futuros de agrietamientos o de deterioro a la resistencia a la compresión.

Se recomienda que la forma de los áridos deba ser redondeada para piedras de ríos, cantos rodados y cubica para triturados, para lograr un mayor grado de acomodamiento y compactación entre las partículas esto genera una mayor densidad y por tanto una mejor resistencia en el hormigón, mientras que la cantidad de cemento necesaria será menor.



Se recomienda realizar mezclas de hormigón con el mayor tamaño nominal de grava, con esto se lograra menor superficie específica total y por tanto se necesitara menor cantidad de agua y cemento.

Si el hormigón va a ser bombeado verificar la granulometría de la grava de tamaño nominal de 19 mm que no contengan piedras de mayor tamaño porque podría ocasionar atoramiento del árido al momento del bombeado.

La determinación del contenido de humedad en los agregados es de suma importancia en el diseño de mezclas de hormigón, ya que los agregados aportan agua a la mezcla, para ello se debe realizar una adecuado corrección de humedad para realizar las dosificaciones.



Bibliografía

Sánchez G. Diego, (1996). *Tecnología del Concreto y del Mortero*, Tercera edición. Colombia, Bhandar Editores LTDA.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695: 2005, tercera revisión, Cementos hidráulicos Compuestos.

INEN: Hormigón, áridos y morteros. Volumen 1- Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón- 2010.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 696: 2005, tercera revisión, Cementos hidráulicos Compuestos.

INEN: Hormigón, áridos y morteros. Volumen 1- Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón- 2011.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 856: 2005, tercera revisión, Cementos hidráulicos Compuestos.

INEN: Hormigón, áridos y morteros. Volumen 1- Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón- 2010.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 857: 2005, tercera revisión, Cementos hidráulicos Compuestos.

INEN: Hormigón, áridos y morteros. Volumen 1- Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón- 2010.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 858: 2005, tercera revisión, Cementos hidráulicos Compuestos.

INEN: Hormigón, áridos y morteros. Volumen 1- Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón- 2010.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 862: 2005, tercera revisión, Cementos hidráulicos Compuestos.

INEN: Hormigón, áridos y morteros. Volumen 1- Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón- 2011.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 697: 2005, tercera revisión, Cementos hidráulicos Compuestos.

INEN: Hormigón, áridos y morteros. Volumen 1- Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón- 2010.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 872: 2005, tercera revisión, Cementos hidráulicos Compuestos.

INEN: Hormigón, áridos y morteros. Volumen 1- Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón- 2010.



Universidad de Cuenca


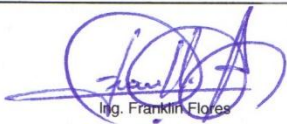
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1576: 2005, tercera revisión, Cementos hidráulicos Compuestos.

INEN: Hormigón, áridos y morteros. Volumen 1- Instituto Ecuatoriano del cemento y del hormigón- 2010.






Anexos

Anexo 1: ENSAYOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL CEMENTO

	DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD	CODIGO: R.CK-7.1-09-01							
	REPORTE DE CALIDAD DE PRODUCTO	REVISIÓN: 01 FECHA: 2014-01-02							
Información General									
Proveedor: Unión Cementera Nacional C.E.M - Planta Guapán Dirección: Km 1-1/2 vía a Guapan - Azogues Teléfono: 07 - 2240128 / 07 - 2599800	Cliente que solicita: Servicio al Cliente:	07 - 2599800 Exts. 202 / 277 / 278							
Producto: Cemento Portlánd Pozolánico. Tipo IP									
Período de análisis: 01 al 31 de OCTUBRE del 2014									
Requisitos Obligatorios según Norma NTE INEN 490:2010 -Quinta revisión-									
7.1.1 Requisitos Químicos					7.1.2 Requisitos Físicos				
Propiedad	METODO	Unidad	INEN 490	Resultado	Propiedad	METODO	Unidad	INEN 490	Resultado
SiO2		%	N/A	28.68	Finura (blaine)	INEN 196	cm ² /g	N/A	4149
Al2O3		%	N/A	6.07	Retenido en 45 um (No. 325)	INEN 957	%	N/A	3.47
Fe2O3		%	N/A	3.47	Expansión en Autoclave	INEN 200	%	0.8 máx.	
CaO		%	N/A	53.62	Contracción en Autoclave	INEN 200	%	0.2 máx.	0.005065
MgO	INEN 160	%	6.0 máx.	1.18	Fraguado inicial	INEN 158	minutos	45-420	146.9
SO3	INEN 160	%	4.0 máx.	2.15	Contenido de aire en mortero	INEN 195	%	12 máx.	7.93
Pérdida por calcinación	INEN 160	%	5.0 máx.	3.93	Contenido neto en la funda	INEN 1902	kg	49,5-50,5	49.8
Residuo Insoluble		%	N/A						
7.1.2 Requistos opcionales					7.1.2 Resistencia a la Compresión				
Propiedad	METODO	Unidad	INEN 490	Resultado	Periodo	METODO	Unidad	INEN 490	Resultado
Expansión barra de mortero (14 días)	INEN 867	%	0.02	N/D	3 Días	INEN 488	MPa	13.0 mín.	16.8
Expansión barra de mortero (8 semanas)	INEN 867	%	0.06	N/D	7 Días	INEN 488	MPa	20.0 mín.	23.48
Resistencia a sulfatos. Expansión a 180 días	INEN 2503	%	0.10 máx.	N/D	28 Días	INEN 488	MPa	25.0 mín.	31.44
					7.1.2.3 PUZOLANA: Requisitos Físicos				
					Retenido en 45 um (No. 325)	INEN 957	%	20 máx.	18
					Índice de actividad puzolánica	INEN 490	%	75 mín.	95.47
El cemento portlánd puzolánico Tipo IP CUMPLE con las especificaciones de la NTE INEN 490 para cemento hidráulico compuesto.									
UCEM - PLANTA GUAPAN MANTIENE VIGENTE EL CERTIFICADO DE CONFORMIDAD CON SELLO DE CALIDAD INEN									
Observaciones									
<input type="checkbox"/> Los resultados de los análisis que se reportan corresponden al valor promedio obtenido en el periodo indicado, ensayado en muestras diarias de cemento despachado por la Planta Guapán. <input type="checkbox"/> Los resultados de los análisis químicos están calculados en porcentaje en peso. <input type="checkbox"/> La resistencia a 28 días corresponde al promedio del mes anterior. <input type="checkbox"/> Los ensayos de expansión barra de mortero se realizan en referencia a las normas INEN NTE 1508 / INEN 202 / ASTM 1012-04 <input type="checkbox"/> (N/A) No aplica <input type="checkbox"/> (N/D) Resultado del ensayo para este periodo de producción no disponible									
 Ing. Franklin Flores Jefe de Control de Calidad (E) UNION CEMENTERA NACIONAL COMPAÑÍA DE ECONOMIA MIXTA - PLANTA GUAPAN									
Fecha de reporte:							11/11/2014		



 	DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD REPORTE DE CALIDAD DE PRODUCTO	CODIGO: R.CK-7.1-09-01 REVISIÓN: 01 FECHA: 2014-01-02							
	Información General								
Proveedor: Unión Cementera Nacional C.E.M - Planta Guapán Dirección: Km 1-1/2 via a Guapan - Azogues Teléfono: 07 - 2240128 / 07 - 2599800		Cliente que solicita: Servicio al Cliente: 07 - 2599800 Exts. 202 / 277 / 278							
Producto: Cemento Portlánd Puzolánico. Tipo IP									
Período de análisis: 01 al 30 de NOVIEMBRE del 2014									
Requisitos Obligatorios según Norma NTE INEN 490:2010 -Quinta revisión-									
7.1.1 Requisitos Químicos					7.1.2 Requisitos Físicos				
Propiedad	METODO	Unidad	INEN 490	Resultado	Propiedad	METODO	Unidad	INEN 490	Resultado
SiO2		%	N/A	29.40	Finura (blaine)	INEN 196	cm ² /g	N/A	4221
Al2O3		%	N/A	6.08	Retenido en 45 um (No. 325)	INEN 957	%	N/A	3.42
Fe2O3		%	N/A	3.35	Expansión en Autoclave	INEN 200	%	0.8 máx.	
CaO		%	N/A	53.08	Contracción en Autoclave	INEN 200	%	0.2 máx.	0.010146
MgO	INEN 160	%	6.0 máx.	1.25	Fraguado inicial	INEN 158	minutos	45-420	163.8
SO3	INEN 160	%	4.0 máx.	2.15	Contenido de aire en mortero	INEN 195	%	12 máx.	8.13
Pérdida por calcinación	INEN 160	%	5.0 máx.	3.25	Contenido neto en la funda	INEN 1902	kg	49,5-50,5	50.1
Residuo Insoluble		%	N/A						
7.1.2 Requistos opcionales					7.1.2 Resistencia a la Compresión				
Propiedad	METODO	Unidad	INEN 490	Resultado	Periodo	METODO	Unidad	INEN 490	Resultado
Expansión barra de mortero (14 días)	INEN 867	%	0.02	N/D	3 Días	INEN 488	MPa	13.0 mín.	16.11
Expansión barra de mortero (8 semanas)	INEN 867	%	0.06	N/D	7 Días	INEN 488	MPa	20.0 mín.	22.24
Resistencia a sulfatos Expansión a 180 días	INEN 2503	%	0.10 máx.	N/D	28 Días	INEN 488	MPa	25.0 mín.	34.28
					7.1.2.3 PUZOLANA: Requisitos Físicos				
					Retenido en 45 um (No. 325)	INEN 957	%	20 máx.	16
					Índice de actividad puzolánica	INEN 490	%	75 mín.	85.24
El cemento portlánd puzolánico Tipo IP CUMPLE con las especificaciones de la NTE INEN 490 para cemento hidráulico compuesto.									
UCEM - PLANTA GUAPAN MANTIENE VIGENTE EL CERTIFICADO DE CONFORMIDAD CON SELLO DE CALIDAD INEN									
Observaciones									
<input type="checkbox"/> Los resultados de los análisis que se reportan corresponden al valor promedio obtenido en el periodo indicado, ensayado en muestras diarias de cemento despachado por la Planta Guapán. <input type="checkbox"/> Los resultados de los análisis químicos están calculados en porcentaje en peso. <input type="checkbox"/> La resistencia a 28 días corresponde al promedio del mes anterior. <input type="checkbox"/> Los ensayos de expansión barra de mortero se realizan en referencia a las normas INEN NTE 1508 / INEN 202 / ASTM 1012-04 <input type="checkbox"/> (N/A) No aplica <input type="checkbox"/> (N/D) Resultado del ensayo para este periodo de producción no disponible									
 Ing. Franklin Flores Jefe de Control de Calidad (E) UNION CEMENTERA NACIONAL COMPAÑÍA DE ECONOMIA MIXTA - PLANTA GUAPAN									
Fecha de reporte:						11/12/2014			



Anexo 2: ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS ARIDOS

Análisis Granulométrico

ARIDO FINO : ARENA Muestra 1

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

Fecha

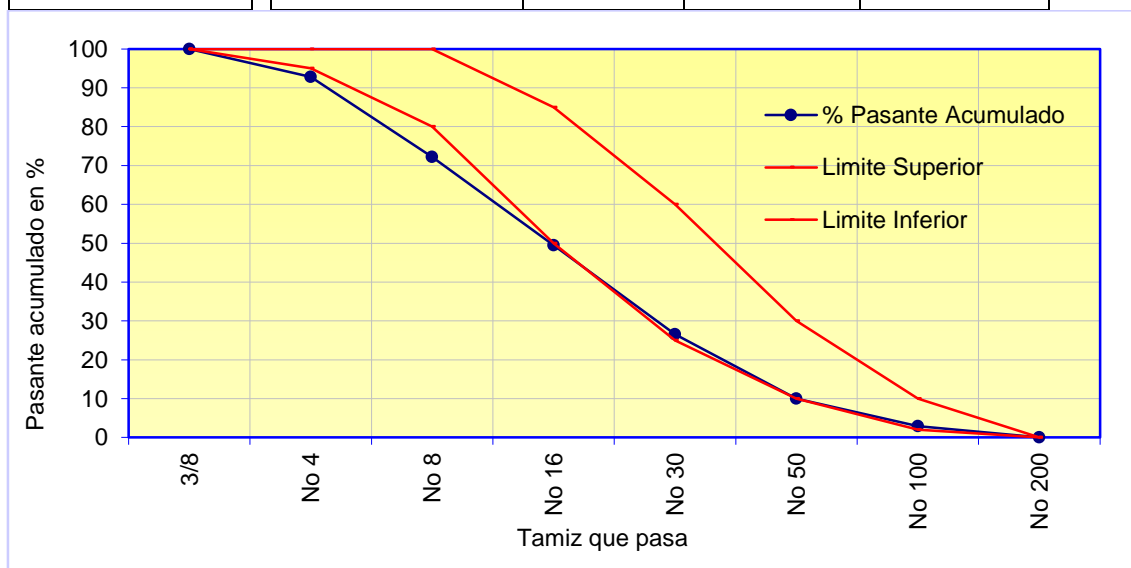
08/09/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,0	100	100
No 4	4,75	72	7,2	7,2	92,8	100	95
No 8	2,36	205	20,5	27,8	72,2	100	80
No 16	1,18	227	22,7	50,5	49,5	85	50
No 30	0,6	229	22,9	73,4	26,6	60	25
No 50	0,3	165	16,5	90,0	10,0	30	10
No 100	0,15	71	7,1	97,1	2,9	10	2
No 200	0,075	29	2,9	100,0	0,0	0	0
Fondo		0	0,0	100,0	0,0		

TOTAL	998	Módulo de finura	3,46	Peso inicial 1 000(g)
-------	-----	------------------	------	-----------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO FINO : ARENA Muestra 2

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

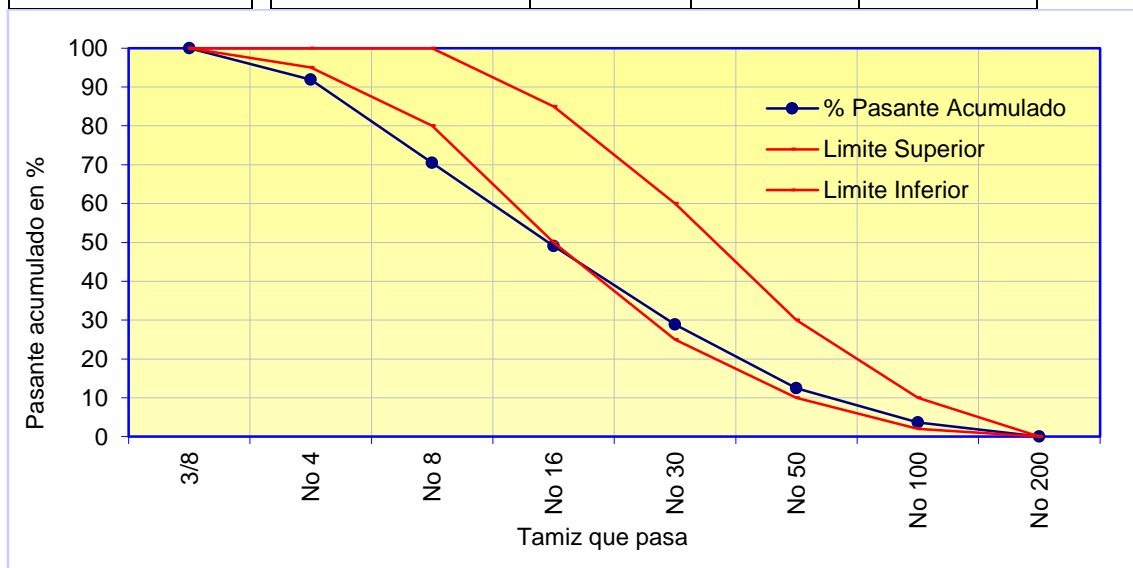
Fecha

22/09/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,0	100	100
No 4	4,75	81	3,4	3,4	91,9	100	95
No 8	2,36	214	18,8	22,2	70,5	100	80
No 16	1,18	215	24,8	47,1	49,0	85	50
No 30	0,6	202	30,5	77,6	28,8	60	25
No 50	0,3	164	16,5	94,1	12,4	30	10
No 100	0,15	88	5,2	99,3	3,6	10	2
No 200	0,075	36	0,7	100,0	0,0	0	0
Fondo		0	0,0	100,0	0,0		

TOTAL	998	Módulo de finura	3,44	Peso inicial 1 000 (g)
-------	-----	------------------	------	------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO FINO : ARENA Muestra 3

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

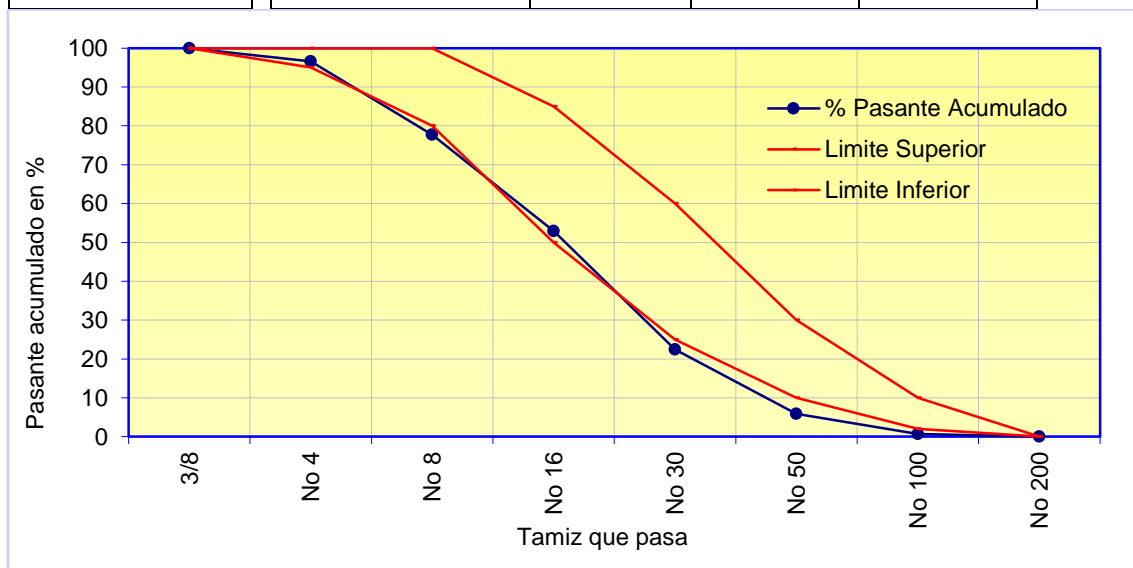
Fecha

22/09/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
3/8	9,5		0,0	0,0	100,0	100	100
No 4	4,75	34	3,4	3,4	96,6	100	95
No 8	2,36	188	18,8	22,2	77,8	100	80
No 16	1,18	248	24,8	47,1	52,9	85	50
No 30	0,6	304	30,5	77,6	22,4	60	25
No 50	0,3	165	16,5	94,1	5,9	30	10
No 100	0,15	52	5,2	99,3	0,7	10	2
No 200	0,075	7	0,7	100,0	0,0	0	0
Fondo		0	0,0	100,0	0,0		

TOTAL	998	Módulo de finura	3,44	Peso inicial 1 000 (g)
-------	-----	------------------	------	------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO FINO : ARENA Muestra 4

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

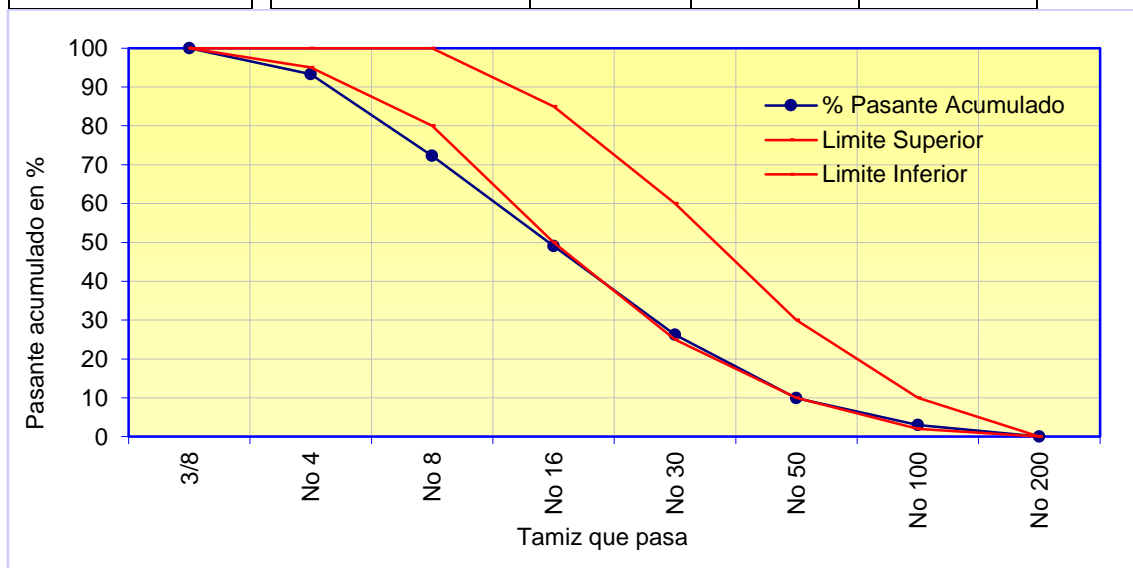
Fecha

29/09/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,0	100	100
No 4	4,75	67	6,7	6,7	93,3	100	95
No 8	2,36	210	21,0	27,7	72,3	100	80
No 16	1,18	232	23,2	51,0	49,0	85	50
No 30	0,6	228	22,8	73,8	26,2	60	25
No 50	0,3	163	16,3	90,1	9,9	30	10
No 100	0,15	69	6,9	97,0	3,0	10	2
No 200	0,075	30	3,0	100,0	0,0	0	0
Fondo		0	0,0	100,0	0,0		

TOTAL	999	Módulo de finura	3,46	Peso inicial 1 000 (g)
-------	-----	------------------	------	------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO FINO : ARENA Muestra 5

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

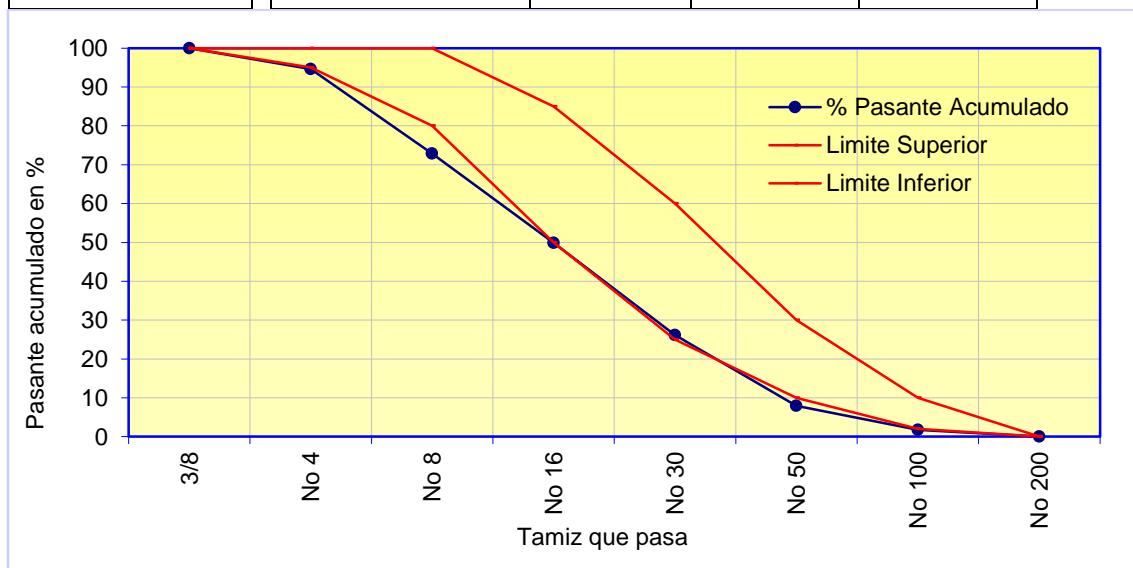
Fecha

06/10/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,0	100	100
No 4	4,75	54	5,4	5,4	94,6	100	95
No 8	2,36	217	21,7	27,1	72,9	100	80
No 16	1,18	230	23,0	50,2	49,8	85	50
No 30	0,6	237	23,7	73,9	26,1	60	25
No 50	0,3	182	18,2	92,1	7,9	30	10
No 100	0,15	61	6,1	98,2	1,8	10	2
No 200	0,075	18	1,8	100,0	0,0	0	0
Fondo		0	0,0	100,0	0,0		

TOTAL	999	Módulo de finura	3,47	Peso inicial 1 000 (g)
-------	-----	------------------	------	------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO FINO : ARENA Muestra 6

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

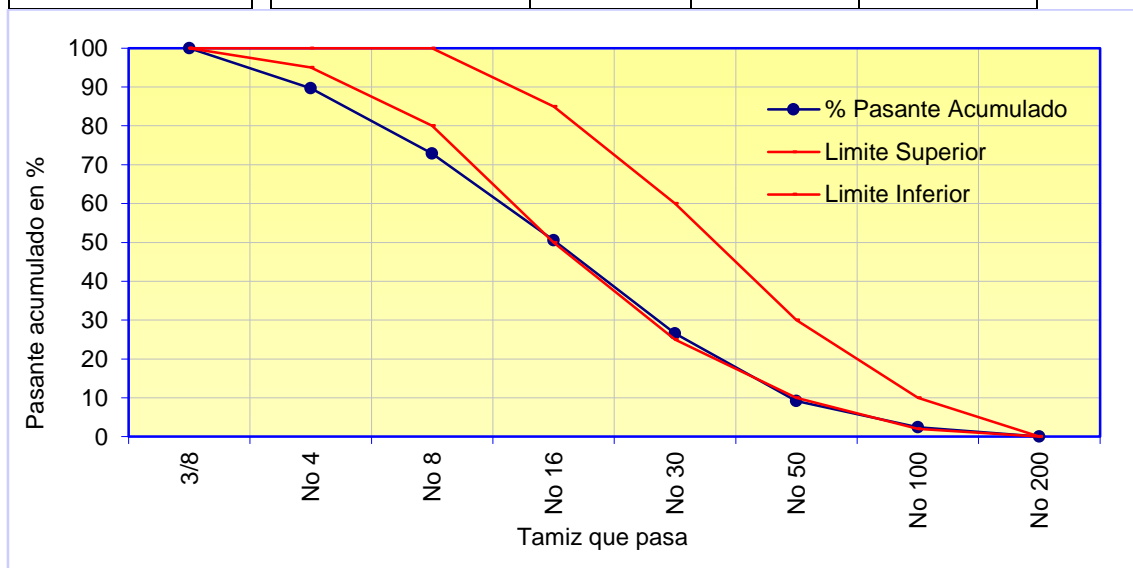
Fecha

10/10/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,0	100	100
No 4	4,75	103	10,3	10,3	89,7	100	95
No 8	2,36	168	16,8	27,1	72,9	100	80
No 16	1,18	223	22,3	49,4	50,6	85	50
No 30	0,6	240	24,0	73,5	26,5	60	25
No 50	0,3	173	17,3	90,8	9,2	30	10
No 100	0,15	68	6,8	97,6	2,4	10	2
No 200	0,075	24	2,4	100,0	0,0	0	0
Fondo		0	0,0	100,0	0,0		

TOTAL	999	Módulo de finura	3,49	Peso inicial 1 000 (g)
-------	-----	------------------	------	------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO FINO : ARENA Muestra 7

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

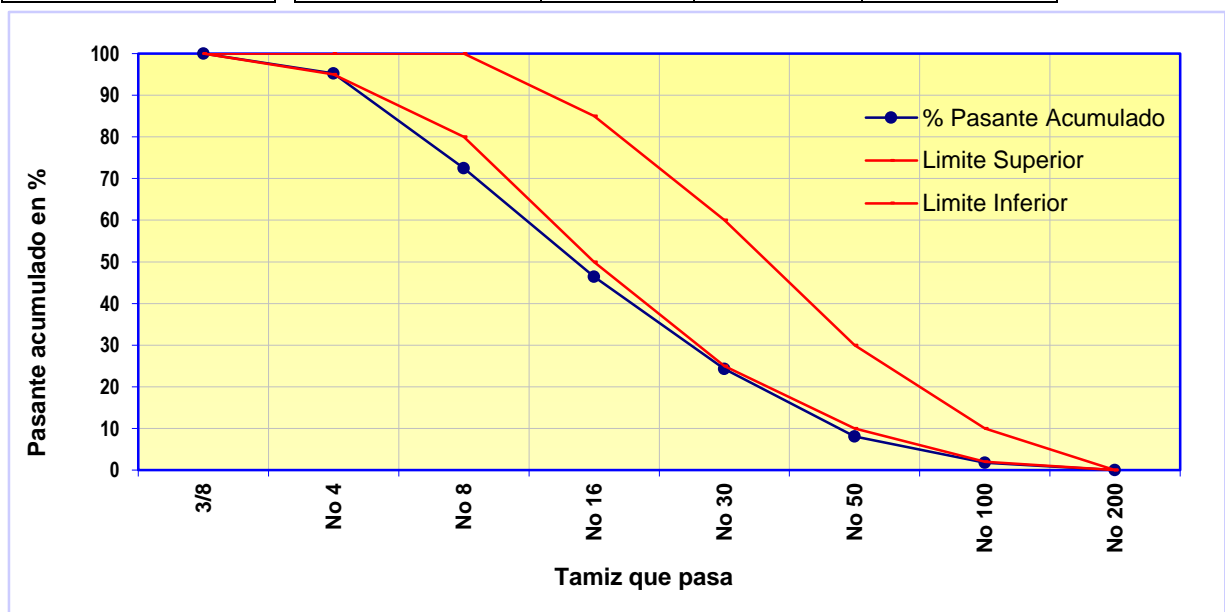
Fuente del material PAUTE-VIPESA

Fecha 13/10/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,0	100	100
No 4	4,75	48	4,8	4,8	95,2	100	95
No 8	2,36	227	22,7	27,5	72,5	100	80
No 16	1,18	260	26,0	53,6	46,4	85	50
No 30	0,6	221	22,1	75,7	24,3	60	25
No 50	0,3	162	16,2	91,9	8,1	30	10
No 100	0,15	63	6,3	98,2	1,8	10	2
No 200	0,075	18	1,8	100,0	0,0	0	0
Fondo		0	0,0	100,0	0,0		

TOTAL	999	Módulo de finura	3,52	Peso inicial 1 000 (g)
--------------	------------	-------------------------	-------------	-------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO FINO : ARENA Muestra 8

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

Fecha

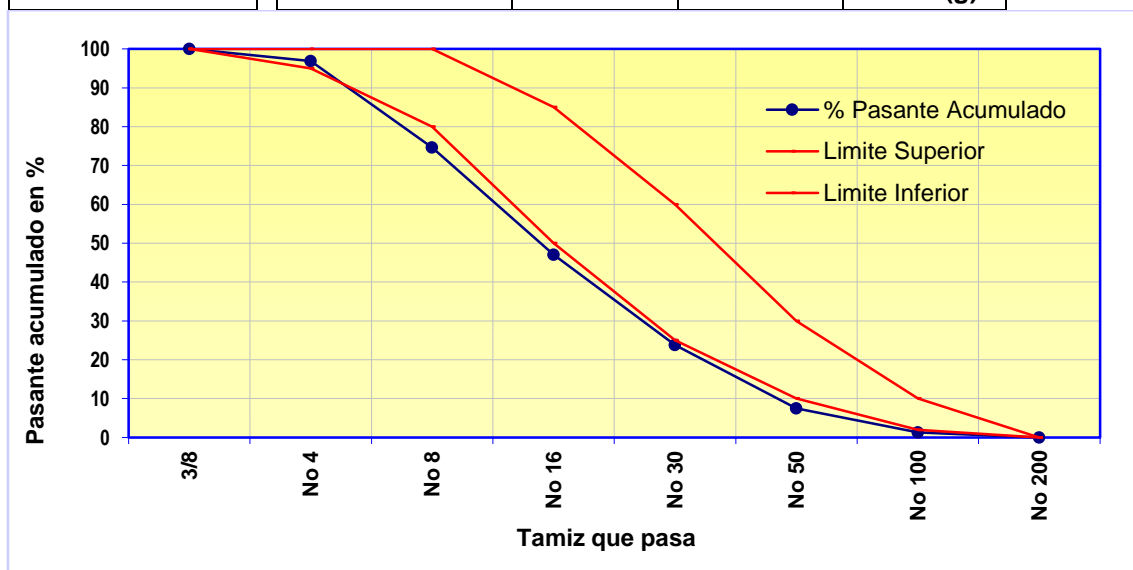
17/10/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,0	100	100
No 4	4,75	31	3,1	3,1	96,9	100	95
No 8	2,36	223	22,3	25,4	74,6	100	80
No 16	1,18	276	27,6	52,9	47,1	85	50
No 30	0,6	233	23,3	76,2	23,8	60	25
No 50	0,3	163	16,3	92,5	7,5	30	10
No 100	0,15	62	6,2	98,7	1,3	10	2
No 200	0,075	13	1,3	100,0	0,0	0	0
Fondo		0	0,0	100,0	0,0		

TOTAL	1 001	Módulo de finura	3,49	Peso inicial 1 000 (g)
-------	-------	------------------	------	------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO FINO : ARENA Muestra 9

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

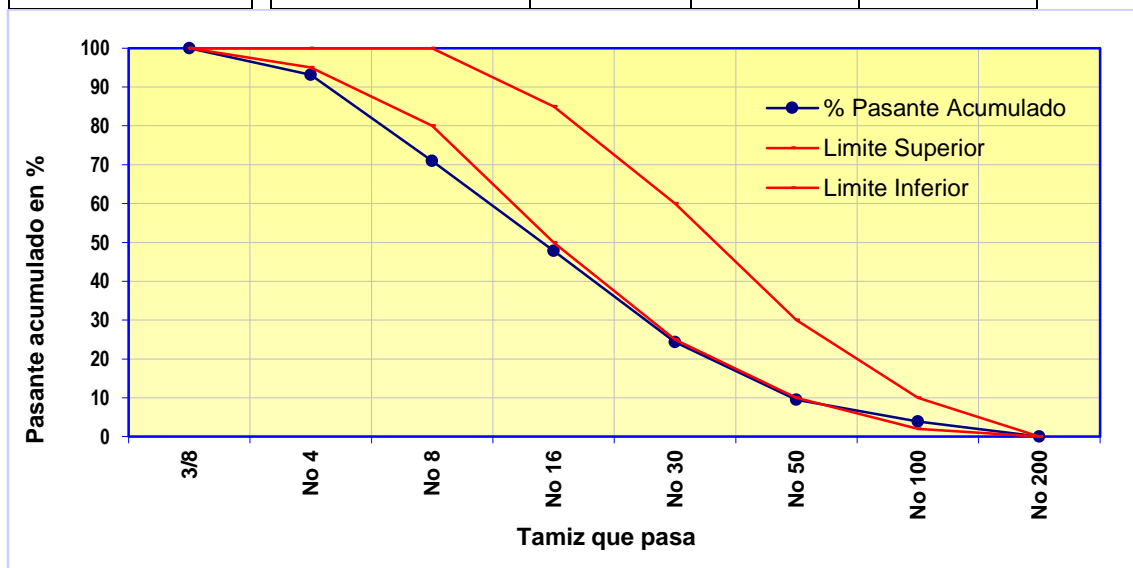
Fecha

20/102014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,0	100	100
No 4	4,75	68	6,8	6,8	93,2	100	95
No 8	2,36	221	22,2	29,0	71,0	100	80
No 16	1,18	231	23,2	52,2	47,8	85	50
No 30	0,6	234	23,5	75,6	24,4	60	25
No 50	0,3	148	14,8	90,5	9,5	30	10
No 100	0,15	56	5,6	96,1	3,9	10	2
No 200	0,075	39	3,9	100,0	0,0	0	0
Fondo		0	0,0	100,0	0,0		

TOTAL	997	Módulo de finura	3,50	Peso inicial 1 000 (g)
-------	-----	------------------	------	------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO FINO : ARENA Muestra 10

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

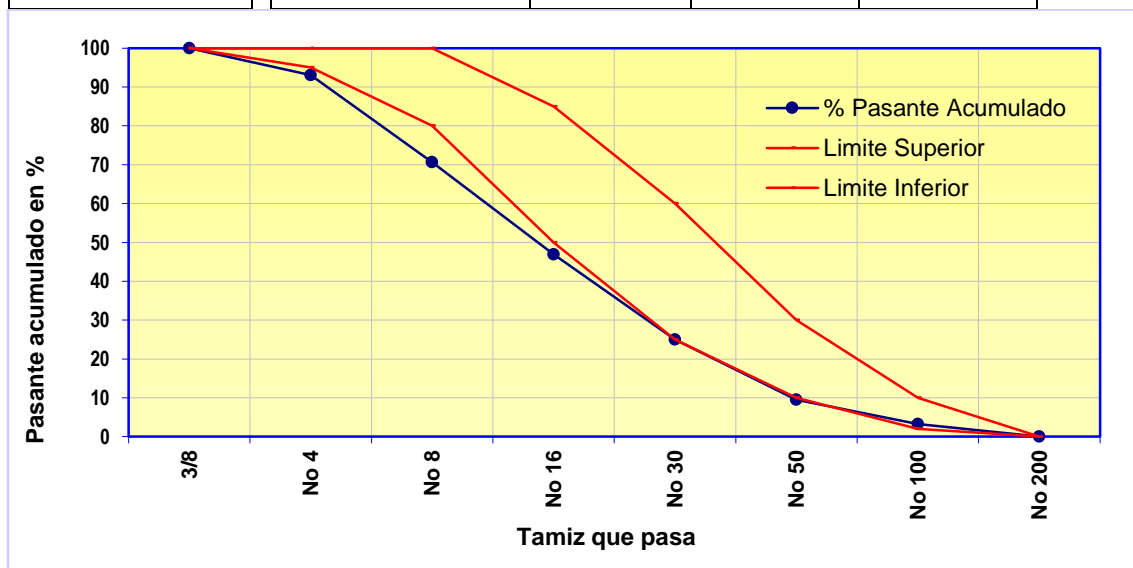
Fecha

27/10/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,0	100	100
No 4	4,75	69	6,9	6,9	93,1	100	95
No 8	2,36	224	22,5	29,4	70,6	100	80
No 16	1,18	236	23,7	53,1	46,9	85	50
No 30	0,6	219	22,0	75,0	25,0	60	25
No 50	0,3	154	15,4	90,5	9,5	30	10
No 100	0,15	63	6,3	96,8	3,2	10	2
No 200	0,075	32	3,2	100,0	0,0	0	0
Fondo		0	0,0	100,0	0,0		

TOTAL	997	Módulo de finura	3,52	Peso inicial 1 000 (g)
-------	-----	------------------	------	------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 19 mm Muestra 1

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

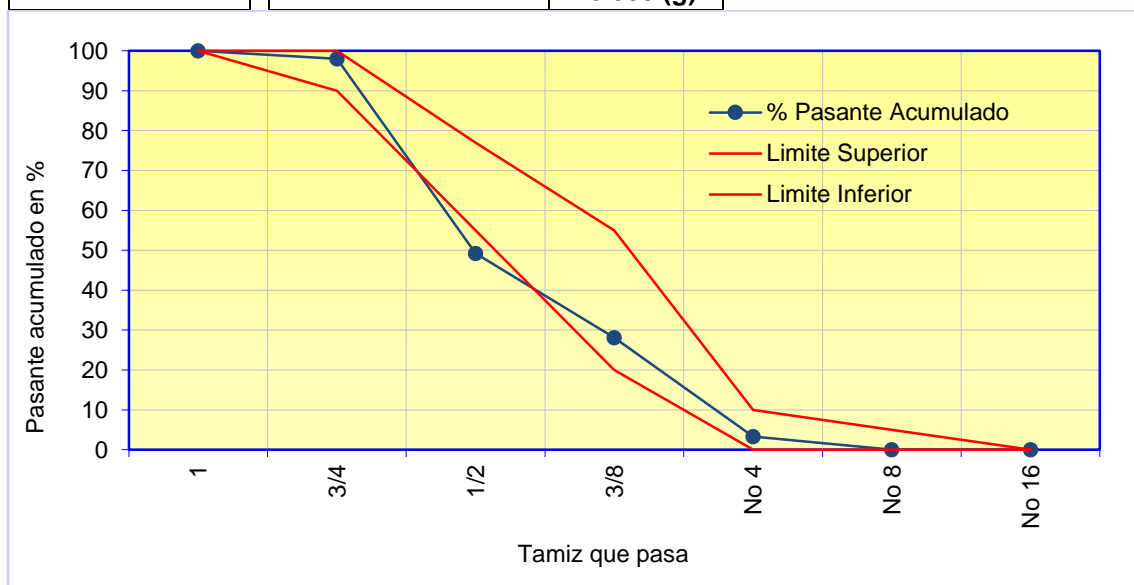
Fecha

8/09/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
1	25,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
3/4	19,0	250	2,5	2,5	97,5	100	90
1/2	12,5	4 952	49,5	52,0	48,0	77	55
3/8	9,5	2 054	20,5	72,6	27,4	55	20
No 4	4,75	2 627	26,3	98,8	1,2	10	0
No 8	2,36	115	1,2	100,0	0,0	5	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	9 998	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	--------------	--------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 19 mm Muestra 2

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

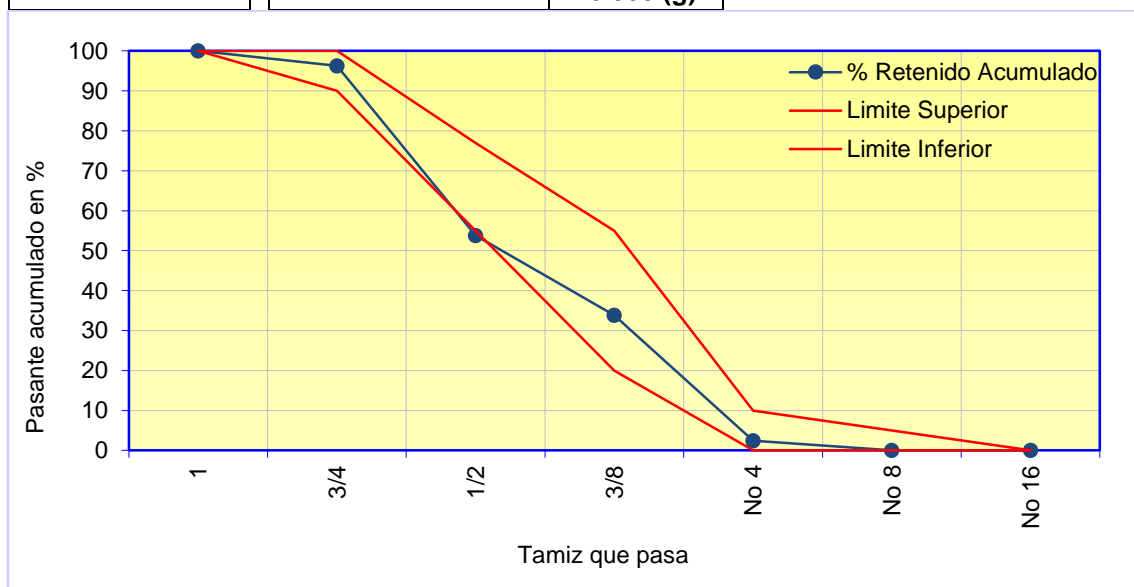
Fecha

15/092014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
1	25,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
3/4	19,0	291	2,9	2,9	97,1	100	90
1/2	12,5	4 206	42,1	45,0	55,0	77	55
3/8	9,5	2 242	22,4	67,4	32,6	55	20
No 4	4,75	3 144	31,4	98,9	1,1	10	0
No 8	2,36	114	1,1	100,0	0,0	5	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	9 997	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	--------------	--------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 19 mm Muestra 3

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

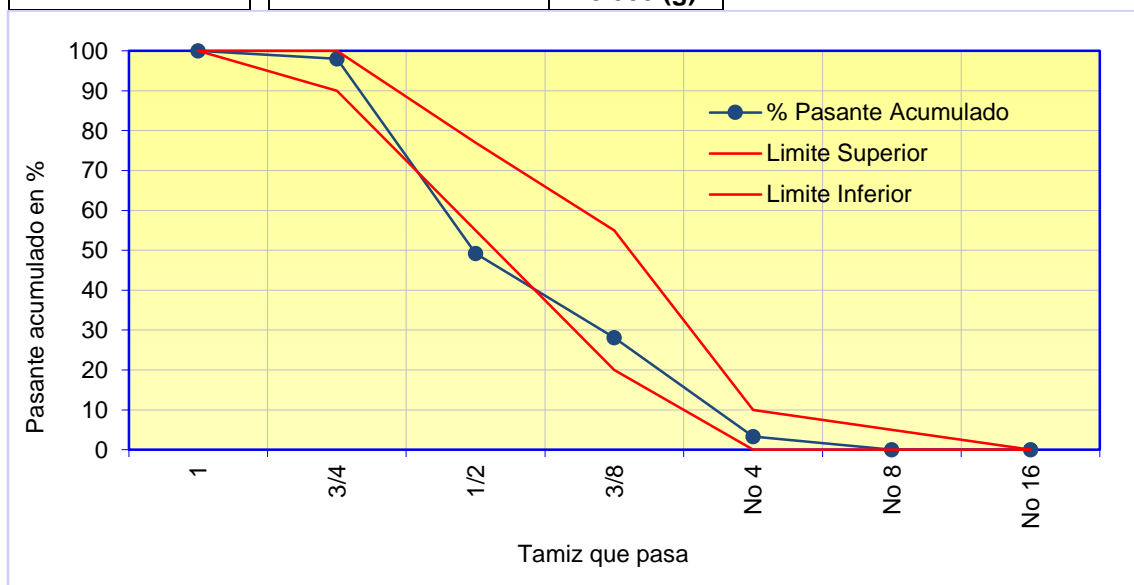
Fecha

22/09/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
1	25,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
3/4	19,0	112	1,1	1,1	98,9	100	90
1/2	12,5	3 662	36,6	37,7	62,3	77	55
3/8	9,5	2 317	23,2	60,9	39,1	55	20
No 4	4,75	3 658	36,6	97,5	2,5	10	0
No 8	2,36	249	2,5	100,0	0,0	5	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	9 998	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	--------------	------------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 19 mm Muestra 4

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

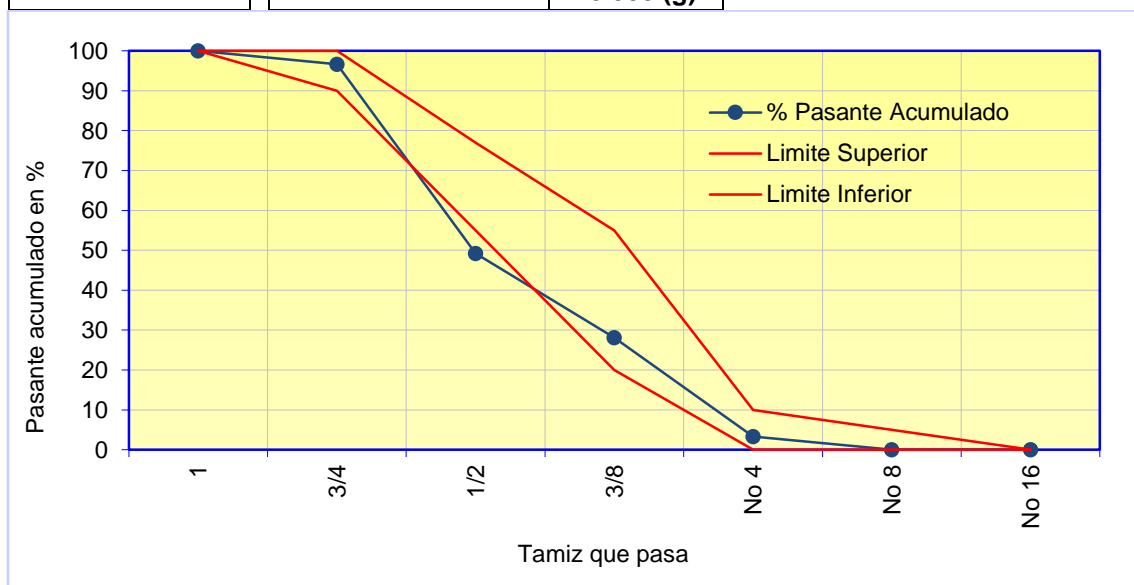
Fecha

6/10/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
1	25,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
3/4	19,0	337	2,0	2,0	98,0	100	90
1/2	12,5	4 737	48,7	50,7	49,3	77	55
3/8	9,5	2 118	21,2	71,9	28,1	55	20
No 4	4,75	2 476	24,8	96,7	3,3	10	0
No 8	2,36	332	3,3	100,0	0,0	5	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	10 000	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	---------------	--------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 19 mm Muestra 5

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

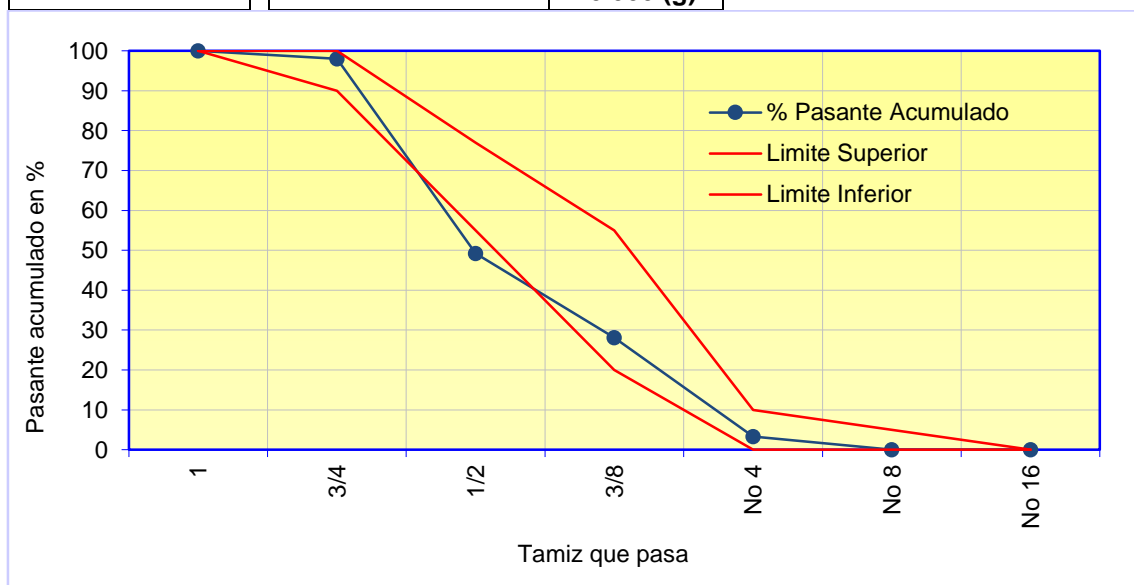
Fecha

6/10/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
1	25,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
3/4	19,0	201	2,0	2,0	98,0	100	90
1/2	12,5	4 874	48,7	50,7	49,3	77	55
3/8	9,5	2 118	21,2	71,9	28,1	55	20
No 4	4,75	2 476	24,8	96,7	3,3	10	0
No 8	2,36	332	3,3	100,0	0,0	5	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	10 001	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	---------------	--------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 19 mm Muestra 6

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

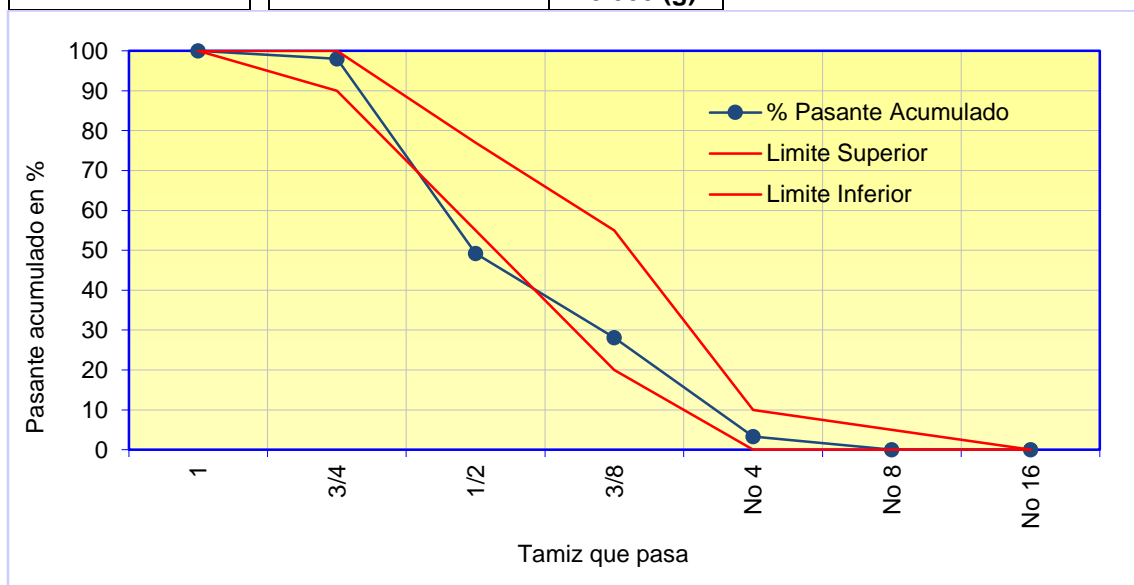
Fecha

13/10/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
1	25,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
3/4	19,0	420	4,2	4,2	95,8	100	90
1/2	12,5	4 281	42,8	47,0	53,0	77	55
3/8	9,5	2 620	26,2	73,2	26,8	55	20
No 4	4,75	2 360	23,6	96,8	3,2	10	0
No 8	2,36	316	3,2	100,0	0,0	5	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	9 997	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	--------------	--------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 19 mm Muestra 7

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

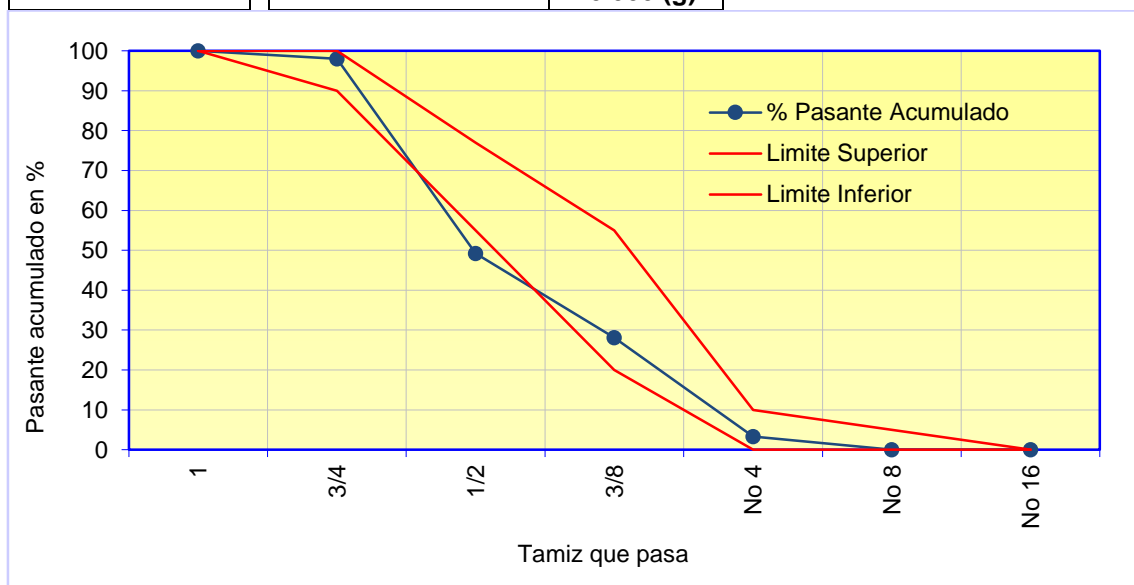
Fecha

20/10/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
1	25,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
3/4	19,0	373	3,7	3,7	96,3	100	90
1/2	12,5	4 250	42,5	46,2	53,8	77	55
3/8	9,5	1 989	19,9	66,1	33,9	55	20
No 4	4,75	3 142	31,4	97,5	2,5	10	0
No 8	2,36	245	2,5	100,0	0,0	5	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	9 999	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	--------------	--------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 38 mm Muestra 1

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

Fecha

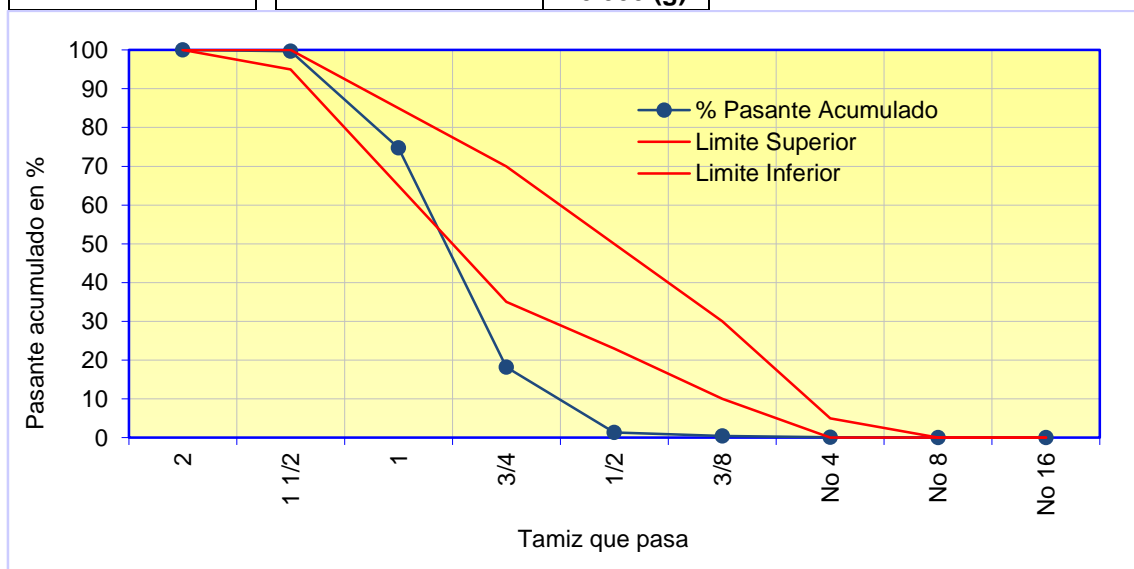
08/09/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
2	50,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
1 1/2	38,1	32	0,3	0,3	99,7	100	95
1	25,0	2 816	28,2	28,5	71,5	85	65
3/4	19,0	5 713	57,1	85,6	14,4	70	35
1/2	12,5	1 284	12,8	98,5	1,5	50	23
3/8	9,5	13	0,1	98,6	1,4	30	10
No 4	4,75	56	0,6	99,2	0,8	5	0
No 8	2,36	84	0,8	100,0	0,0	0	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	9 998	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	--------------	--------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 38 mm Muestra 2

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

Fecha

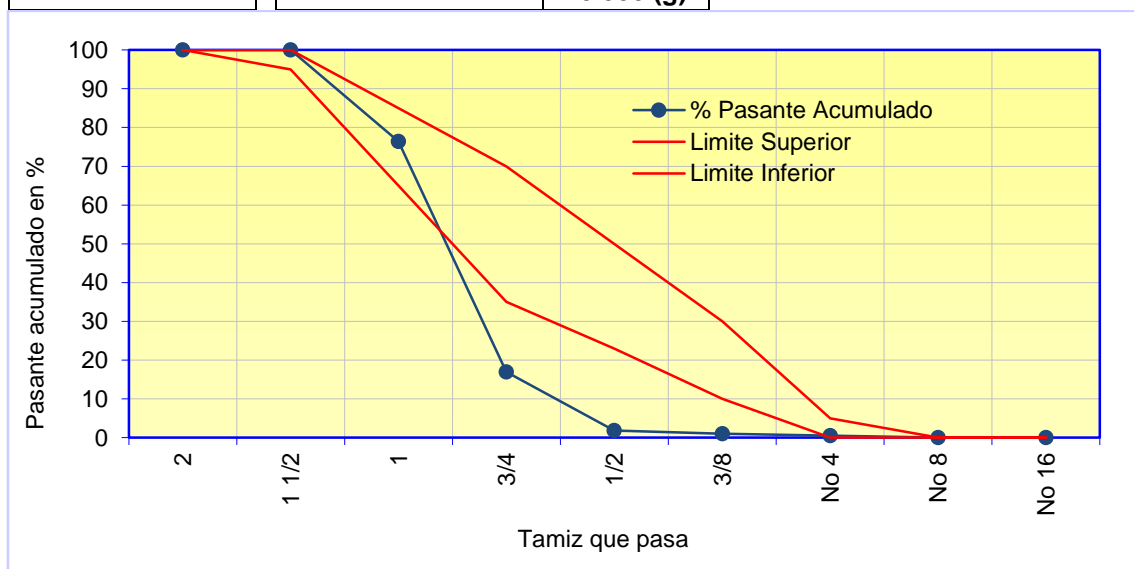
15/09/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
2	50,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
1 1/2	38,1	0	0,0	0,0	100,0	100	95
1	25,0	2 358	23,6	23,6	76,4	85	65
3/4	19,0	5 946	59,5	83,1	16,9	70	35
1/2	12,5	1 514	15,1	98,2	1,8	50	23
3/8	9,5	81	0,8	99,0	1,0	30	10
No 4	4,75	46	0,5	99,5	0,5	5	0
No 8	2,36	53	0,5	100,0	0,0	0	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	9 998	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	--------------	--------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 38 mm Muestra 3

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

Fecha

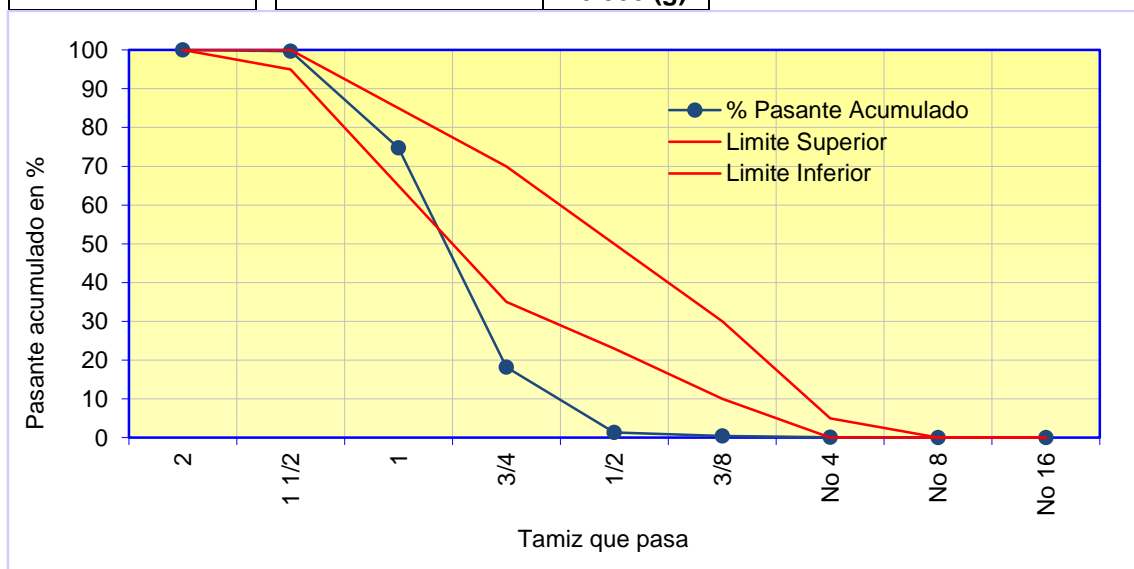
22/09/2014



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
2	50,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
1 1/2	38,1	421	4,2	4,2	95,8	100	95
1	25,0	2 707	27,1	31,3	68,7	85	65
3/4	19,0	4 271	42,7	74,0	26,0	70	35
1/2	12,5	2 455	24,5	98,5	1,5	50	23
3/8	9,5	12	0,1	98,7	1,3	30	10
No 4	4,75	54	0,5	99,2	0,8	5	0
No 8	2,36	81	0,8	100,0	0,0	0	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	10 001	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	---------------	--------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 38 mm Muestra 4

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

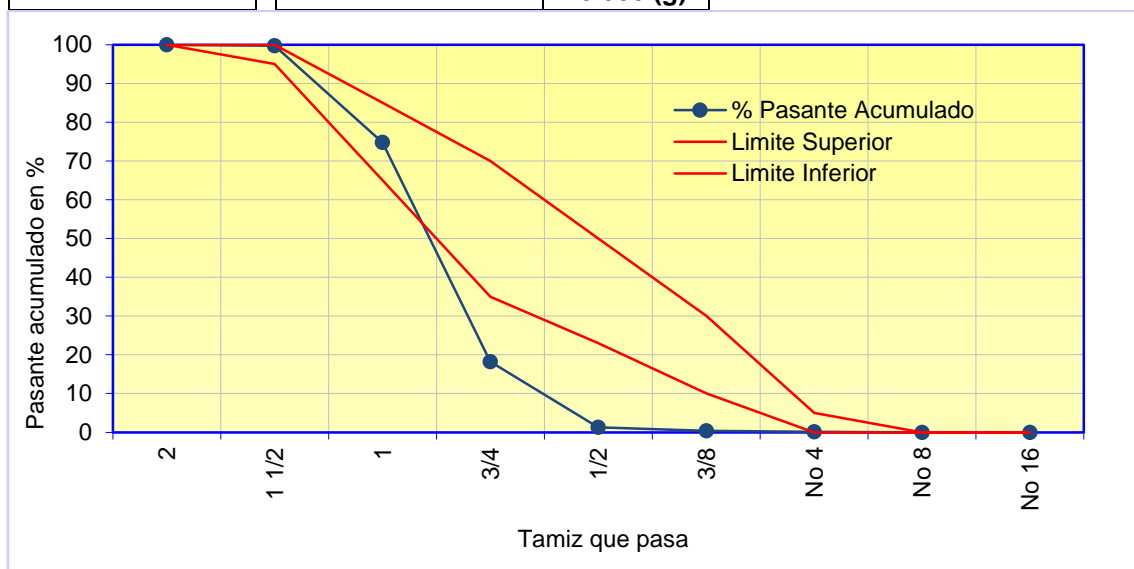
Fecha

29/09/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
2	50,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
1 1/2	38,1	109	1,1	1,1	98,9	100	95
1	25,0	3 341	33,4	34,5	65,5	85	65
3/4	19,0	4 674	46,7	81,3	18,7	70	35
1/2	12,5	1 524	15,2	96,5	3,5	50	23
3/8	9,5	185	1,9	98,3	1,7	30	10
No 4	4,75	66	0,7	99,0	1,0	5	0
No 8	2,36	99	1,0	100,0	0,0	0	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	9 998	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	--------------	--------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 38 mm Muestra 5

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

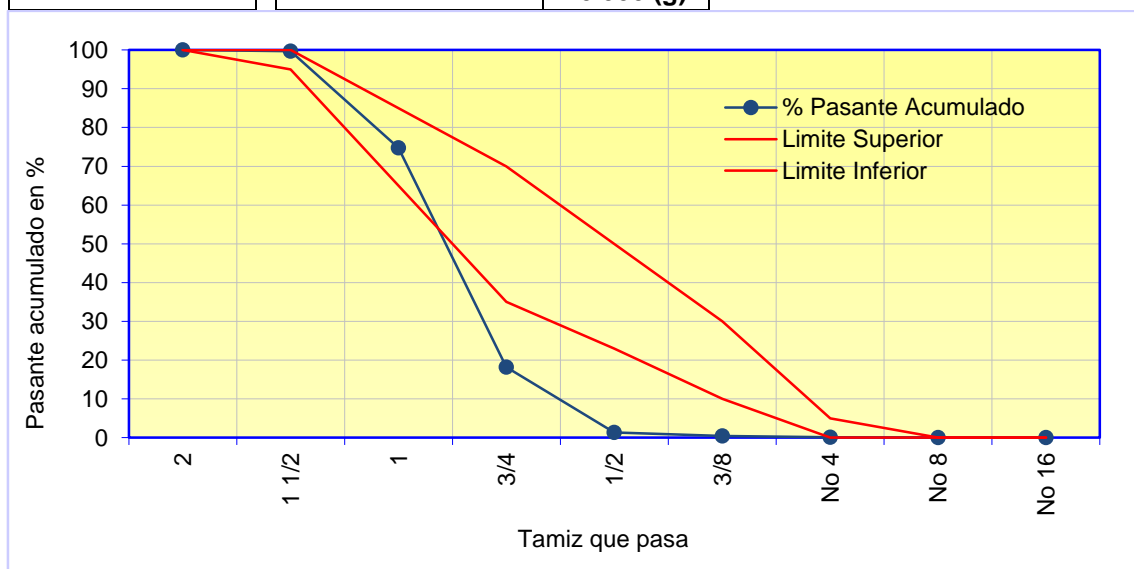
Fecha

06/10/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Limite Superior	Limite Inferior
2	50,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
1 1/2	38,1	58	0,6	0,6	99,4	100	95
1	25,0	2 463	24,6	25,2	74,8	85	65
3/4	19,0	5 535	55,4	80,6	19,4	70	35
1/2	12,5	1 774	17,7	98,3	1,7	50	23
3/8	9,5	75	0,8	99,1	0,9	30	10
No 4	4,75	27	0,3	99,3	0,7	5	0
No 8	2,36	66	0,7	100,0	0,0	0	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	9 998	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	--------------	--------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 38 mm Muestra 6

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

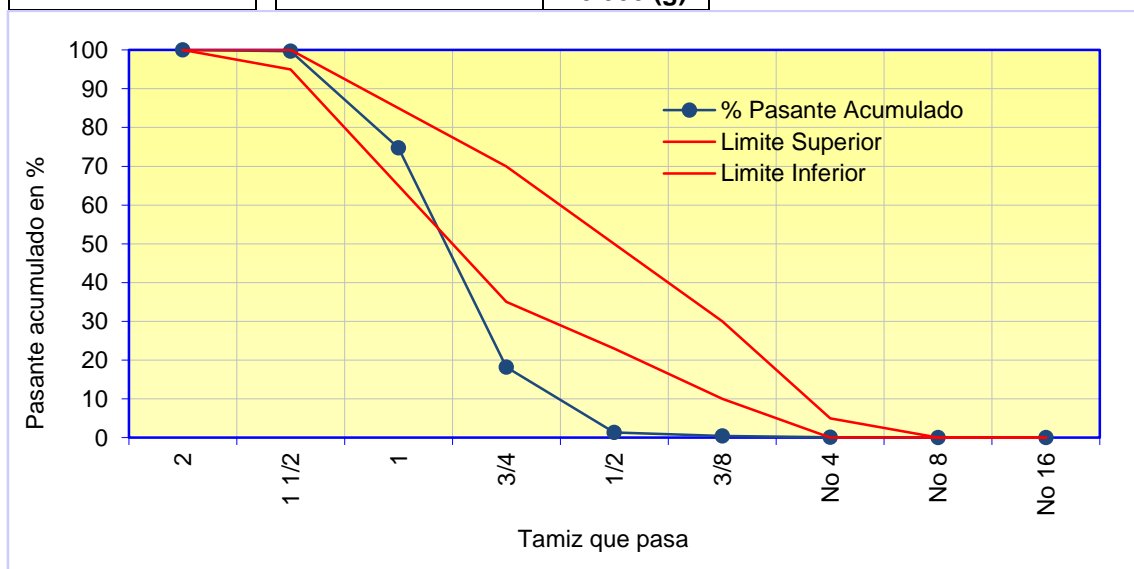
Fecha

13/10/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Límite Superior	Límite Inferior
2	50,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
1 1/2	38,1	0	0,0	0,0	100,0	100	95
1	25,0	2 334	23,3	23,3	76,7	85	65
3/4	19,0	6 246	62,5	85,8	14,2	70	35
1/2	12,5	1 373	13,7	99,5	0,5	50	23
3/8	9,5	29	0,3	99,8	0,2	30	10
No 4	4,75	12	0,1	100,0	0,0	5	0
No 8	2,36	4	0,0	100,0	0,0	0	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	9 998	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	--------------	--------------------------------





Análisis Granulométrico

ARIDO GRUESO: GRAVA DE 38 mm Muestra 7

Especificación para agregado ASTM C-33

Norma técnica Ecuatoriana INEN 696

Fuente del material

PAUTE-VIPESA

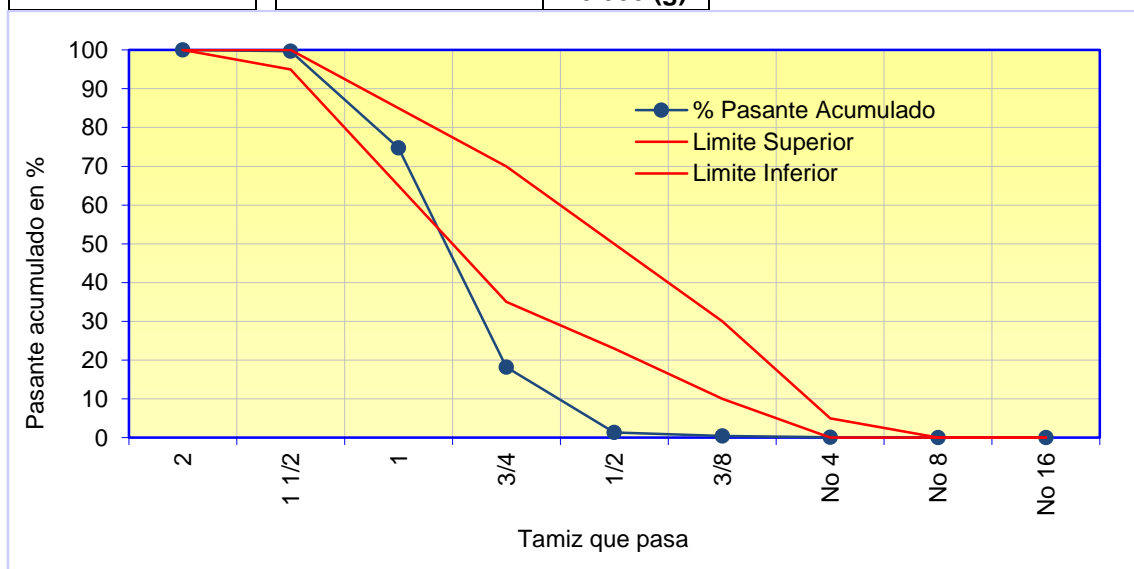
Fecha

20/10/2014



Tamiz		Peso parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificación	
Designación	mm					Limite Superior	Limite Inferior
2	50,0	0	0,0	0,0	100,0	100	100
1 1/2	38,1	31	0,3	0,3	99,7	100	95
1	25,0	2 491	24,9	25,2	74,8	85	65
3/4	19,0	5 653	56,5	81,8	18,2	70	35
1/2	12,5	1 692	16,9	98,7	1,3	50	23
3/8	9,5	90	0,9	99,6	0,4	30	10
No 4	4,75	30	0,3	99,9	0,1	5	0
No 8	2,36	10	0,1	100,0	0,0	0	0
No 16	1,18	0	0,0	100,0	0,0	0	0

TOTAL	9 997	Peso inicial 10 000 (g)
--------------	--------------	--------------------------------





Anexo 3: ENSAYOS FISICOS DE LOS ARIDOS

Material más fino que pasa por el tamiz No. 200

Árido fino: Arena

Especificación para agregado ASTM C-117

Norma técnica Ecuatoriana INEN 697

Fuente del material PAUTE-VIPESA



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

Fecha	Ensayo	B	C	A
16/12/2014	1	300	290	3,33
17/12/2014	2	300	291	3,00
18/12/2014	3	300	289	3,67
19/12/2014	4	300	290	3,33
Promedio				3,33

De donde:

A= porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz No. 200. (%).

B= masa seca original de la muestra. (g).

C= masa seca de la muestra luego del lavado. (g).

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100$$



Densidad

Árido fino: Arena

Especificación para agregado ASTM C-128

Norma técnica Ecuatoriana INEN 856

Fuente del material PAUTE-VIPESA

MÉTODO GRAVIMÉTRICO

Fecha	Ensayo	a	b	c	s	ds	dsss	da	% Absorción
09/09/2014	1	496	656	960	500	2,53	2,55	2,58	0,81
11/09/2014	2	495	674	981	500	2,56	2,59	2,63	1,01
16/09/2014	3	496	674	980	500	2,56	2,58	2,61	0,81
18/09/2014	4	496	674	980	500	2,56	2,58	2,61	0,81
23/09/2014	5	495	656	960	500	2,53	2,55	2,59	1,01
25/09/2014	6	496	656	958	500	2,51	2,53	2,56	0,81
Promedio						2,54	2,56	2,60	0,87

De donde:

ds= densidad relativa (gravedad específica) seca al horno. (g/cm³).

dsss= densidad relativa (gravedad específica) en estado superficialmente seco. (g/cm³).

da= densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). (g/cm³).

a= masa de la muestra secada al horno. (g).

b= masa del picnómetro lleno con agua. (g).

c= masa del picnómetro con muestra y agua hasta la marca de calibración. (g).

s= masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco. (g).

% Absorción= porcentaje de absorción de agua en el árido. %.

$$ds = \frac{a}{b + s - c}$$

$$dsss = \frac{s}{b + s - c}$$

$$da = \frac{a}{b + a - c}$$

$$\% \text{ absorcion arido fino} = \frac{s - a}{a} \times 100$$



Densidad

Árido fino: Arena

Especificación para agregado ASTM C-128

Norma técnica Ecuatoriana INEN 856

Fuente del material PAUTE-VIPESA



MÉTODO VOLUMÉTRICO

Fecha	Ensayo	S1	R1	R2	dsss
07/10/2014	1	55	0,4	22,8	2,46
14/10/2014	2	55	0,3	22,1	2,53
21/10/2014	3	55	0,6	22,2	2,55
28/10/2014	4	55	0,5	22	2,56
Promedio					2,53

De donde:

S1= masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco. (g).

R1= lectura inicial del nivel del agua en el frasco de Le Chatelier (cm³).

R2= lectura final del nivel del agua en el frasco de Le Chatelier (cm³).

dsss= densidad relativa (gravedad especifica) en estado superficialmente seco. (g/cm³).

$$dsss = \frac{S1}{0.9975(R2 - R1)}$$



Densidad

Árido Grueso: Grava de 19 mm

Especificación para agregado ASTM 127

Norma técnica Ecuatoriana INEN 857

Fuente del material PAUTEVIPESA



Fecha	Ensayo	A	B	C	ds	dsss	da	% Absorción
10/09/2014	1	4 945	5 001	3 078	2,57	2,60	2,65	1,13
12/09/2014	2	4 905	5 000	3 098	2,58	2,63	2,71	1,94
18/09/2014	3	4 910	5 000	3 098	2,58	2,63	2,71	1,83
20/09/2014	4	4 910	5 000	3 085	2,56	2,61	2,69	1,83
24/09/2014	5	4 921	5 000	3 078	2,56	2,60	2,67	1,61
26/09/2014	6	4 915	5 000	3 089	2,57	2,62	2,69	1,73
01/10/2014	7	4 905	5 000	3 078	2,55	2,60	2,68	1,94
Promedio					2,57	2,61	2,69	1,72

De donde:

A= masa de la muestra seca al horno. (g).

B= masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco. (g).

C= masa aparente en agua de la muestra saturada. (g).

ds= densidad relativa (gravedad especifica) seca al horno.) (g/cm³).

dsss= densidad relativa (gravedad especifica) en estado superficialmente seco.) (g/cm³).

da= densidad relativa aparente (gravedad especifica aparente). (g/cm³).

% Absorción= porcentaje de absorción de agua en el árido. (%).

$$ds = \frac{A}{B - C}$$

$$dsss = \frac{B}{B - C}$$

$$da = \frac{A}{A - C}$$

$$\% \text{ absorcion arido grueso} = \frac{B - A}{A} \times 100$$



Densidad

Árido Grueso: Grava de 38 mm
Especificación para agregado ASTM C-127
Norma técnica Ecuatoriana INEN 857
Fuente del material PAUTE-VIPESA

Fecha	Ensayo	A	B	C	ds	dsss	da	% Absorción
10/09/2014	1	4 895	5 000	3 078	2,55	2,60	2,69	2,15
12/09/2014	2	4 875	5 000	3 082	2,54	2,61	2,72	2,56
18/09/2014	3	4 895	5 000	3 115	2,60	2,65	2,75	2,15
20/09/2014	4	4 879	5 000	3 015	2,46	2,52	2,62	2,48
24/09/2014	5	4 785	4 900	3 020	2,55	2,61	2,71	2,40
26/09/2014	6	4 786	4 902	3 021	2,54	2,61	2,71	2,42
01/10/2014	7	4 865	5 000	3 089	2,55	2,62	2,74	2,77
Promedio					2,54	2,60	2,71	2,42

De donde:

A= masa de la muestra seca al horno. (g).

B= masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco. (g).

C= masa aparente en agua de la muestra saturada. (g).

ds= densidad relativa (gravedad especifica) seca al horno. (g/cm³).

dsss= densidad relativa (gravedad especifica) en estado superficialmente seco. (g/cm³).

da= densidad relativa aparente (gravedad especifica aparente). (g/cm³).

% Absorción= porcentaje de absorción de agua en el árido. (%).

$$ds = \frac{A}{B - C}$$

$$dsss = \frac{B}{B - C}$$

$$da = \frac{A}{A - C}$$

$$\% \text{ absorcion arido grueso} = \frac{B - A}{A} \times 100$$



Peso Unitario Suelto y Porcentaje de Vacíos

Árido fino: Arena

Especificación para agregado ASTM C-29

Norma técnica Ecuatoriana INEN 858

Fuente del material PAUTE-VIPESA



Peso Volumétrico Suelto

Fecha	Ensayo	A	G	S	PVS	PVSsss	% VACIOS
30/09/2014	1	0,97	20,043	2,53	1 562,74	1 577,90	38,11
07/10/2014	2	0,97	20,217	2,53	1 590,45	1 605,87	37,01
14/10/2014	3	0,97	20,142	2,53	1 578,50	1 593,81	37,48
21/10/2014	4	0,97	20,014	2,53	1 558,12	1 573,23	38,29
28/10/2014	5	0,97	20,046	2,53	1 563,22	1 578,38	38,09
30/10/2014	6	0,97	20,148	2,53	1 579,46	1 594,78	37,45
PROMEDIO					1 572,08	1 587,33	37,74

VOLUMEN DEL MOLDE (V)	0,00628	m ³
MASA DEL MOLDE (T)	10,229	kg
DENSIDAD DEL AGUA (Da)	998	kg/m ³

De donde:

PVS = masa unitaria suelta (peso volumétrico) del árido (kg/m³).

PVSsss = masa unitaria suelta (peso volumétrico) del árido en condiciones superficialmente seca (kg/m³).

G = masa del árido más el molde (kg).

T = masa del molde (kg).

V = volumen del molde (m³).

A = porcentaje de absorción.

S = gravedad específica (condición seca) determinada por INEN NTE 857.

Da = densidad del agua kg/m³.

% de vacíos = contenido de vacíos en el árido (%).

$$PVS = \frac{G - T}{V} \qquad PVS_{sss} = PVS \times \left(1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right)$$

$$\% \text{ Vacios} = \frac{((S - Da) - PVS)}{S - Da} \times 100$$



Peso Unitario y Porcentaje de Vacíos

Árido fino: Arena

Especificación para agregado ASTM C-29

Norma técnica Ecuatoriana INEN 858

Fuente del material PAUTE-VIPESA



Peso Volumétrico Compacto

Fecha	Ensayo	A	G	S	PVC	PVC _{sss}	% VACIOS
30/09/2014	1	0,97	21,378	2,53	1 775,32	1 792,54	29,69
7/10/2014	2	0,97	21,487	2,53	1 792,68	1 810,06	29,00
14/10/2014	3	0,97	21,561	2,53	1 804,46	1 821,96	28,53
21/10/2014	4	0,97	21,598	2,53	1 810,35	1 827,91	28,30
28/10/2014	5	0,97	21,611	2,53	1 812,42	1 830,00	28,22
PROMEDIO					1 799,04	1 816,50	28,75

VOLUMEN DEL MOLDE (V)	0,00628	m ³
MASA DEL MOLDE (T)	10,229	kg
DENSIDAD DEL AGUA (Da)	998	kg/m ³

De donde:

PVC = masa unitaria compacta (peso volumétrico) del árido (kg/m³).

PVC_{sss} = masa unitaria compacta (peso volumétrico) del árido en condiciones superficialmente seca (kg/m³).

G = masa del árido más el molde (kg).

T = masa del molde (kg).

V = volumen del molde (m³).

A = porcentaje de absorción.

S = gravedad específica (condición seca) determinada por INEN NTE 857.

Da = densidad del agua kg/m³.

% de vacíos = contenido de vacíos en el árido (%).

$$PVC = \frac{G - T}{V} \qquad PVC_{sss} = PVC \times \left(1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right)$$

$$\% \text{ Vacios} = \frac{((S - Da) - PVC)}{S - Da} \times 100$$



Peso Unitario y Porcentaje de Vacíos

Árido grueso: Grava de 19 mm
 Especificación para agregado ASTM C-29
 Norma técnica Ecuatoriana INEN 858
 Fuente del material PAUTE-VIPESA



Peso Volumétrico Suelto

Fecha	Ensayo	A	G	S	PVS	PVSsss	% VACIOS
01/10/2014	1	1,72	19,645	2,57	1 499,36	1 525,15	41,54
08/10/2014	2	1,72	19,619	2,57	1 495,22	1 520,94	41,70
15/10/2014	3	1,72	19,667	2,57	1 502,87	1 528,72	41,41
22/10/2014	4	1,72	19,556	2,57	1 485,19	1 510,74	42,09
29/10/2014	5	1,72	19,676	2,57	1 504,30	1 530,17	41,35
31/10/2014	6	1,72	19,62	2,57	1 495,38	1 521,10	41,70
PROMEDIO					1 497,05	1 522,80	41,63

VOLUMEN DEL MOLDE (V)	0,0063	m ³
MASA DEL MOLDE (T)	10,229	kg
DENSIDAD DEL AGUA (Da)	998	kg/m ³

De donde:

PVS = masa unitaria suelta (peso volumétrico) del árido (kg/m³).

PVSsss = masa unitaria suelta (peso volumétrico) del árido en condiciones superficialmente seca (kg/m³).

G = masa del árido más el molde (kg).

T = masa del molde (kg).

V = volumen del molde (m³).

A = porcentaje de absorción.

S = gravedad específica (condición seca) determinada por INEN NTE 857.

Da = densidad del agua kg/m³.

% de vacíos = contenido de vacíos en el árido (%).

$$PVS = \frac{G - T}{V} \qquad PVS_{sss} = PVS \times \left(1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right)$$

$$\% \text{ Vacios} = \frac{((S - Da) - PVS)}{S - Da} \times 100$$



Peso Unitario y Porcentaje de Vacíos

Árido grueso: Grava de 19 mm
 Especificación para agregado ASTM C-29
 Norma técnica Ecuatoriana INEN 858
 Fuente del material PAUTE-VIPESA



Peso Volumétrico Compacto

Fecha	Ensayo	A	G	S	PVC	PVCsss	% VACIOS
01/10/2014	1	1,72	20,431	2,57	1 624,52	1 652,46	36,66
08/10/2014	2	1,72	20,519	2,57	1 638,54	1 666,72	36,12
15/10/2014	3	1,72	20,356	2,57	1 612,58	1 640,32	37,13
22/10/2014	4	1,72	20,513	2,57	1 637,58	1 665,75	36,15
29/10/2014	5	1,72	20,489	2,57	1 633,76	1 661,86	36,30
31/10/2014	6	1,72	20,385	2,57	1 617,20	1 645,01	36,95
PROMEDIO					1 627,36	1 655,35	36,55

VOLUMEN DEL MOLDE (V)	0,0063	m ³
MASA DEL MOLDE (T)	10,229	kg
DENSIDAD DEL AGUA (Da)	998	kg/m ³

De donde:

PVC = masa unitaria compacta (peso volumétrico) del árido (kg/m³).

PVCsss = masa unitaria compacta (peso volumétrico) del árido en condiciones superficialmente seca (kg/m³)

G = masa del árido más el molde (kg).

T = masa del molde (kg).

V = volumen del molde (m³).

A = porcentaje de absorción.

S = gravedad específica (condición seca) determinada por INEN NTE 857.

Da = densidad del agua kg/m³.

% de vacíos = contenido de vacíos en el árido (%).

$$PVC = \frac{G - T}{V} \qquad PVC_{sss} = PVC \times \left(1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right)$$

$$\% \text{ Vacios} = \frac{((S - Da) - PVC)}{S - Da} \times 100$$



Peso Unitario y Porcentaje de Vacíos



Árido grueso: Grava de 38 mm
 Especificación para agregado ASTM C-29
 Norma técnica Ecuatoriana INEN 858
 Fuente del material PAUTE-VIPESA

Peso Volumétrico Suelto

Fecha	Ensayo	A	G	S	PVS	PVSsss	% VACIOS
02/10/2014	1	2,42	19,408	2,54	1 461,62	1 497,00	42,34
09/10/2014	2	2,42	19,482	2,54	1 473,41	1 509,06	41,88
16/10/2014	3	2,42	19,373	2,54	1 456,05	1 491,29	42,56
23/10/2014	4	2,42	19,33	2,54	1 449,20	1 484,27	42,83
30/10/2014	5	2,42	19,393	2,54	1 459,24	1 494,55	42,43
4/11/2014	6	2,42	19,376	2,54	1 456,53	1 491,78	42,54
5/11/2014	7	2,42	19,324	2,54	1 448,25	1 483,30	42,87
Promedio					1 457,76	1 493,03	42,49

VOLUMEN DEL MOLDE (V)	0,0063	m ³
MASA DEL MOLDE (T)	10,229	kg
DENSIDAD DEL AGUA	998	kg/m ³

De donde:

PVS = masa unitaria suelta (peso volumétrico) del árido (kg/m³).

PVSsss = masa unitaria suelta (peso volumétrico) del árido en condiciones superficialmente seca (kg/m³).

G = masa del árido más el molde (kg).

T = masa del molde (kg).

V = volumen del molde (m³).

A = porcentaje de absorción.

S = gravedad específica (condición seca) determinada por INEN NTE 857.

Da = densidad del agua kg/m³.

% de vacíos = contenido de vacíos en el árido (%).

$$PVS = \frac{G - T}{V} \qquad PVS_{sss} = PVS \times \left(1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right)$$

$$\% \text{ Vacios} = \frac{((S - Da) - PVS)}{S - Da} \times 100$$



Peso Unitario y Porcentaje de Vacíos

Árido grueso: Grava de 38 mm
 Especificación para agregado ASTM C-29
 Norma técnica Ecuatoriana INEN 858
 Fuente del material PAUTE-VIPESA



Peso Volumétrico Compacto

Fecha	Ensayo	A	G	S	PVC	PVC _{sss}	% VACIOS
02/10/2014	1	2,42	20,406	2,54	1 620,54	1 659,76	36,07
09/10/2014	2	2,42	20,353	2,54	1 612,10	1 651,11	36,40
16/10/2014	3	2,42	20,234	2,54	1 593,15	1 631,71	37,15
23/10/2014	4	2,42	20,229	2,54	1 592,36	1 630,89	37,18
30/10/2014	5	2,42	20,201	2,54	1 587,90	1 626,33	37,36
4/10/2014	6	2,42	20,307	2,54	1 604,78	1 643,61	36,69
PROMEDIO					1 601,80	1 640,57	36,81

VOLUMEN DEL MOLDE (V)	0,00628	m ³
MASA DEL MOLDE (T)	10,229	kg
DENSIDAD DEL AGUA	998	kg/m ³

De donde:

PVC = masa unitaria compacta (peso volumétrico) del árido (kg/m³).

PVC_{sss} = masa unitaria compacta (peso volumétrico) del árido en condiciones superficialmente seca (kg/m³).

G = masa del árido más el molde (kg).

T = masa del molde (kg).

V = volumen del molde (m³).

A = porcentaje de absorción.

S = gravedad específica (condición seca) determinada por INEN NTE 857.

Da = densidad del agua kg/m³.

% de vacíos = contenido de vacíos en el árido (%).

$$PVC = \frac{G - T}{V} \qquad PVC_{sss} = PVC \times \left(1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right)$$

$$\% \text{ Vacios} = \frac{((S - Da) - PVC)}{S - Da} \times 100$$



Anexo 4: RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LAS MEZCLAS

Resistencia a la Compresión

MEZCLA A-PATRON

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

Resistencia 300 kg/cm ²	Fecha							
	08/11/2014		12/11/2014		19/11/2014		03/12/2014	
	Días		Días		Días		Días	
	3		7		14		28	
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (kg)	12,77	12,81	12,83	12,88	12,63	12,68	12,81	12,80
Carga (kg-f)	18 544,29	19 543,82	32111,46	37148,46	45169,58	47308,97	55209,85	59475,49
Resistencia (kg/cm ²)	104,97	105,52	181,76	210,27	251,48	260,95	312,51	336,66

Resistencia a la Compresión

MEZCLA B

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

Resistencia 300 kg/cm ²	Fecha							
	09/11/2014		13/11/2014		20/11/2014		04/11/2014	
	Días		Días		Días		Días	
	3		7		14		28	
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	12,65	12,58	12,94	13,03	12,56	15,87	12,54	13,11
Carga (kg-f)	27973,84	27517,69	48561,5	45661,37	55504,15	54384,01	73379,07	72184,69
Resistencia (kg/cm ²)	104,97	105,52	181,76	210,27	251,48	260,95	312,51	336,66



Resistencia a la Compresión

MEZCLA C

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	10/11/2014		14/11/2014		21/11/2014		05/12/2014	
	Días		Días		Días		Días	
Resistencia 300 kg/cm ²	3		7		14		28	
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	12,94	12,86	12,93	12,39	12,98	12,75	12,59	12,77
Carga (kg-f)	19908,29	19877,9	32374,57	33126,53	46340,24	46124,99	62854,39	63753,15
Resistencia (kg/cm ²)	112,69	109,66	183,25	187,51	262,30	269,33	327,40	360,79

Resistencia a la Compresión

MEZCLA D

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	13/11/2014		17/11/2014		24/11/2014		08/12/2014	
	Días		Días		Días		Días	
Resistencia 300 kg/cm ²	3		7		14		28	
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	13,11	13,05	13,02	12,97	12,99	12,89	13,20	13,01
Carga (kg-f)	30198,94	30141,8	44712,33	42092,16	53929,65	53767,81	68015,26	70047,93
Resistencia (kg/cm ²)	128,93	130,26	253,09	238,26	305,27	300,25	385,00	396,14



Resistencia a la Compresión

MEZCLA E

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	14/11/2014		18/11/2014		25/11/2014		08/12/2014	
	Días 3		Días 7		Días 14		Días 28	
Resistencia 300 kg/cm ²	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	12,18	12,25	12,61	12,62	12,43	12,27	12,43	12,07
Carga (kg-f)	13035,2	12996,43	26235,27	24508,92	37867,2	37621,06	51945,54	51753,51
Resistencia (kg/cm ²)	93,78	90,66	158,50	153,99	224,34	230,26	309,79	312,99

Resistencia a la Compresión

MEZCLA F

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	15/11/2014		19/11/2014		26/11/2014		10/12/2014	
	Días 3		Días 7		Días 14		Días 28	
Resistencia 300 kg/cm ²	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	12,25	12,36	12,22	12,15	12,37	12,46	12,34	12,24
Carga (kg-f)	13680,05	13386,04	21057,44	20551,52	28899,96	28423,32	37709,3	39979,93
Resistencia (kg/cm ²)	97,44	90,25	159,20	154,90	213,59	210,25	304,46	306,80



Resistencia a la Compresión

MEZCLA G

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



	Fecha							
	16/11/2014		20/11/2014		27/11/2014		11/12/2014	
	Días 3		Días 7		Días 14		Días 28	
Resistencia 300 kg/cm ²	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	12,83	12,76	12,88	12,95	12,92	12,46	12,89	12,99
Carga (kg-f)	22440,82	22365,4	36946,63	39073,6	46700,17	46435,04	59361,81	58774,92
Resistencia (kg/cm ²)	127,02	117,03	205,71	221,18	264,34	259,22	336,01	332,69

Resistencia a la Compresión

MEZCLA H

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



	Fecha							
	17/11/2014		21/11/2014		28/11/2014		12/12/2014	
	Días 3		Días 7		Días 14		Días 28	
Resistencia 300 kg/cm ²	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	13,30	13,16	13,16	13,20	13,19	13,09	13,15	13,21
Carga (kg-f)	14374,06	14238,06	27895,39	30206,01	47798,33	47555,62	52048,73	51756,34
Resistencia (kg/cm ²)	81,37	89,25	170,92	165,25	270,56	272,22	305,90	314,62



Resistencia a la Compresión

MEZCLA I

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	20/11/2014		24/11/2014		01/12/2014		15/12/2014	
	Días		Días		Días		Días	
Resistencia 300 kg/cm ²	3		7		14		28	
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	12,92	12,86	13,00	12,68	12,73	12,55	12,95	12,55
Carga (kg-f)	15427,5	15467,88	32495,32	33844,68	49494,19	49726	57314,2	55438,63
Resistencia (kg/cm ²)	87,32	83,22	183,94	191,58	280,15	285,15	312,38	324,42

Resistencia a la Compresión

MEZCLA J

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	21/11/2014		25/11/2014		02/12/2014		16/12/2014	
	Días		Días		Días		Días	
Resistencia 300 kg/cm ²	3		7		14		28	
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	12,90	12,79	13,05	12,98	12,34	12,55	12,75	12,88
Carga (kg-f)	24736,49	24586,46	48790,38	48654,18	54792,87	54643,15	70109,51	66364,03
Resistencia (kg/cm ²)	140,02	135,22	276,18	275,45	320,15	315,13	386,63	375,69



Resistencia a la Compresión

MEZCLA K-PATRON

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	22/11/2014		26/11/2014		03/12/2014		17/12/2014	
	Días		Días		Días		Días	
Resistencia 210 kg/cm ²	3		7		14		28	
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
	Peso (Kg)	3,68	3,67	3,69	3,68	3,72	3,69	3,72
Carga (kg-f)	4306,23	4238,28	8261,72	8056,46	11922,4	12154,41	15746,03	15804,18
Resistencia (kg/cm ²)	54,85	56,76	105,22	102,60	151,85	156,29	210,54	215,28

Resistencia a la Compresión

MEZCLA L

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	23/11/2014		27/11/2014		04/12/2014		18/12/2014	
	Días		Días		Días		Días	
Resistencia 210 kg/cm ²	3		7		14		28	
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
	Peso (Kg)	3,68	3,70	3,75	3,73	3,76	3,72	3,44
Carga (kg-f)	7105,81	7024,53	13228,44	12661,24	16488,3	17037,94	23880,54	21730,65
Resistencia (kg/cm ²)	90,49	96,56	168,47	161,25	210,00	208,79	304,14	289,77



Resistencia a la Compresión

MEZCLA M

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	24/11/2014		28/11/2014		05/12/2014		19/12/2014	
	Días		Días		Días		Días	
Resistencia 210 kg/cm ²	3		7		14		28	
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	3,67	3,62	3,74	3,69	3,71	3,70	3,75	3,77
Carga (kg-f)	4 276,45	4224,15	9799,17	9265,58	14527,12	14354,37	16617,64	16565,54
Resistencia (kg/cm ²)	54,47	55,76	124,80	118,00	185,02	183,76	211,64	210,53

Resistencia a la Compresión

MEZCLA N

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	27/11/2014		01/12/2014		08/12/2014		22/12/2014	
	Días		Días		Días		Días	
Resistencia 210 kg/cm ²	3		7		14		28	
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	3,68	3,65	3,70	3,62	3,79	3,81	3,72	3,73
Carga (kg-f)	4829,42	4732,39	10952,15	11235,76	16179,56	16029,33	19145,02	18215,36
Resistencia (kg/cm ²)	61,51	58,95	139,74	143,10	206,06	192,96	243,83	231,99



Resistencia a la Compresión

MEZCLA O

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	28/11/2014		02/12/2014		09/12/2014		23/12/2014	
	Días		Días		Días		Días	
Resistencia 210 kg/cm ²	3		7		14		28	
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	3,67	3,71	3,70	3,68	3,64	3,86	3,73	3,72
Carga (kg-f)	5511,62	5600,06	9698,51	10052,89	14786,89	14706,83	16641,06	16588,56
Resistencia (kg/cm ²)	70,20	73,78	123,52	128,03	188,29	190,67	212,01	211,27

Resistencia a la Compresión

MEZCLA P

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	29/11/2014		03/12/2014		10/12/2014		24/12/2014	
	Días		Días		Días		Días	
Resistencia 210 kg/cm ²	3		7		14		28	
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	3,82	3,82	3,82	3,84	3,85	3,82	3,89	3,85
Carga (kg-f)	6159,39	6147,27	12150,07	12112,71	17895,91	17866,94	23677,2	21905,01
Resistencia (kg/cm ²)	78,45	77,98	154,74	154,26	227,92	228,87	301,55	278,98



Resistencia a la Compresión

MEZCLA Q

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	30/11/2014		04/12/2014		11/12/2014		25/12/2014	
	Días 3		Días 7		Días 14		Días 28	
Resistencia 210 kg/cm ²	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	3,66	3,69	3,68	3,69	3,72	3,69	3,74	3,71
Carga (kg-f)	7332,57	7387,69	10933,48	10849,68	13676,21	13724,57	17198,67	18738,44
Resistencia (kg/cm ²)	93,39	91,35	139,25	138,73	174,18	175,75	219,05	238,65

Resistencia a la Compresión

MEZCLA R

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	01/12/2014		05/12/2014		12/12/2014		26/12/2014	
	Días 3		Días 7		Días 14		Días 28	
Resistencia 210 kg/cm ²	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	3,76	3,76	3,76	3,79	3,76	3,75	3,77	3,79
Carga (kg-f)	7149,72	7276,94	11707,85	11214,05	16908,1	16999,78	21033,51	22165,6
Resistencia (kg/cm ²)	91,06	93,82	149,11	142,82	215,34	219,23	267,88	282,31



Resistencia a la Compresión

MEZCLA S

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	04/12/2014		08/12/2014		15/12/2014		29/12/2014	
	Días 3		Días 7		Días 14		Días 28	
Resistencia 210 kg/cm ²	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	3,81	3,87	3,82	3,72	3,77	3,78	3,80	3,76
Carga (kg-f)	8705,75	8831,95	15763,19	13073,26	18709,37	18816,79	24229,16	23158,15
Resistencia (kg/cm ²)	99,75	102,75	153,75	151,98	212,75	210,75	284,88	283,75

Resistencia a la Compresión

MEZCLA T

Norma técnica Ecuatoriana INEN 1573



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

	Fecha							
	05/12/2014		09/12/2014		16/12/2014		30/12/2014	
	Días 3		Días 7		Días 14		Días 28	
Resistencia 210 kg/cm ²	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 1	Cilindro 2
Peso (Kg)	3,77	3,77	3,79	3,69	3,79	3,78	3,82	3,82
Carga (kg-f)	9403,6	9387,04	17895,91	16385,22	22088,16	22288,87	27192,49	27628,14
Resistencia (kg/cm ²)	119,77	123,76	177,64	179,68	239,76	241,64	298,54	296,75



Anexo 5: FOTOGRAFIAS

Figura 1. Imagen de la Hormigonera de la UCEM –CEM Planta Industrial Guapán.



Fuente: Propia.

Figura 2. Imagen del almacenamiento de arena en el patio de la hormigonera.



Fuente: Propia.

Figura 3. Imagen del almacenamiento de grava en el patio de la hormigonera.



Fuente: Propia.

Figura 4. Imagen del almacenamiento de los aditivos.



Fuente: Propia.

Figura 5. Imagen de la determinación de la humedad de la arena (peso húmedo).Fuente: Propia.



Fuente: Propia.

Figura 6. Imagen de la determinación de la humedad de la arena (muestra secada).



Fuente: Propia.



Figura 7. Imagen de la determinación de humedad de la arena (peso seco).



Fuente: Propia.

Figura 9. Imagen de la concretora o mezcladora con capacidad de 50 l.



Fuente: Propia.

Figura 11. Imagen del equipo para el ensayo del asentamiento o revenimiento.



Fuente: Propia.

Figura 8. Imagen de la granulometría de la arena.



Fuente: Propia.

Figura 10. Imagen de una mezcla de hormigón en estado fresco.



Fuente: Propia.

Figura 12. Imagen de la colocación del hormigón fresco en el cono de Abrams.



Fuente: Propia



Figura 13. Imagen de compactación de la primera capa del hormigón fresco.



Fuente: Propia.

Figura 14. Imagen de la compactación de la tercera capa del hormigón fresco.



Fuente: Propia.

Figura 15. Imagen del enrazamiento de la superficie del hormigón fresco.



Fuente: Propia.

Figura 16. Imagen del levantamiento del cono de Abrams.



Fuente: Propia.

Figura 17. Imagen de la medición del asentamiento.



Fuente: Propia.

Figura 18. Imagen del control de temperatura del hormigón fresco.



Fuente: Propia.

Figura 19. Imagen de los moldes cilíndricos metálicos.



Fuente: Propia.

Figura 20. Imagen de la colocación del hormigón fresco dentro de los moldes.



Fuente: Propia.

Figura 21. Imagen de la compactación del hormigón fresco dentro del cilindro.



Fuente: Propia.

Figura 22. Imagen de los golpes al exterior del cilindro con un martillo normalizado.



Fuente: Propia.

Figura 23. Imagen del método de curado por inundación o inmersión.



Fuente: Propia.

Figura 24. Imagen de la maquina prensadora.



Fuente: Propia.

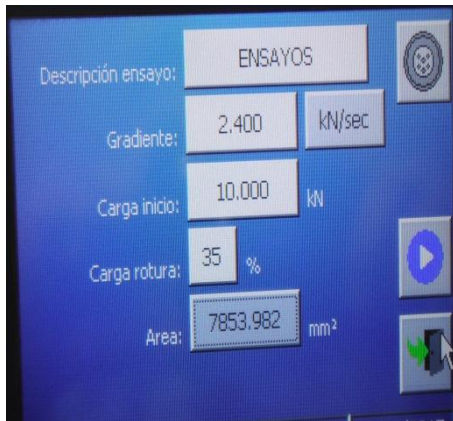


Figura 25. Imagen del programa de la maquina compresora.



Fuente: Propia.

Figura 27. Imagen de la configuración de los parámetros para un cilindro pequeño.



Fuente: Propia.

Figura 26. Imagen de la configuración de los parámetros para un cilindro grande.



Fuente: Propia.

Figura 28. Imagen de los camiones mixer de la planta hormigonera.



Fuente: Propia.