

# °UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

**TEMA:**

---

---

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN  
TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL  
CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO  
DEL AGREGADO GRUESO”**

---

---

**AUTOR:**

FÉLIX AGUSTÍN HERRERA MAZÓN

**TUTOR:**

Ing. M.Sc. SANTIAGO MEDINA

**Ambato-Ecuador**

**2016**

## CERTIFICACIÓN

YO, Ing. Mg. Santiago Medina certifico que el presente Informe Final Experimental **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO”** realizado por el señor Félix Agustín Herrera Mazón egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito

---

Ing. M.Sc. Santiago Medina

TUTOR

## **AUTORIA**

Yo, Félix Agustín Herrera Mazón, con CI. 180276812-5 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio del presente que el trabajo final con el tema:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO”** es de mi completa autoría.

---

Félix Agustín Herrera Mazón

AUTOR

## **APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES**

Los suscritos calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación sobre el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO”** del egresado Félix Agustín Herrera Mazón de la carrera de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman,

---

Ing. Mg. Patricio Navarro  
PROFESOR CALIFICADOR

---

Ing. Mg. Galo Núñez  
PROFESOR CALIFICADOR

## **DERECHOS DEL AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación bajo la Modalidad Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo de Titulación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor,

Ambato, 29 de Septiembre de 2016

Autor

---

Félix Agustín Herrera Mazón

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser el creador de la humanidad y todo lo que se encuentra a nuestro alrededor quien ha sido la guía y permitirme llegar a este punto de mi carrera.

A mi esposa y a mis hijos por darme la fortaleza y el apoyo incondicional para seguir cada día y forjando el núcleo familiar.

A mis padres que por ellos tengo la vida, un ejemplo a seguir, darme la formación e inculcarme el deseo de superación.

A todas las personas que estuvieron a lo largo de la carrera compartiendo con un granito de arena en inculcar vuestros conocimientos.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por despertarme cada día de mi vida y tener una familia maravillosa que me quiere y me da su apoyo incondicional.

A mi esposa y mis hijos por el apoyo incondicional en permitirme ser un profesional y culminar mi carrera.

A mis Padres por ser una guía y siempre inculcarme el deseo de superación.

Al Ing. Santiago Medina, Ing. Carlos Navarro e Ing. Galo Núñez por su asesoría y colaboración en la elaboración de este proyecto.

A todos quienes conforman la Facultad de Ingeniería Civil que dan parte de sus vidas en la formación académica y profesional.

## INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN .....	II
AUTORIA.....	III
APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES .....	IV
DERECHOS DEL AUTOR .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	XII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XII
<b>B. CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
ANTECEDENTES.....	1
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES .....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4 OBJETIVOS .....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	3
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>4</b>
<b>2 FUNDAMENTACIÓN .....</b>	<b>4</b>
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1.1 Hormigón .....	4
2.1.2 Palma Africana.....	20
2.2 Hipótesis .....	21
2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis.....	22
2.3.1 Variable independiente. ....	22
2.3.2 Variable dependiente.....	22



CAPÍTULO III.....	23
3 METODOLOGÍA .....	23
3.1 Nivel o tipo de investigación .....	23
3.2 Población y muestra (determinación y muestras a ensayar) .....	24
3.3 Operacionalización de variables .....	25
3.3.1 Variable Independiente .....	25
3.3.2 Variable Dependiente.....	26
3.4 Plan de recolección de información .....	27
3.5 Plan de procesamiento y análisis .....	28
3.5.1 Plan de procesamiento de la Información .....	28
3.5.2 Plan de Análisis.....	28
CAPÍTULO IV.....	29
4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	29
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS .....	29
4.1.1 Ensayos realizados a los componentes del hormigón .....	29
4.1.2 Obtención del cuesco de la palma africana .....	40
4.1.3 Dosificación del Hormigón.....	42
4.2 Análisis de Resultados .....	69
4.3 Verificación de Hipótesis.....	74
CAPÍTULO V .....	75
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
5.1 Conclusiones .....	75
5.2 Recomendaciones .....	76
C. MATERIALES DE REFERENCIA	
6 Bibliografía .....	77
7 Anexos.....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sustancias nocivas en el agua .....	6
Tabla 2. Valores del Módulo de elasticidad de los agregados .....	12
Tabla 3. Límites de granulometría de agregado grueso .....	13
Tabla 4. Límites de granulometría de agregado fino .....	14
Tabla 5. Ensayos respectivos para la densidad optima .....	17
Tabla 6. Resistencia a compresión del hormigón basada con la relación a/c .....	18
Tabla 7. Cantidad de pasta según el asentamiento requerido.....	19
Tabla 8. Asentamiento para varios tipos de construcción.....	19
Tabla 9. Operacionalización de la Variable Independiente .....	26
Tabla 10. Operacionalización de la Variable Dependiente.....	27
Tabla 11. Plan de recolección de información.....	27
Tabla 12. Granulometría del Agregado Grueso .....	30
Tabla 13. Granulometría del Agregado Fino .....	31
Tabla 14. Densidad aparente suelta de los agregados .....	33
Tabla 15. Densidad aparente compactada de los agregados .....	34
Tabla 16. Densidad aparente compactada de la mezcla.....	35
Tabla 17. Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Grueso.....	36
Tabla 18. Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino.....	37
Tabla 19. Densidad Real del Cemento.....	38
Tabla 20. Determinación del contenido de Humedad.....	39
Tabla 21. Determinación del contenido de Humedad.....	40
Tabla 22. Datos obtenidos de los ensayos.....	43
Tabla 23. Dosificación al peso para 1m <sup>3</sup> de hormigón de 210Kg/cm <sup>3</sup> .....	46
Tabla 24. Dosificación al peso para 45 Kg de hormigón de 210Kg/cm <sup>2</sup> .....	47
Tabla 25. Corrección por contenido de humedad para 45 Kg de hormigón de 210 Kg/cm <sup>2</sup> .....	48
Tabla 26. Dosificación definitiva al peso para 45 Kg de hormigón de 210Kg/cm <sup>3</sup> .....	48
Tabla 27. Corrección por contenido de humedad para 225 Kg de hormigón de 210Kg/cm <sup>2</sup> .....	49
Tabla 28. Volumen equivalente de ripio y cuesco .....	50
Tabla 29. Porcentajes para el agregado grueso .....	50

Tabla 30. Dosificación para 15 probetas de 210 Kg/cm <sup>2</sup> (0%) cuesco de palma africana..	51
Tabla 31. Dosificación para 15 probetas de 210 Kg/cm <sup>2</sup> (25% de cuesco y 75% de ripio).....	51
Tabla 32. Dosificación para 15 probetas de 210 Kg/cm <sup>2</sup> (50% de cuesco y 50% de ripio).....	52
Tabla 33. Dosificación para 15 probetas de 210 Kg/cm <sup>2</sup> (75% de cuesco y 25% de ripio).....	52
Tabla 34. Dosificación para 15 probetas de 210 Kg/cm <sup>2</sup> (100% de cuesco) .....	53
Tabla 35. Densidad del hormigón fresco para ensayar a los 7 días .....	54
Tabla 36. Propiedades del hormigón fresco.....	55
Tabla 37. Densidad del hormigón fresco para ensayar a los 14 días .....	56
Tabla 38. Propiedades del hormigón fresco.....	57
Tabla 39. Densidad del hormigón fresco para ensayar a los 21 días .....	58
Tabla 40. Propiedades del hormigón fresco.....	59
Tabla 41. Densidad del hormigón fresco para ensayar a los 28 días .....	60
Tabla 42. Propiedades del hormigón fresco.....	61
Tabla 43. Densidad del hormigón fresco para ensayar a los 56 días .....	62
Tabla 44. Propiedades del hormigón fresco.....	62
Tabla 45. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas de hormigón a los 7 días de edad .....	63
Tabla 46. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas de hormigón a los 14 días de edad .....	65
Tabla 47. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas de hormigón a los 21 días de edad .....	66
Tabla 48. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas de hormigón a los 28 días de edad .....	67
Tabla 49. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas de hormigón a los 56 días de edad .....	68
Tabla 50. Resumen de resistencia a compresión de las probetas .....	69
Tabla 51. Resumen de la densidad de las probetas .....	69

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Forma de las partículas de agregado pétreo .....	8
Ilustración 2. Curva tiempo vs resistencia .....	16
Ilustración 3. Desalojo del cuesco después del proceso de extracción .....	41
Ilustración 4. Acumulación del cuesco en área de acopio .....	41
Ilustración 5. RESISTENCIA COMPARATIVA A LOS 7 DIAS .....	70
Ilustración 6. RESISTENCIA COMPARATIVA A LOS 14 DIAS .....	70
Ilustración 7. RESISTENCIA COMPARATIVA A LOS 21 DIAS .....	71
Ilustración 8. RESISTENCIA COMPARATIVA A LOS 28 DIAS .....	71
Ilustración 9. RESISTENCIA COMPARATIVA A LOS 56 DIAS .....	72
Ilustración 10. DENSIDAD DEL HORMIGÓN A LOS 56 DIAS .....	73
Ilustración 11. DENSIDAD DEL HORMIGÓN A LOS 56 DIAS .....	74

## RESUMEN EJECUTIVO

**TEMA: “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO”**

AUTOR: Félix Agustín Herrera Mazón

TUTOR: Ing. M.Sc. Santiago Medina

FECHA: Agosto 2016

Este informe de investigación tiene como objetivo fundamental comparar los datos obtenidos de los cilindros de hormigón utilizando porcentajes de cuesco de la palma africana como material alternativo del agregado grueso.

Los materiales a ser utilizados para esta investigación fueron obtenidos de la cantera A & P constructores perteneciente a la provincia de Tungurahua y el cuesco de la palma africana provenientes de la Extractora Agrícola Rio Manzo Exa SA ubicado en la Independencia en la provincia de Santo Domingo, en primera instancia se realizaron los ensayos a los componentes del hormigón aplicando las normas establecidas en la NTE. INEN 694, se determinó la dosificación correspondiente al peso en la cual en el agregado grueso se realizó una equivalencia al volumen con el cuesco de la palma africana y obtener sus porcentajes en un 0%, 25%, 50%, 75% y 100% consecutivamente se procedió a la elaboración de las probetas cilíndricas de hormigón con  $f'c$  de 210kg/cm<sup>2</sup>, transcurrido el tiempo de curado a los 7, 14, 21, 28 y 56 días de edad fueron ensayados en un total de 75 probetas de las cuales 15 pertenecen a un hormigón tradicional o (0% de cuesco ) y compararlos con los cilindros de hormigón en sus diferentes porcentajes establecidos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se puede determinar que el peso específico del hormigón se reduce al incorporar el cuesco de la palma africana en sus diferentes porcentajes en el hormigón simple.

De la misma forma la resistencia se ve reducida a medida que se reemplaza en volumen equivalente el cuesco por el agregado grueso en sus diferentes porcentajes, obteniendo una resistencia menor con la del hormigón comparado en condiciones normales.

Por lo que la hipótesis queda verificada al demostrarse la influencia del cuesco en las propiedades del hormigón

## **CAPÍTULO I**

### **ANTECEDENTES**

#### **1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL**

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO.

#### **1.2 ANTECEDENTES**

El cuesco proviene de la planta palma africana perteneciente a la familia Arecaceae, originaria del Golfo de Guinea (áfrica Occidental) y actualmente se encuentra distribuido en las regiones tropicales de América y Asia. De su fruto se extrae aceite, el cual es una fuente natural de vitamina E, se lo utiliza como biocombustible, por lo que el aceite de la palma es considerado como el primer aceite más consumido del mundo. Se cultiva principalmente en las provincias de Esmeraldas, Los ríos, Pichincha, Santo Domingo, y las provincias Orientales de Sucumbíos y Orellana (MAGAP. 2013).

El cuesco o endocarpio de la palma africana, es la capa más interior del pericarpio, es una alternativa en la fabricación de bloques orientados a mejorar y proponer unidades constructivas convenientes a través de ajustes de mezcla. [1]

La investigación realizada por [2] se concluye que: El desecho de la palma africana (*Elaeis guineensis*) que después de realizar los ensayos pertinentes con dicho material es apto para la elaboración de bloques ya que supero al bloque tradicional (chasqui y cascajo) en lo referente al peso y resistencia.

Hay que mencionar que no hay mucha información disponible del cuesco de la palma africana como material de construcción dando lugar a este como punto central de investigaciones futuras.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En todo el mundo hace unas cuatro décadas se viene reciclando todo tipo desecho industrial que es una actividad netamente ambiental, en países como Austria se reciclan más del 60% de residuos municipales, en Bélgica casi un 90% , en América Latina un 9% .[3]

Prácticamente todas las actividades del ser humano repercuten sobre el medio ambiente, suponen un gasto de recursos, renovables y no renovables, provocan contaminación, generan algún tipo de residuos, pero se está viendo que los recursos pueden agotarse, y han aparecido una serie de problemas ambientales muy preocupantes que afectan a todo el planeta.[4]

En la actualidad los recursos renovables están teniendo su auge como materiales alternativos en la industria, existe una tendencia creciente por utilizar materiales de construcción no convencionales, buscando solucionar problemas de nuestras sociedades, especialmente las de bajos ingresos. Adicionalmente, las regulaciones en temas ambientales en nuestro país, son cada día más estrictas.

Las plantas procesadoras de aceite de palma africana están buscando solución a qué hacer o donde depositar el desecho diario de la producción, este desecho llamado Cuesco se produce en cantidades considerables cada día y los cultivadores tratan de dar solución a su problema, usándolo como material base en vías internas de las plantaciones donde se cultiva la palma, debido a su alta dureza y poco peso. [5]



En toda la zona centro, región costa y oriente tenemos grandes plantaciones de palma africana que es la materia prima de algunos productos como son: el aceite comestible, manteca, jabón y el cuesco que es el desecho, en el cual se enfocará ya que es un material duro y difícil de degradarse y por tal motivo existe en gran cantidad en las extractoras de aceite de nuestro país, y si puede ser utilizado en la industria de la construcción estamos aportando con el medio ambiente y generando un hormigón liviano, reciclado y económico.

El cuesco posee una alta resistencia, de hecho su desprendimiento en el racimo se da solo por el calentamiento en hornos y su trituración por altos procesos industrializados siendo este un material calificado para ser estudiado.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Comparar el peso y resistencia del Hormigón Tradicional con un Hormigón alivianado utilizando el cuesco de la palma africana como material alternativo del agregado grueso.

### **1.4.2 Objetivos Específicos:**

- Identificar el comportamiento del cuesco de la palma africana al realizar adiciones de este en diferentes porcentajes en el hormigón.
- Establecer la dosificación adecuada del cuesco en el hormigón.
- Identificar la aplicabilidad y usos de este nuevo hormigón.
- Determinar las características físicas y mecánicas del hormigón propuesto.

## **CAPÍTULO II**

### **2 FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

##### **2.1.1 Hormigón**

El hormigón ha sido y será un material idóneo para la construcción, que es una mezcla de cemento, agua y áridos como materiales principales además se puede adicionar materiales como cenizas volantes, puzolanas naturales, escoria de alto horno y polvo de sílice (hasta un 35% del peso del cemento), el objetivo de las adiciones es mejorar las propiedades del hormigón aunque en la práctica se emplea para abaratar costos; además puede añadirsele hasta un 5% de aditivos del peso del cemento para mejorar la trabajabilidad temporal del hormigón y permitir relaciones bajas de agua/cemento.[1]

##### **Características del hormigón**

Un buen hormigón viene dado por su durabilidad en relación al tiempo al que fue proyectado.

Las características del hormigón lo podemos dividir en dos grupos:

Hormigón fresco y hormigón endurecido.

### **Hormigón fresco.**

Es el hormigón que se encuentra en estado plástico, fácil de manipular, trabajar y transportar, estado en el cual se lo puede moldear, verter y compactar sin afectar el proceso de fraguado y endurecido.

### **Hormigón endurecido.**

Es el hormigón fresco que comienza a fraguar que es un proceso de hidratación en donde empieza a endurecerse y ganar resistencia.

### **Componentes del hormigón.**

El hormigón es una mezcla de cemento, agua, áridos que son los componentes principales:

#### **Cemento.**

Se define como cemento hidráulico al cemento que fragua y endurece por reacción química con agua y es capaz de hacerlo aún bajo el agua.

En cambio a los cementos portland se los define como un cemento hidráulico producido por pulverización del Clinker, que consiste esencialmente de silicatos cálcicos hidráulicos y que usualmente contiene uno o más de los siguientes elementos: sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso (NTE INEN 151). Las características y requisitos que deben cumplir los cementos portland se establecen en la norma NTE INEN 152. Así mismo, la NTE INEN 2380 establece los requisitos de desempeño que deben cumplir los cementos hidráulicos y clasifica a los cementos de acuerdo a sus propiedades específicas sin considerar restricciones sobre su composición o la de sus constituyentes. Esta norma establece los siguientes seis tipos de cementos:

- Tipo GU: Para construcción en general

- Tipo HE: Alta resistencia inicial
- Tipo MS: Moderada resistencia a los sulfatos
- Tipo HS: Alta resistencia a los sulfatos
- Tipo MH: Moderado calor de hidratación
- Tipo LH: Bajo calor de hidratación

Adicionalmente, esta norma indica que cuando no se especifica el tipo de cemento, se deducirá que el cemento a usar es el Tipo GU. Los cementos adicionados de la NTE INEN 2380 minimizan el impacto ambiental y reducen hasta un 35% las emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con los cementos portland. [6]

La densidad del cemento hidráulico está definida como la masa de un volumen unitario de los sólidos, está comprendida entre 2,9 y 3,15 gr/cm<sup>3</sup> , valor determinado mediante ensayos de laboratorio.

### **Agua.**

El agua que se utiliza sirve para generar una reacción química al cemento hidráulico, puede utilizarse el agua potable ya que en base a sus características químicas y físicas es apta para el consumo humano o que cumpla con los requisitos de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2617

**Tabla 1. Sustancias nocivas en el agua**

<b>SUSTANCIA NOCIVAS EN EL AGUA</b>	
Impurezas orgánicas	Hace más lento el fraguado
Aceite	Reduce la resistencia
Agua de mar	Acelera la corrosión de las armaduras y produce eflorescencia
Algas	Reduce la resistencia y afecta la adherencia
azúcar	Retarda el fraguado y Reduce la resistencia
Aguas de desperdicio industriales	Reduce la resistencia

Fuente: <http://www.lafarge.com.ec/guiahormigon.pdf>

El agua por lo general debe ser inodora, incolora e insípida libre de ácidos, aceites, glúcidos, álcalis, materias orgánicas, o cualquier sustancia que pueda producir circunstancias adversas en la resistencia y durabilidad del hormigón.

### **Áridos.**

Son partículas de roca inorgánicas de origen natural o artificial son de gran importancia ya que de estos dependerán de la docilidad del hormigón fresco y la resistencia del hormigón endurecido.

### **Clasificación de los Áridos.**

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

#### **Por su naturaleza:**

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino.

- a. El agregado fino, se define como aquel que pasa el tamiz #4 de (4,75mm) y queda retenido en el tamiz # 200 de (75µm), el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.
- b. El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz #4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

#### **Por su densidad:**

Se pueden clasificar en agregados:

**Ligeros.**-Con peso específico menores a 2,5 son de origen volcánico y se utilizan para rellenos, mampostería que pesa entre 400-2000 kg/m<sup>3</sup> .

**Normales.**-Con peso específico entre 2,5 – 2,75 provienen de rocas superficiales y se utilizan para hormigón de peso normal de 2300 – 2500 kg/m<sup>3</sup> .

**Pesados.**-Con pesos específicos mayores a 2.75 están constituidos de materiales de hierro se utilizan en contrapesos de hormigón entre 2900 - 3500 kg/m<sup>3</sup> .

**Por el origen, forma y textura superficial:**

Por naturaleza los agregados tienen la forma geométrica irregular compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angulares. En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

- Angular: Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- Sub angular: Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
- Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: Bordos casi eliminados.
- Muy Redondeada: Sin caras ni bordes[7]

**Ilustración 1 Forma de las partículas de agregado pétreo**



## **Propiedades físicas y mecánicas de los agregados**

Para obtener un buen hormigón es necesario que los materiales componentes de éste cumplan con las propiedades mínimas requeridas para alcanzar los parámetros de diseño del hormigón.

### **Propiedades físicas**

#### **Densidad de los agregados**

La particularidad de esta propiedad depende de la procedencia del material, su porosidad es importante para determinar la cantidad de agregado requerido. [10]

Tenemos que diferenciar la densidad del material en diferentes estados tanto los espacios vacíos entre partículas como los poros

#### **Densidad Aparente**

Es la relación entre la masa del agregado sólido para el volumen de las partículas del agregado incluyendo los vacíos entre las partículas y los poros permeables. [11]

$$D_{ap} = \frac{M_s}{V_{ap}}$$

#### **Densidad de Volumen en Estado Seco.**

Es la relación entre la masa del agregado sólido para el volumen del material sólido suprimiendo los vacíos que existen entre las partículas así como los poros permeables.

$$D_{ap} = \frac{M_s}{V_s}$$

### **Densidad de volumen en estado SSS**

Es la relación entre la masa del agregado sólido (SSS) para el volumen del material sólido incluyendo en los vacíos agua como también los poros permeables como impermeables pero la superficie libre de agua (SSS).

$$Dap = \frac{M_{SSS}}{V_{SSS}}$$

### **Porosidad**

Es la cantidad de huecos dentro de las partículas del agregado, cuantitativamente la porosidad se define como el espacio total ocupado por poros en un volumen determinado.

### **Peso volumétrico**

Es la relación entre el peso de las partículas sólidas para el volumen del material sólido, para determinar el peso específico de debe tomar el agregado en estado saturado superficie seca (SSS).

### **Contenido de Humedad**

Al contenido de humedad se la define como la cantidad de agua que contienen las partículas del agregado en un momento determinado.

Estados de humedad de los agregados:

**Seco al horno.** Las partículas del agregado no contienen nada de humedad ya que fueron secadas en el lapso de 24 horas a una temperatura de 110° C



**Seco al aire.** Las partículas de agregado secadas a temperatura ambiente tienen cierto grado de humedad.

**Saturado con superficie seca (SSS).** Los poros permeables de las partículas de material llenas de agua con la superficie exterior seca.

**Sobresaturado.** Los poros permeables de las partículas del material llenas de agua con humedad adherida en la cara de la superficie.

### **Capacidad de absorción.**

La capacidad de absorción generalmente se obtiene después de haber sumergido el material a una saturación de 24 horas luego de esto se procede a considerar los estados en las que se encuentra el material según el contenido de humedad de las partículas.

La capacidad de absorción es el incremento en la masa del agregado según se van llenando los poros hasta alcanzar un estado saturado con superficie seca.

$$D.C. \% = \frac{M_{sss} - M_{seca}}{M_{seca}} \times 100$$

### **Porcentaje de vacíos.**

El porcentaje de vacíos son los espacios que quedan entre las partículas del agregado viene expresado en porcentaje.

$$\% \text{ VACIOS} = \frac{D_{sss} - D_{\text{óptima}}}{D_{sss}}$$

### **Propiedades mecánicas**

Los materiales cuando están prestando servicio están sometidos a fuerza y cargas por lo que es necesario conocer las propiedades que mejor se adapten a nuestras exigencias

### **Resistencia a la compresión**

Se refiere a la capacidad máxima que tienen los materiales para resistir esfuerzos y cargas antes de llegar a su límite de ruptura.

### **Dureza**

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a su abrasión o al desgaste. La dureza de los materiales depende de su constitución y origen.

### **Tenacidad**

La tenacidad del material está asociada con la resistencia al impacto, con la flexión y su textura.

### **Módulo de elasticidad**

Está definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, se le considera como una medida de la resistencia del material a las deformaciones [13]

**Tabla 2. Valores del Módulo de elasticidad de los agregados**

<b>TIPO DE ROCA</b>	<b>MODULO ELASTICO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Granitos	610000
Areniscas	310000
Calizas	280000
Diabasas	860000
Gabro	860000

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados2.shtml>

## Propiedades de los agregados para diseñar la mezcla

Entre las propiedades que se utilizan para el diseño de las mezclas tenemos

- Granulometría
- Densidad real
- Capacidad de absorción
- Densidad aparente y compactada
- Contenido de humedad

Determinar estas propiedades requiere de ensayos de laboratorio basados en normas específicas como la INEN NTE, ASTM, etc.

## Granulometría de los agregados

Se lo realiza al agregado fino y al agregado grueso, su procedimiento está establecido según las normas NTE INEN 696, ASTM (C-136)

Tabla 3. Límites de granulometría de agregado grueso

Tamiz		Limite (% que pasa)	
ASTMC33	Abertura (mm)	Inferior	Superior
2"	50,8	100	100
1 1/2"	38	95	100
1"	25,4	-	-
3/4"	19,0	35	70
1/2"	12,5	-	-
3/8"	9,5	10	30
Nº 4	4,76	0	5

Fuente: ASTM C-33

### Tamaño nominal máximo del agregado grueso

Para determinar el TNM se busca en la tabla del análisis granulométrico del agregado grueso el primer valor anterior que represente el 15 % o más en la columna del % retenido acumulado.

Tabla 4. Límites de granulometría de agregado fino

Tamiz		Limite (%que pasa)	
ASTMC33	Abertura (mm)	Inferior	Superior
3/8"	9,50	100	100
Nº 4	4,75	95	100
Nº 8	2,38	80	100
Nº 16	1,19	50	85
Nº 30	0,6	25	60
Nº 40	0,30	10	30
Nº 100	0,15	2	10

Fuente: ASTM C-33

### Módulo de finura del agregado fino

Este parámetro nos da una idea del grosor o finura del agregado, se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices nombrados en la (Tabla N 3) y dividiéndole para 100.

El rango de módulo de finura de la arena es de 2,3 a 3,1; si el módulo de finura de la arena es de 2,3 se trata de una arena fina; si el modulo se encuentra entre 2,3 a 3,1 se trata de una arena mediana [14]

### **Densidad aparente suelta, compactada y densidad óptima**

Se lo realiza al agregado fino y al agregado grueso su procedimiento está establecido según las normas NTE INEN 858, ASTM (C-29)

### **Densidad de volumen en estado SSS y capacidad de absorción**

Se lo realiza al agregado fino y al agregado grueso su procedimiento está establecido según las normas NTE INEN 856, 857, 862; ASTM (C-127, C-128)

Contenido de humedad

Se lo realiza al agregado fino y al agregado grueso su procedimiento está establecido según las normas NTE INEN 856, ASTM (C-566)

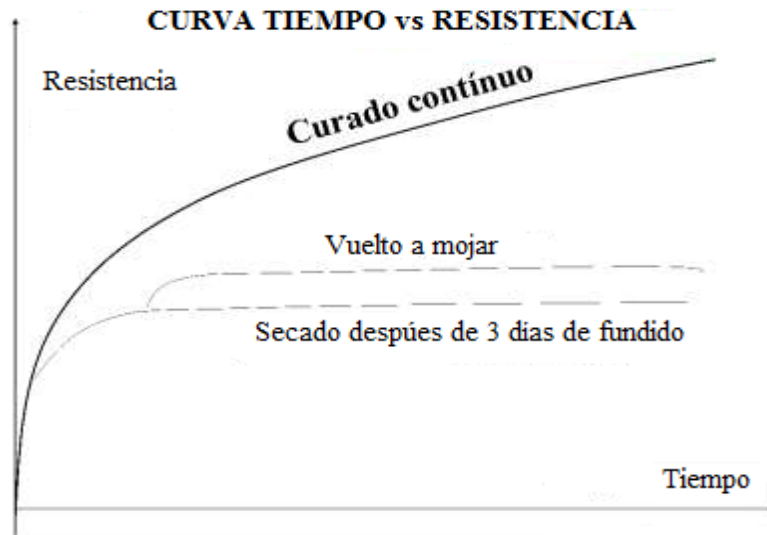
### **Pasta de cemento**

La función de la pasta de cemento es cubrir toda la superficie de los agregados, llenar todos los vacíos de entre las partículas

### **Curado del hormigón**

El fin del curado en el hormigón es mantener la temperatura y condiciones de humedad en la mezcla permitiendo la hidratación del cemento hidráulico y las reacciones puzolánicas por tanto será necesario proteger el hormigón durante el tiempo necesario para que adquiera la resistencias requeridas. [15]

Ilustración 2. Curva tiempo vs resistencia



Fuente: <http://www.lafarge.com.ec/Curado%20Del%20Hormigon.pdf>

### Dosificación del hormigón

Dosificar un hormigón consiste en encontrar la cantidad necesaria de agua, cemento, agregados que cuando se combinan se crea un hormigón de acuerdo al diseño previamente analizado.

Existen varios métodos de dosificación de los cuales describimos los más usuales y de aplicación en nuestro país es el Método ACI, y el Método de la densidad óptima de la Universidad Central del Ecuador.

### Método de la densidad óptima

Este método consiste en optimizar la cantidad de pasta mínima necesaria para la obtención de un hormigón de excelente calidad.

A continuación se lista el procedimiento a seguir y los ensayos que son necesarios en la aplicación de este método.

**Tabla 5. Ensayos respectivos para la densidad óptima**

Densidad real del cemento (DRC)
Densidad real de la arena (DRA)
Densidad real del ripio (DRR)
Densidad aparente de la arena suelta (DAA)
Densidad aparente del ripio suelta (DAR)
Densidad aparente de la arena compactada (DAA)
Densidad aparente del ripio compactada (DAR)
Porcentaje óptimo de la arena (POA)
Módulo de finura de la arena (MFA)
Porcentaje óptimo de ripio (POR)
Densidad óptima de la mezcla (DOM)
Capacidad de absorción de la arena (CAA)
Capacidad de absorción del ripio (CAA)
Contenido de humedad de la arena (CHA)
Contenido de humedad del ripio (CHR)

Fuente: S. Medina. Ensayo de Materiales II. Ambato, Ecuador, 2013, p. 26, 90

1. Seleccionar según la resistencia requerida la relación A/C

**Tabla 6. Resistencia a compresión del hormigón basada con la relación a/c**

<b>Resistencia a la compresión a los 28 días (MPa)</b>	<b>Relación agua/cemento (W/C)</b>
45	0,37
42	0,40
40	0,42
35	0,47
32	0,51
30	0,52
28	0,53
25	0,56
24	0,57
21	0,58
18	0,62
15	0,70

Fuente: GARZÓN M., “Seminario de Graduación, Investigación sobre el Modulo de Elasticidad del Hormigón”, Universidad Central del Ecuador, p.47, Quito (2010).

2. Calcular la densidad real de la mezcla (DMR) de acuerdo a la siguiente formula.

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

3. Calcular el porcentaje óptimo de vacíos (POV)



$$POV = \frac{DRM - DDOM}{DRM} * 100$$

#### 4. Cantidad de pasta en función del asentamiento

**Tabla 7. Cantidad de pasta según el asentamiento requerido**

Asentamiento (cm)	Cantidad de pasta
0-3	POV+2%+3%(POV)
3-6	POV+2%+6%(POV)
6-9	POV+2%+8%(POV)
9-12	POV+2%+11%(POV)
12-15	POV+2%+13%(POV)

Fuente: GARZÓN M., “Seminario de Graduación, Investigación sobre el Modulo de Elasticidad del Hormigón”, Universidad Central del Ecuador, p.47, Quito (2010).

Determinar el asentamiento mediante la tabla N. 8 para el requerimiento constructivo

**Tabla 8. Asentamiento para varios tipos de construcción**

<b>TIPO DE CONSTRUCCION</b>	<b>ASENTAMIENTO MAXIMO (MM)</b>	<b>ASENTAMIENTO MINIMO (MM)</b>
Fundaciones, zapatas reforzadas y muros	80	20
Zapatas simples, caissons y muros de sobre estructura	80	20
Losa, vigas y paredes reforzadas	100	20
Columnas de edificios	100	20
Pavimentos	80	20

Construcción en masa	50	20
----------------------	----	----

Fuente: CAMANIERO R. (2006). Dosificación de Mezclas. UCE. Quito–Ecuador. Tabla N° 1.

Pág. 41.

5. Calculamos la cantidad de cemento por unidad de volumen.

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

6. Se obtiene la dosificación del agua.

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

7. Se calcula la cantidad de los agregados para un m<sup>3</sup>

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

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

### 2.1.2 Palma Africana.

La palma africana (Palma aceitera africana, Coroto de Guinea, Palmera Aabora, Palmera de Guinea) es una planta tropical propia de climas cálidos cuyo origen se ubica en la región occidental y central del continente africano, concretamente en el golfo de Guinea, de ahí su nombre científico *Elaeis guineensis* Jacq., donde ya se obtenía desde hace 5 milenios. A pesar de ello, fue a partir del siglo XV cuando su cultivo se extendió a otras regiones de África.

Su propagación a mínima escala se inició en el siglo XVI a través del tráfico de esclavos en navíos portugueses, siendo entonces cuando llegó a América, después de los viajes de Cristóbal Colón, concretamente a Brasil.

Actualmente existe una tendencia creciente por utilizar materiales de construcción no convencionales, buscando solucionar problemas de nuestras sociedades, especialmente las de bajos ingresos.

Por estas mismas características mecánicas de dureza, resistencia y bajo peso, se han usado el cuesco como material constitutivo de mezclas de concreto y de mortero en la fabricación de adoquines y bloques de mampostería. [8]

La fibra y el cuesco de la palma africana son materiales denominados como desechos, que actualmente son causales de contaminación ambiental debido a la falta de alternativas que conlleven al aprovechamiento en procesamientos industriales.

Inicialmente estos residuos eran tirados o arrojados en fuentes hídricas cercanas generando focos de procreación de insectos además de aumentar la cantidad de sólidos disueltos que dificultan la fotosíntesis y la vida acuática en especies como los peces.

### **Características del cuesco o pericarpio**

El cuesco posee una alta resistencia, de hecho su desprendimiento en el racimo se da solo por el calentamiento en hornos y su trituración por altos procesos industrializados. La razón principal de utilizar este tipo de agregado en la composición de la mezcla de concreto es que actúe como material de relleno haciendo más económica la mezcla y que proporcione su resistencia como elemento esencial a la compresión, además que controle el cambio volumétrico en el fraguado al pasar de un estado plástico a endurecido[9]

## **2.2 Hipótesis**

El cuesco de la palma africana como material alternativo en la elaboración de un hormigón alivianado influye en el peso y resistencia a la compresión del mismo.

## **2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis**

### **2.3.1 Variable independiente.**

Uso del cuesco de la palma africana como material alternativo del agregado grueso en el hormigón

### **2.3.2 Variable dependiente.**

Peso y resistencia del hormigón

## CAPÍTULO III

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Nivel o tipo de investigación

En fin de este proyecto investigativo es alivianar el peso del hormigón simple utilizando materiales alternativos de reciclaje y en la práctica sea un material idóneo y viable en los proyectos de la ingeniería, entre los niveles o tipos de investigación serán los siguientes:

Exploratorio, experimental y descriptiva

**Exploratorio.**- el tema de nuestra investigación es tratar de buscar nuevas alternativas, nuevos materiales de construcción sustentado con ensayos de laboratorio utilizando materiales del medio pertenecientes a la construcción y determinar la influencia en las propiedades mecánicas de nuestro hormigón alivianado.

**Experimental.**- Es muy práctica ya que es necesario realizar ensayos de laboratorio de los componentes del hormigón simple así como también de los materiales alternativos en sus diferentes porcentajes en la elaboración de los cilindros o probetas a ensayar cuyo resultado serán analizados

**Descriptiva.**- ya que la investigación realizada no cuenta con sustento teórico vamos ir describiendo una amplia información acerca del comportamiento del hormigón

propuesto en el cual el material alternativo tendrá diferentes porcentajes en la preparación de la mezcla y dar un mejor veredicto de confiabilidad del mismo para la utilización segura en el ámbito de la construcción.

### **3.2 Población y muestra (determinación y muestras a ensayar)**

Existe una sin número de canteras en la provincia de Tungurahua en la que estaremos llamándola como universo de la muestra que tienen a la venta material pétreo (árido fino, árido grueso) que es el material esencial para el hormigón tradicional, paralelamente nuestra muestra universo serán las extractoras de palma africana ubicadas en la provincia de Santo Domingo de los Thachilas por ser la más cercana a nuestra provincia.

Para la elaboración de las probetas de hormigón se realizará bajo la norma ASTM C192, a edades de 7, 14, 21, 28 y 56 días.

100% agregado grueso – 0% cuesco – 3 probetas (7, 14, 21, 28 y 56 días)  
75% agregado grueso – 25% cuesco – 3 probetas (7, 14, 21, 28 y 56 días)  
50% agregado grueso \_ 50 % cuesco – 3 probetas (7, 14, 21, 28 y 56 días)  
25 % agregado grueso – 75% cuesco – 3 probetas (7, 14, 21, 28 y 56 días)  
0% agregado grueso – 100% cuesco – 3 probetas (7, 14, 21, 28 y 56 días)

En total 75 muestras que permitirá determinar la influencia del cuesco en el peso y resistencia en el hormigón en sus distintos porcentajes.

### 3.3 Operacionalización de variables

#### 3.3.1 Variable Independiente

Uso del cuesco de la palma africana como material alternativo del agregado grueso en el Hormigón

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
El hormigón alivianado utilizando el cuesco de la palma africana (en porcentajes) como material alternativo del agregado grueso es una mezcla de agua, cemento, arena y ripio con el objeto de analizar el peso y resistencia del mismo	Hormigón	Calidad del Hormigón	Cuáles son las cualidades de un buen hormigón	Investigación bibliográfica Normas INEN,ASTM
		Tipos de Hormigón	Que tipos de o Hormigón se pueden elaborar	Investigación de laboratorio y experimental
	Cuesco de la palma africana	Cuáles son las características del cuesco de la palma africana	Cuáles son las características del cuesco de la palma africana	Investigación bibliográfica Normas INEN,ASTM
		Cantidad de cuesco	Que beneficio seria en	Investigación de

		introducido en la mezcla del hormigón	incluir cusco de la palma africana	laboratorio y experimental
--	--	---------------------------------------	------------------------------------	----------------------------

Tabla 9. Operacionalización de la Variable Independiente

### 3.3.2 Variable Dependiente

#### Peso y resistencia a compresión del Hormigón

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
La resistencia a la compresión de una probeta de hormigón es la carga axial de compresión máxima alcanzada por la sección de hormigón antes de la falla	Hormigón Fresco	Trabajabilidad	Que afecta directamente en la trabajabilidad del hormigón	Investigación Bibliográfica Normas INEN ASTM
		Uniformidad	Que hacer para una distribución del cusco en el hormigón	Investigación Bibliográfica Normas INEN ASTM
	Hormigón Endurecido	Resistencia	Como afecta el cusco en la resistencia del hormigón	Investigación Bibliográfica Normas INEN ASTM
		Peso	Que beneficio se obtendría en la incorporación	Investigación Bibliográfica Normas INEN ASTM



			del cuesco	
--	--	--	------------	--

**Tabla 10. Operacionalización de la Variable Dependiente**

### 3.4 Plan de recolección de información

**Tabla 11. Plan de recolección de información**

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	- Obtener un hormigón alivianado con el cuesco de la palma africana como material alternativo del agregado grueso
2. ¿De qué personas u objeto?	- Canteras en la ciudad de Ambato - Extractoras de Aceite de la palma africana en Santo Domingo
3. ¿Sobre qué aspectos?	- Alivianado del Hormigón. - Peso y Resistencia en la influencia del hormigón
4. ¿Quién?	- Félix Herrera M.
5. ¿Dónde?	- Universidad Técnica de Ambato (Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos perteneciente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica)
6. ¿Cómo?	- Investigación bibliográfica - Recolección de materiales en el campo - Ensayos de laboratorio
7. ¿Con que?	- Herramienta menor - Moldes - Máquina de Compresión - Cámara de curado

### **3.5 Plan de procesamiento y análisis**

#### **3.5.1 Plan de procesamiento de la Información**

- Revisión crítica de la información recolectada
- Tabulación de los datos de acuerdo a la hipótesis
- Representación gráfica de los resultados obtenidos

#### **3.5.2 Plan de Análisis**

- Análisis e interpretación de resultados correlacionando con los objetivos y la hipótesis
- Verificación de la hipótesis

## **CAPÍTULO IV**

### **4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS**

Los datos fueron obtenidos a partir de ensayos del agregado grueso, agregado fino, mezcla de agregados, cemento así como la realización de los cilindros de hormigón tanto en su porcentaje de adiciones como a sus diferentes edades de 7, 14, 21, 28 y 56 días.

Los ensayos se realizaron de acuerdo a sus respectivas normas INEN, ASTM.

##### **4.1.1 Ensayos realizados a los componentes del hormigón**

Se describe a continuación los ensayos realizados

##### **Granulometría.**

Consiste en una distribución adecuada de las partículas donde exista menor porcentaje de vacíos.

Se realiza en ensayo de acuerdo a la Norma NTE INEN 696

El procedimiento consiste en colocar los tamices uno sobre el otro en forma descendente de mayor a menor en su calibración, colocar el material previamente

cuarteado, seguido de una operación de agitado, se procede a pesar en cada tamiz y se calcula el porcentaje comparándolo con las curvas ya establecidas.

**Tabla 12. Granulometría del Agregado Grueso**

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

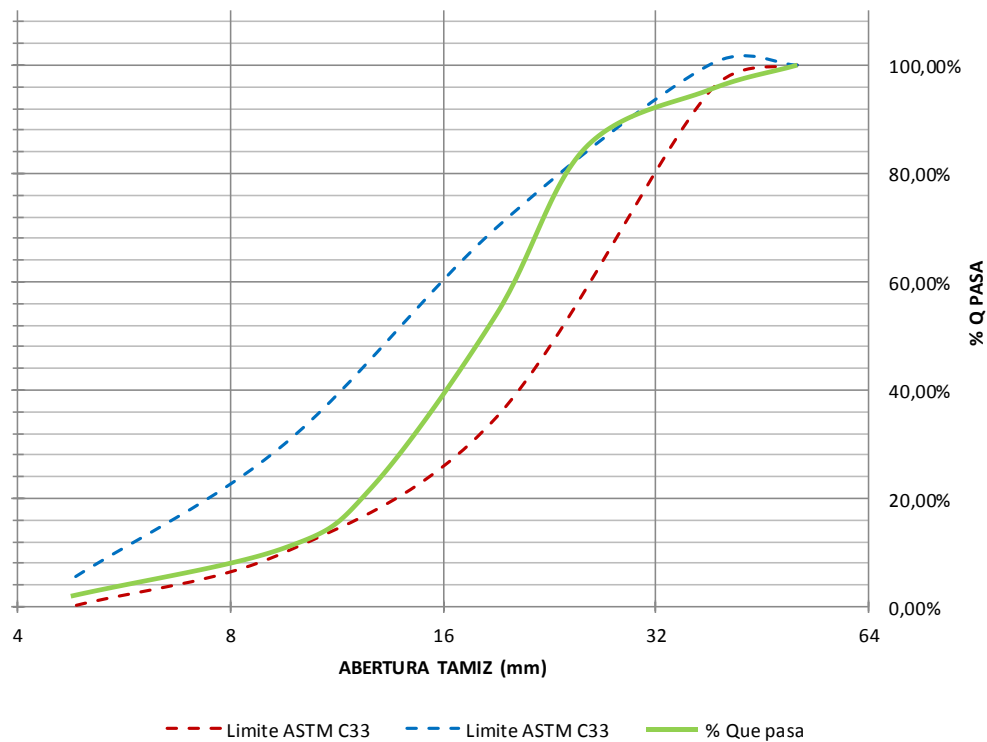
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO

**"ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO"**

**ORIGEN:** Planta de Trituración A&P constructores  
**PESO MUESTRA (gr):** 10000 **PÉRDIDA DE MUESTRA (%):** 0,13  
**ENSAYADO POR:** Félix Agustín Herrera Mazón **FECHA:** 06/Abr/2016  
**NORMA:** NTE INEN 696 **TNM:** 1 1/2

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites ASTM % que pasa
2"	50,8	0,0	0	0,00%	100,00%	100
1 1/2"	38,1	458,8	458,8	4,59%	95,41%	95 - 100
1"	25,4	1080,4	1539,2	15,39%	84,61%	-
3/4"	19,05	3058,4	4597,6	45,98%	54,02%	35 - 70
1/2"	12,7	3190,1	7787,7	77,88%	22,12%	-
3/8"	9,53	1128,4	8916,1	89,16%	10,84%	10 - 30
#4	4,75	890,4	9806,5	98,07%	1,94%	0 - 5
FUENTE		179,9	9986,4	99,86%	0,14%	-

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Tabla 13. Granulometría del Agregado Fino**

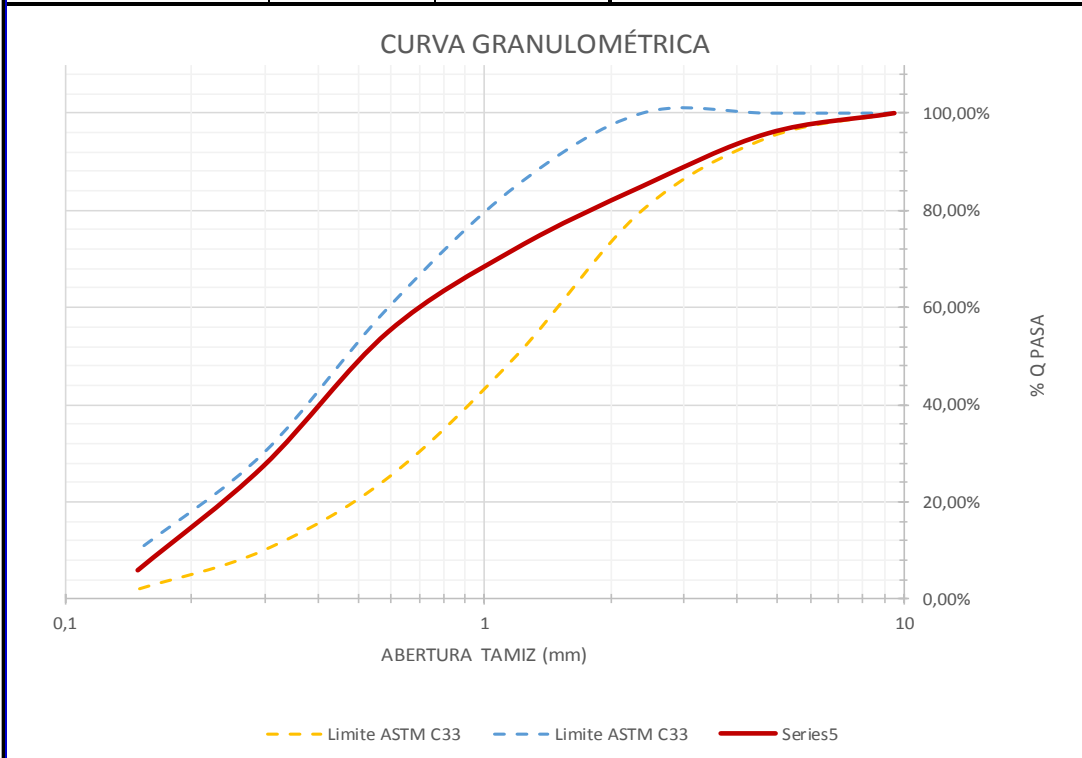
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO

**"ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO"**

**ORIGEN:** Planta de Trituración A&P Constructores  
**PESO MUESTRA (gr):** 700 **PÉRDIDA DE MUESTRA (%):** 0,013  
**ENSAYADO POR:** Félix Agustín Herrera Mazón **FECHA:** 06/Abr/2016  
**NORMA:** NTE INEN 696

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites ASTM % que pasa
3/8	9,5	0,0	0	0,00%	100,00%	100
#4	4,76	28,9	28,9	4,13%	95,87%	95-100
#8	2,38	76,4	105,3	15,04%	84,96%	80-100
#16	1,19	89,6	194,9	27,84%	72,16%	50-85
#30	0,59	120,0	314,9	44,99%	55,01%	25-60
#50	0,297	193,6	508,5	72,64%	27,36%	10-30
#100	0,149	150,0	658,5	94,07%	5,93%	2-10
#200	0,075	20,9	679,4	97,06%	2,94%	-
FUENTE		19,3	698,7	99,81%	-	-
<b>MÓDULO DE FINURA</b>				2,59%		



Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Densidad Aparente Suelta y Compactada de los agregados**

### Densidad Aparente Suelta

Es la relación de la masa de los agregados para el volumen ocupado sin ninguna clase de compactación.

### Densidad Aparente Compactada

Es la relación de la masa de los agregados para el volumen ocupado ajustándolo con una varilla de compactación.

Los ensayos se realizaron de acuerdo a la norma NTE INEN 858 (ASTM C-29); se calcula con la siguiente expresión.

$$D_{Asuel\ o\ comp} = \frac{M_{suel\ o\ comp}}{V_{rec}} = \frac{M_{rec} + M_{suel\ o\ comp} - M_{rec}}{V_{rec}}$$

**Tabla 14. Densidad aparente suelta de los agregados**

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA				
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL				
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGOÓ ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO				
DENSIDAD APARENTE SUELTA DE LOS AGREGADOS				
Origen:	Planta de Trituración A&P constructor	Masa del recipiente(Kg):	9,9	
Ensayado por:	Félix Agustín Herrera Mazón	men del recipiente(dm³):	20,29	
Fecha:				
Norma:	INEN 858			
AGREGADO	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (Kg)	MASA DEL AGREGADO (Kg)	DENSIDAD APARENTE SUELTA (Kg/dm³)	DAGs (Kg/dm³)
FINO	42,50	32,60	1,607	1,609
	42,60	32,70	1,612	
GRUESO	37,71	27,81	1,371	1,388
	38,42	28,52	1,406	

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Tabla 15. Densidad aparente compactada de los agregados**

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA				
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL				
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO				
DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LOS AGREGADOS				
Origen:	Planta de Trituración A&P constructore		Masa del recipiente(Kg):	9,9
Ensayado por:	Félix Agustín Herrera Mazón		men del recipiente(dm³):	20,29
Fecha:				
Norma:	INEN 858			
AGREGADO	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (Kg)	MASA DEL AGREGADO (Kg)	DENSIDAD APARENTE SUELTA (Kg/dm³)	DAGs (Kg/dm³)
FINO	43,90	34,00	1,676	1,702
	44,97	35,07	1,728	
GRUESO	40,00	30,10	1,483	1,486
	40,10	30,20	1,488	

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón



**Tabla 16. Densidad aparente compactada de la mezcla**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA								
LABORATORIOS								
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO								
<i>"DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA"</i>								
<b>ORIGEN:</b>		Planta de Trituración A&P constructores						
<b>MASA RECIPIENTE (Kg):</b>		9,9						
<b>ENSAYADO POR:</b>		Félix Agustín Herrera Mazón				<b>FECHA:</b> 06/Abr/2016		
<b>VOLUMEN RECIPIENTE (dm<sup>3</sup>):</b>		20,29						
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 858:2010						
% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso unitario promedio
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100,00%	0,00%	40,00	0,00	0,00	40,00	30,10	1,48	1,49
					40,10	30,20	1,49	
90,00%	10,00%	40,00	4,44	4,44	42,90	33,00	1,63	1,62
					42,60	32,70	1,61	
80,00%	20,00%	40,00	10,00	5,56	44,50	34,60	1,71	1,71
					44,50	34,60	1,71	
70,00%	30,00%	40,00	17,14	7,14	46,50	36,60	1,80	1,80
					46,40	36,50	1,80	
60,00%	40,00%	40,00	26,67	9,53	47,50	37,60	1,85	1,85
					47,30	37,40	1,84	
50,00%	50,00%	40,00	40,00	13,33	47,30	37,40	1,84	1,84
					47,30	37,40	1,84	
40,00%	60,00%	40,00	60,00	20,00	47,20	37,30	1,84	1,84
					47,30	37,40	1,84	

Gráfico porcentaje óptimo vs. Densidad aparente

Densidad aparente promedio (kg/cm<sup>3</sup>)

Porcentaje óptimo de la mezcla %

—■ % MÁXIMO  
—■ % ÓPTIMO

<b>Porcentaje máximo de agregado fino (%)</b>	<b>42,00%</b>
<b>Porcentaje máximo de agregado grueso (%)</b>	<b>58,00%</b>
<b>Porcentaje óptimo de agregado fino (%)</b>	<b>38,00%</b>
<b>Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)</b>	<b>62,00%</b>
<b>Peso unitario máximo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,857</b>
<b>Peso unitario óptimo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,842</b>

**Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón**

Tabla 17. Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Grueso

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b>			
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO			
<b>"DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"</b>			
<b>ORIGEN:</b>	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores		
<b>ENSAYADO POR:</b>	Félix Agustín Herrera Mazón	<b>FECHA:</b>	07/Abr/2016
<b>NORMA:</b>			
<b>CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL</b>			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1200,00
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1063,00
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	3160,00
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	2270,70
DA	Densidad real del agua	gr/cm <sup>3</sup>	1,00
M5 = M3-M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	1960,00
M6 = M4-M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	1207,70
VR=(M5-M6)/DA	Volumen real de la muestra	cm <sup>3</sup>	752,30
DR=M5/VR	Densidad real	gr/cm <sup>3</sup>	2,61
<b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</b>			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M7	Masa del recipiente	gr	93,20    94,00
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	285,7    297,8
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	192,50    203,8
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	282,5    295,9
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	189,30    201,90
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	1,69    0,94
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	1,32

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 18. Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA INGENIERÍA CIVIL				
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO				
<i>"DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO"</i>				
<b>ORIGEN:</b>	Planta de Trituración A&P constructores			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Félix Agustín Herrera Mazón	<b>FECHA:</b>	07/Abr/2016	
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 856			
<i>CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL</i>				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	170,00	
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	393,00	
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	789,00	
M4=M3-M2	Masa agua añadida	gr	392,80	
M5	Masa picnómetro + 500cc de agua	gr	642,30	
M6=M5-M1	Masa de 500cc de agua	gr	472,30	
DA=M6/500cm <sup>3</sup>	Densidad del agua	gr/cm <sup>3</sup>	0,94	
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	79,50	
Msss=M2-M1	Masa del agregado	gr	223,00	
Vsss=M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm <sup>3</sup>	84,16	
DRA=Msss/Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm <sup>3</sup>	2,65	
<i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</i>				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	30,90	31,00
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	170,80	168,10
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	139,90	137,10
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	167,60	165,80
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	136,70	134,80
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	2,34	1,71
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	2,02	

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 19. Densidad Real del Cemento

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
LABORATORIOS				
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO				
<i>"DENSIDAD REAL DEL CEMENTO"</i>				
<b>ORIGEN:</b>	Cemento (SELVALEGRE PLUS)			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Félix Agustín Herrera Mazón	<b>FECHA:</b>	07/Abr/2016	
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 156			
<i>CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL</i>				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	159,00	172,10
M2	Masa del picnómetro + muestra	gr	400,10	364,60
M3	Masa del picnómetro + muestra + gasolina	gr	707,00	684,90
M4=M3-M2	Masa gasolina añadida	gr	306,90	320,30
M5	Masa picnómetro + 500cc de gasolina	gr	527,70	541,50
M6=M5-M1	Masa de 500cc de gasolina	gr	368,70	369,40
DG=M6/500cm <sup>3</sup>	Densidad de la gasolina	gr/cm <sup>3</sup>	0,74	0,74
M7=M6-M4	Masa de la gasolina desalojada por la muestra	gr	61,80	49,10
M <sub>C</sub> =M2-M1	Masa del cemento	gr	241,10	192,50
V <sub>G</sub> =M7/DG	Volumen de la gasolina desalojada	cm <sup>3</sup>	83,81	66,46
DRC=M <sub>C</sub> /V <sub>G</sub>	Densidad real del cemento	gr/cm <sup>3</sup>	2,88	2,90
	Densidad real promedio	gr/cm <sup>3</sup>	2,89	

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

### Contenido de Humedad

El contenido de agua en la masa del suelo (W %) es la relación existente entre el peso del agua contenida en la muestra en estado natural y el peso de la muestra después de haber sido secada al horno durante 18 a 24 horas

Este ensayo se realizó un día antes de la elaboración de la mezcla.

Tabla 20. Determinación del contenido de Humedad

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b>				
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO				
<b><i>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</i></b>				
<b>ORIGEN:</b>	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Félix Agustín Herrera Mazón	<b>FECHA:</b>	07/Abr/2016	
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 862 (ASTM C-566)	<b>Ensayo:</b>	Prueba	
<i>W%</i>				
TIPO DE SUELO	ARENA		GRAVA	
	1	2	1	2
Muestras				
Masa del recipiente + suelo SSS	152,80	148,20	153,90	153,20
Masa de la muestra seca + recipiente	151,60	145,70	152,40	152,40
Peso del agua	1,20	2,50	1,50	0,80
Peso del recipiente	31,40	31,40	31,40	31,40
Peso de muestra seca	119,20	118,10	119,30	122,60
Contenido de humedad	1,01	2,12	1,26	0,65
Contenido promedio de W %	1,56		0,95	

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 21. Determinación del contenido de Humedad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA INGENIERÍA CIVIL				
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO				
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
<b>ORIGEN:</b>	Planta de Trituración de Áridos A & P Constructores			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Félix Agustín Herrera Mazón	<b>FECHA:</b>	03/May/2016	
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 862 (ASTM C-566)	<b>Ensayo:</b>	Definitivo	
<i>W%</i>				
TIPO DE SUELO	ARENA		GRAVA	
Muestras	1	2	1	2
Masa del recipiente + suelo SSS	151,40	148,20	153,80	154,60
Masa de la muestra seca + recipiente	148,60	146,80	152,90	153,40
Peso del agua	2,80	1,40	0,90	1,20
Peso del recipiente	31,40	31,40	31,40	31,40
Peso de muestra seca	118,20	115,50	120,00	121,70
Contenido de humedad	2,37	1,21	0,75	0,99
Contenido promedio de W %	1,79		0,87	

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

#### 4.1.2 Obtención del cuesco de la palma africana

La obtención del cuesco es muy sencilla, después del proceso de extracción de la almendra en altos hornos el cuesco es depositado por bandas rotatorias a ser acumuladas en la parte exterior de la nave.

La cantidad de desecho (cuesco) que es almacenado en gran cantidad, hace que este material sea útil para esta investigación y darle un uso adecuado en el área de la construcción.

**Ilustración 3. Desalojo del cuesco después del proceso de extracción**



**Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón**

**Ilustración 4. Acumulación del cuesco en área de acopio**



**Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón**

### **4.1.3 Dosificación del Hormigón**

El hormigón se dosifica utilizando el método de la densidad óptima desarrollado en los laboratorios de la Universidad Central del Ecuador.

#### **Condiciones de diseño**

Realizados los ensayos antes mencionados se obtuvieron los siguientes resultados y los requerimientos necesarios que lo citamos a continuación:

- Resistencia a compresión a los 28 días de edad de 210 Kg/cm<sup>2</sup>
- Volumen para 1 m<sup>3</sup>
- Asentamiento de 8cm

#### **Dosificación**

Con los datos de la siguiente Tabla N. 19 se procede al diseño



Tabla 22. Datos obtenidos de los ensayos

Densidad real del cemento (DRC)	2,89 kg/dm <sup>3</sup>
Densidad real de la arena (DRA)	2,65
Densidad real del ripio (DRR)	2,61
Densidad aparente de la arena suelta (DAA)	1,609
Densidad aparente del ripio suelta (DAR)	1,388
Densidad aparente de la arena compactada (DAA)	1,702
Densidad aparente del ripio compactada (DAR)	1,486
Porcentaje óptimo de la arena (POA)	38
Módulo de finura de la arena (MFA)	2,59
Porcentaje óptimo de ripio (POR)	62
Densidad optima d la mezcla (DOM)	1,842
Capacidad de absorción de la arena (CAA)	2,02
Capacidad de absorción del ripio (CAA)	1,32
Contenido de humedad de la arena (CHA)	1,79
Contenido de humedad del ripio (CHR)	0,87

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

a) Determinación de la relación agua / cemento. En la Tabla N. 6 se busca para la resistencia de 210 Kg/cm<sup>3</sup>

b)

$$W / C = 0,58$$

c) Se calcula la densidad real de la mezcla (DRM) de acuerdo a la formula.

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

$$DRM = \frac{2,65\text{Kg/dm}^3 * 0,38 + 2,61\text{Kg/dm}^3 * 0,62}{100}$$

$$DRM = 2,6252 \text{ Kg/dm}^3$$

d) Se calcula el porcentaje óptimo de vacíos

$$POV = \frac{DRM - DOM}{DRM} * 100$$

$$POV = \frac{2,6252 - 1,842}{2,6252} * 100$$

$$POV = 29,83 \%$$

e) se calcula la cantidad de pasta que será necesaria para cubrir los vacíos

El asentamiento requerido para este ensayo es de 8 cm el mismo que lo ubicamos en la Tabla N.7 y escogemos la fórmula para cantidad de pasta requerida.

$$CP = POV + 2 \% + 8 \%POV$$

$$CP = 29,83 + 2 + 0,08(29,83)$$

$$CP = 34,22\%$$

Este valor lo multiplicamos por 1000 dm<sup>3</sup> por ser una unidad de volumen

$$CP = 0,3422 * 1000$$

$$CP = 342,2 \text{ dm}^3$$

Por lo tanto la cantidad de cemento.

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

$$C = \frac{342,2}{0,58 + \frac{1}{2,89}}$$

$$C = 369,54 \text{ Kg}$$

Cantidad de agua será.

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

$$W = 0,58 * 369,54$$

$$W = 214,33 \text{ lt}$$

Cantidad de arena será.

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

$$A = 1000 - 342,2 * 2,65 * \frac{38}{100}$$

$$A = 662,41 \text{ Kg}$$

Cantidad de ripio será.

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

$$R = 1000 - 342,2 * 2,61 * \frac{62}{100}$$

$$R = 1064,45 \text{ Kg}$$

La dosificación al peso para un hormigón de 210 Kg/cm<sup>2</sup> a 28 días de edad es

**Tabla 23. Dosificación al peso para 1m<sup>3</sup>de hormigón de 210Kg/cm<sup>2</sup>**

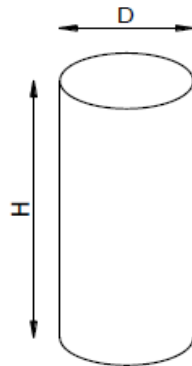
Material	Cantidad por cada m <sup>3</sup> de hormigón (Kg)	Dosificación al peso
W	214,33	0,58
C	369,54	1
A	662,41	1,79
R	1064,45	2,88
	2310,73	

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

### **Cálculo para mezcla de prueba**

Para el cálculo de prueba realizaremos la cantidad de hormigón para 3 cilindros.

**Gráfico N° 3** Esquema de cilindro de hormigón



Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

D= Ancho = 0,15 cm

H= Alto = 0,30 cm

Volumen del cilindro =  $V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H = 0,0053 \text{ cm}^3$

Peso del hormigón = 2310,73 Kg/ cm<sup>3</sup>

Peso para un cilindro= 0,0053\* 2310,73= 12,25 Kg

Por desperdicio vamos a tomar un valor de 15 Kg por cada cilindro de hormigón por lo tanto la cantidad total que se requiere para elaborar la mezcla de prueba es 45 Kg

$$\begin{aligned} W \quad C \quad A \quad R &= 45 \text{ Kg} \\ 0,58C + 1,00C + 1,79C + 2,88C &= 45\text{Kg} \\ 6,25C &= 45\text{Kg} \end{aligned}$$

$$C = 45 / 6,25 = 7,2 \text{ Kg}$$

$$W = 7,2 * 0,58 = 4,18 \text{ Kg}$$

$$A = 7,2 * 1,79 = 12,89 \text{ Kg}$$

$$R = 7,2 * 2,88 = 20,74 \text{ Kg}$$

Tabla 24. Dosificación al peso para 45 Kg de hormigón de 210Kg/cm<sup>2</sup>

MATERIAL	DOSIFICACIÓN PESO	CANTIDAD 45 Kg
W	0,58	4,18
C	1,00	7,2
A	1,79	12,89
R	2,88	20,74

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

### Corrección por contenido de humedad.

La norma NTE INEN 856 – 857 establece determinar el contenido de humedad un día antes de realizar el hormigón ya que las cantidades y dosificaciones anteriores están

calculadas en condiciones de humedad SSS y se necesita realizar las correcciones necesarias.

**Tabla 25. Corrección por contenido de humedad para 45 Kg de hormigón de 210 Kg/cm<sup>2</sup>**

MATERIAL	DOSIFICACIÓN PESO	CANTIDAD 45 Kg	C. A %	C.H %	CORRECCION (C.A – C.H)		CORRECCION PESO
					%	Kg	
W	0,58	4,18				0,14	4,32
C	1,00	7,2					7,2
A	1,79	12,89	2,02	1,56	0,46	0,06	12,83
R	2,88	20,74	1,32	0,95	0,37	0,08	20,66

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

### **Dosificación definitiva para un hormigón de 210 Kg/cm<sup>2</sup>**

Al ensayar las probetas cilíndricas de prueba se obtuvieron resultados consistentes de acuerdo al porcentaje establecido a los 7 días

**Tabla 26. Dosificación definitiva al peso para 45 Kg de hormigón de 210Kg/cm<sup>2</sup>**

ATERIAL	DOSIFICACION PESO (Definitiva)	CANTIDAD PESO
W	0,58	4,32
C	1	7,2
A	1,79	12,83
R	2,88	20,66

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Procedemos a realizar los ensayos definitivos partiendo de la mezcla del hormigón tradicional (100% agregado grueso y 0% de cuesco de la palma africana) 3 probetas para 7, 14, 21, 28, 56 días de edad que nos da un total de 15 probetas.

$$\begin{aligned} W \quad C \quad A \quad R &= 225 \text{ Kg} \\ 0,58C + 1,00C + 1,79C + 2,88C &= 225\text{Kg} \\ &6,25C = 225\text{Kg} \end{aligned}$$

$$C = 225 / 6,25 = 36 \text{ Kg}$$

$$W = 36 * 0,58 = 20,88 \text{ Kg}$$

$$A = 36 * 1,79 = 64,44 \text{ Kg}$$

$$R = 36 * 2,88 = 103,68 \text{ Kg}$$

### Corrección por contenido de humedad.

Tabla 27. Corrección por contenido de humedad para 225 Kg de hormigón de 210Kg/cm<sup>2</sup>

MATERIAL	DOSIFICACIÓN PESO	CANTIDAD 225 Kg por m3 de hormigón	C. A %	C.H %	CORRECCION (C.A – C.H)		CORRECCION PESO
					%	Kg	
W	0,58	20,88				0,62	21,5
C	1,00	36					36
A	1,79	64,44	2,02	1,79	0,23	0,15	64,29
R	2,88	103,68	1,32	0,87	0,45	0,47	103,21

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

El cuesco de la palma africana en un material de baja densidad en comparación al ripio por lo que no es recomendable la dosificación al peso sino al volumen

**Tabla 28. Volumen equivalente de ripio y cuesco**



Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

- Se realiza los cálculos correspondientes para el agregado grueso de la siguiente manera:
- La cantidad de ripio es de 103,21 Kg y la cantidad de cuesco en volumen equivalente es 40,61 Kg

**Tabla 29. Porcentajes para el agregado grueso**

Material MEZCLA	CUESCO %	RIPIO %	CUESCO Kg	RIPIO Kg
(100% solo ripio)	-	100	0	103,21
(25% de cuesco y 75% de ripio)	25	75	10,15	77,40
(50% de cuesco y 50% de ripio)	50	50	20,31	51,61
(75% de cuesco y 25% de ripio)	75	25	30,46	25,80
100% solo cuesco	100	-	40,61	0

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón



**Tabla 30. Dosificación para 15 probetas de 210 Kg/cm<sup>2</sup> (0%) cuesco de palma africana**

MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDADES PARA 225 Kg DE HORMIGÓN
W	0,58	21,5
C	1	36
A	1,79	64,29
R	2,88	103,21

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Tabla 31. Dosificación para 15 probetas de 210 Kg/cm<sup>2</sup> (25% de cuesco y 75% de ripio)**

MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDADES PARA 225 Kg DE HORMIGÓN
W	0,58	21,5
C	1	36
A	1,79	64,29
R	2,15	77,40
CUESCO	0,28	10,15

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Tabla 32. Dosificación para 15 probetas de 210 Kg/cm<sup>2</sup> (50% de cuesco y 50% de ripio)**

MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDADES PARA 225 Kg DE HORMIGÓN
W	0,58	21,5
C	1	36
A	1,79	64,29
R	1,43	51,61
CUESCO	0,56	20,31

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Tabla 33. Dosificación para 15 probetas de 210 Kg/cm<sup>2</sup> (75% de cuesco y 25% de ripio)**

MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDADES PARA 225 Kg DE HORMIGÓN
W	0,58	21,5
C	1	36
A	1,79	64,29
R	0,72	25,80
CUESCO	0,85	30,46

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Tabla 34. Dosificación para 15 probetas de 210 Kg/cm<sup>2</sup> (100% de cuesco)**

MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDADES PARA 225 Kg DE HORMIGÓN
W	0,58	21,5
C	1	36
A	1,79	64,29
R	0	0
CUESCO	1,13	40,61

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Con las dosificaciones indicadas se procede a la elaboración de las probetas.

Tabla 35. Densidad del hormigón fresco para ensayar a los 7 días

<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b></p>								
<p style="text-align: center;">ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO  UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO</p>								
<p style="text-align: center;"><b>DENSIDAD DEI HORMIGÓN FRESCO A LOS 7 DÍAS</b></p>								
<i>Elaborado por:</i>			Félix Agustín Herrera Mazón					
Fecha de elaboración			04-May-16					
N°	Cuesco	Ripio	Cilindro			Masa	Densidad	Densidad Promedio
	%	%	Ø (cm)	h(cm)	V(m³)	Kg	Kg/m³	Kg/m³
1	0	100	15,20	30,00	0,005444	12,524	2300,62	2303,39
2			15,00	30,10	0,005319	12,464	2343,25	
3			15,30	30,00	0,005516	12,500	2266,29	
4	25	75	15,00	30,00	0,005301	11,728	2212,23	2196,95
5			15,20	30,10	0,005462	12,073	2210,40	
6			15,30	30,00	0,005516	11,959	2168,21	
7	50	50	15,20	30,00	0,005444	11,302	2076,14	2079,16
8			15,10	30,20	0,005408	11,340	2096,83	
9			15,30	30,00	0,005516	11,387	2064,50	
10	75	25	15,20	30,30	0,005498	11,030	2006,12	2002,97
11			15,30	30,00	0,005516	10,878	1972,22	
12			15,00	30,00	0,005301	10,765	2030,58	
13	100	0	15,20	30,20	0,005480	10,414	1900,35	1897,43
14			15,10	30,10	0,005390	10,310	1912,71	
15			15,20	30,00	0,005444	10,230	1879,22	

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 36. Propiedades del hormigón fresco

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b>						
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO						
<b>PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO</b>						
<i>Elaborado por:</i>		Félix Agustín Herrera Mazón				
Fecha de elaboración		05-May-16				
N°	Cuesco	Ripio	Densidad Promedio	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA	HOMOGENEIDAD
	%	%	Kg/m³			
1	0	100	2303,39	BUENA	7,5	MUY BUENA
2						
3						
4	25	75	2196,95	MUY BUENA	7,4	MUY BUENA
5						
6						
7	50	50	2079,16	MUY BUENA	7,2	MUY BUENA
8						
9						
10	75	25	2002,97	MUY BUENA	7,2	MUY BUENA
11						
12						
13	100	0	1897,43	MUY BUENA	7,0	MUY BUENA
14						
15						

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 37. Densidad del hormigón fresco para ensayar a los 14 días

<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b></p>								
<p style="text-align: center;">ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO  UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO</p>								
<p style="text-align: center;"><b>DENSIDAD DEI HORMIGÓN FRESCO A LOS 14 DÍAS</b></p>								
<i>Elaborado por:</i>			Félix Agustín Herrera Mazón					
Fecha de elaboración			04-May-16					
N°	Cuesco	Ripio	Cilindro			Masa	Densidad	Densidad Promedio
	%	%	Ø (cm)	h(cm)	V(m³)	Kg	Kg/m³	Kg/m³
1	0	100	15,20	30,10	0,005462	12,515	2291,31	2309,90
2			15,10	30,10	0,005319	12,583	2365,54	
3			15,20	30,00	0,005516	12,536	2272,84	
4	25	75	15,00	30,00	0,005301	12,158	2293,41	2229,66
5			15,20	30,10	0,005462	12,142	2223,08	
6			15,30	30,20	0,005552	12,062	2172,48	
7	50	50	15,20	30,00	0,005444	11,302	2076,12	2090,03
8			15,00	30,10	0,005319	11,324	2128,95	
9			15,30	30,00	0,005516	11,390	2065,00	
10	75	25	15,20	30,20	0,005480	10,753	1962,30	1976,85
11			15,30	30,00	0,005516	10,737	1946,71	
12			15,00	30,00	0,005301	10,717	2021,55	
13	100	0	15,00	30,00	0,005444	10,420	1914,15	1915,47
14			15,10	30,10	0,005390	10,318	1914,22	
15			15,20	30,00	0,005444	10,441	1918,05	

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 38. Propiedades del hormigón fresco

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b>						
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO						
<b>PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO</b>						
<i>Elaborado por:</i>		Félix Agustín Herrera Mazón				
Fecha de elaboración		05-May-16				
N°	Cuesco	Ripio	Densidad Promedio	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA	HOMOGENEIDAD
	%	%	Kg/m <sup>3</sup>			
1	0	100	2309,90	BUENA	7,5	MUY BUENA
2						
3						
4	25	75	2229,66	MUY BUENA	7,4	MUY BUENA
5						
6						
7	50	50	2090,03	MUY BUENA	7,2	MUY BUENA
8						
9						
10	75	25	1976,85	MUY BUENA	7,2	MUY BUENA
11						
12						
13	100	0	1915,47	MUY BUENA	7,0	MUY BUENA
14						
15						

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 39. Densidad del hormigón fresco para ensayar a los 21 días

<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b></p>								
<p style="text-align: center;">ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO  UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO</p>								
<p style="text-align: center;"><b>DENSIDAD DEI HORMIGÓN FRESCO A LOS 21 DÍAS</b></p>								
<i>Elaborado por:</i>			Félix Agustín Herrera Mazón					
Fecha de elaboración			05-May-16					
N°	Cuesco	Ripio	Cilindro			Masa	Densidad	Densidad Promedio
	%	%	Ø (cm)	h(cm)	V(m³)	Kg	Kg/m³	Kg/m³
1	0	100	15,20	30,20	0,005480	12,542	2288,70	2336,90
2			15,10	30,00	0,005372	12,625	2349,99	
3			15,00	30,10	0,005319	12,617	2372,00	
4	25	75	15,00	30,20	0,005337	11,729	2197,79	2219,24
5			15,00	30,00	0,005301	11,882	2241,21	
6			15,10	30,10	0,005390	11,959	2218,70	
7	50	50	15,20	30,00	0,005444	11,302	2076,12	2117,82
8			15,00	30,00	0,005301	11,324	2136,05	
9			15,00	30,10	0,005319	11,390	2141,29	
10	75	25	15,10	30,30	0,005426	11,030	2032,81	2011,57
11			15,20	30,00	0,005444	10,878	1998,20	
12			15,10	30,00	0,005372	10,765	2003,70	
13	100	0	15,10	30,10	0,005390	10,414	1932,02	1931,40
14			15,00	30,20	0,005337	10,310	1931,89	
15			15,00	30,00	0,005301	10,233	1930,29	

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón



Tabla 40. Propiedades del hormigón fresco

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b>						
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO						
<b>PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO</b>						
<i>Elaborado por:</i>		Félix Agustín Herrera Mazón				
Fecha de elaboración		05-May-16				
N°	Cuesco	Ripio	Densidad Promedio	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA	HOMOGENEIDAD
	%	%	Kg/m <sup>3</sup>			
1	0	100	2336,90	BUENA	7,5	MUY BUENA
2						
3						
4	25	75	2219,24	MUY BUENA	7,4	MUY BUENA
5						
6						
7	50	50	2117,82	MUY BUENA	7,2	MUY BUENA
8						
9						
10	75	25	2011,57	MUY BUENA	7,2	MUY BUENA
11						
12						
13	100	0	1931,40	MUY BUENA	7,0	MUY BUENA
14						
15						

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 41. Densidad del hormigón fresco para ensayar a los 28 días

<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b></p>								
<p style="text-align: center;">ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO  UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO</p>								
<p style="text-align: center;"><b>DENSIDAD DEI HORMIGÓN FRESCO A LOS 28 DÍAS</b></p>								
<i>Elaborado por:</i>			Félix Agustín Herrera Mazón					
Fecha de elaboración			05-May-16					
N°	Cuesco	Ripio	Cilindro			Masa	Densidad	Densidad Promedio
	%	%	Ø (cm)	h(cm)	V(m³)	Kg	Kg/m³	Kg/m³
1	0	100	15,00	30,00	0,005301	12,743	2403,72	2354,52
2			15,00	30,10	0,005319	12,699	2387,38	
3			15,30	30,00	0,005516	12,534	2272,48	
4	25	75	15,00	30,00	0,005301	12,035	2270,17	2255,03
5			15,20	30,10	0,005462	12,128	2220,49	
6			15,00	30,20	0,005337	12,138	2274,44	
7	50	50	15,20	30,00	0,005444	11,514	2115,09	2142,25
8			15,10	30,00	0,005372	11,494	2139,43	
9			15,00	30,10	0,005319	11,554	2172,24	
10	75	25	15,20	30,20	0,005480	10,873	1984,04	2017,09
11			15,00	30,10	0,005319	10,920	2053,00	
12			15,10	30,00	0,005372	10,821	2014,23	
13	100	0	15,00	30,10	0,005319	10,346	1945,15	1955,72
14			15,00	30,00	0,005301	10,495	1979,63	
15			15,20	30,10	0,005462	10,609	1942,37	

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 42. Propiedades del hormigón fresco

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b>						
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO						
<b>PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO</b>						
<i>Elaborado por:</i>		Félix Agustín Herrera Mazón				
Fecha de elaboración		05-May-16				
N°	Cuesco	Ripio	Densidad Promedio	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA	HOMOGENEIDAD
	%	%	Kg/m <sup>3</sup>			
1	0	100	2354,52	BUENA	7,5	MUY BUENA
2						
3						
4	25	75	2255,03	MUY BUENA	7,4	MUY BUENA
5						
6						
7	50	50	2142,25	MUY BUENA	7,2	MUY BUENA
8						
9						
10	75	25	2017,09	MUY BUENA	7,2	MUY BUENA
11						
12						
13	100	0	1955,72	MUY BUENA	7,0	MUY BUENA
14						
15						

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 43. Densidad del hormigón fresco para ensayar a los 56 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA INGENIERÍA CIVIL								
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO								
DENSIDAD DEI HORMIGÓN FRESCO A LOS 56 DÍAS								
<i>Elaborado por:</i>			Félix Agustín Herrera Mazón					
Fecha de elaboración			05-May-16					
N°	Cuesco	Ripio	Cilindro			Masa	Densidad	Densidad Promedio
	%	%	Ø (cm)	h(cm)	V(m³)	Kg	Kg/m³	Kg/m³
1	0	100	15,10	30,00	0,005372	12,774	2377,82	2360,27
2			15,00	30,10	0,005319	12,714	2390,23	
3			15,30	30,00	0,005516	12,756	2312,76	
4	25	75	15,00	30,00	0,005301	11,961	2256,26	2257,74
5			15,20	30,20	0,005480	12,312	2246,68	
6			15,10	30,00	0,005372	12,197	2270,28	
7	50	50	15,00	30,10	0,005319	11,526	2166,93	2137,29
8			15,10	30,20	0,005408	11,575	2140,20	
9			15,30	30,00	0,005516	11,609	2104,74	
10	75	25	15,20	30,10	0,005462	11,250	2059,80	2069,92
11			15,00	30,00	0,005301	11,090	2091,85	
12			15,00	30,20	0,005337	10,984	2058,12	
13	100	0	15,10	30,00	0,005372	10,633	1979,26	1944,07
14			15,10	30,30	0,005426	10,502	1935,46	
15			15,20	30,00	0,005444	10,438	1917,49	

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 44. Propiedades del hormigón fresco

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL						
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO						
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO						
<i>Elaborado por:</i>			Félix Agustín Herrera Mazón			
Fecha de elaboración			05-May-16			
N°	Cuesco	Ripio	Densidad Promedio	TRABAJABILIDAD	CONSISTENCIA	HOMOGENEIDAD
	%	%	Kg/m³			
1	0	100	2360,27	BUENA	7,5	MUY BUENA
2						
3						
4	25	75	2257,74	MUY BUENA	7,4	MUY BUENA
5						
6						
7	50	50	2137,29	MUY BUENA	7,2	MUY BUENA
8						
9						
10	75	25	2069,92	MUY BUENA	7,2	MUY BUENA
11						
12						
13	100	0	1944,07	MUY BUENA	7,0	MUY BUENA
14						
15						

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 45. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas de hormigón a los 7 días de edad

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

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO

**ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD**

*Elaborado por:* Félix Agustín Herrera Mazón  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
*Fecha del ensayo:* 11-May-16

N°	Cuesco %	Ripio %	Cilindro			Masa Kg	Densidad Kg/m³	Densidad	Carga KN	Esfuerzo de Compresión Mpa	Esfuerzo	$f'c$ %
			Promedio Kg/m³	Promedio Kg/cm²								
			Ø (cm)	h(cm)	V(m³)							
1	0	100	15,20	30,00	0,005444	12,400	2277,84	2280,96	270,50	15,71	155,81	74,20
2			15,00	30,10	0,005319	12,341	2320,13		272,20	15,62		
3			15,30	30,00	0,005516	12,382	2244,90		265,80	14,51		
4	25	75	15,00	30,00	0,005301	11,613	2190,54	2175,26	279,10	15,80	158,70	75,57
5			15,20	30,10	0,005462	11,953	2188,43		276,90	15,67		
6			15,30	30,00	0,005516	11,841	2146,81		268,90	15,22		
7	50	50	15,20	30,00	0,005444	11,190	2055,57	2059,00	249,60	14,12	142,93	68,06
8			15,10	30,20	0,005408	11,235	2077,41		257,10	14,55		
9			15,30	30,00	0,005516	11,274	2044,01		236,50	13,38		
10	75	25	15,20	30,30	0,005498	10,921	1986,29	1983,11	236,50	13,39	128,04	60,97
11			15,30	30,00	0,005516	10,770	1952,64		216,60	12,26		
12			15,00	30,00	0,005301	10,658	2010,40		217,30	12,02		
13	100	0	15,20	30,20	0,005480	10,311	1881,55	1878,85	214,90	12,16	123,28	58,71
14			15,10	30,10	0,005390	10,208	1893,78		216,20	12,23		
15			15,20	30,00	0,005444	10,132	1861,22		210,00	11,88		

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 46. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas de hormigón a los 14 días de edad

<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b></p>												
<p style="text-align: center;">ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO</p>												
<p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD</b></p>												
<i>Elaborado por:</i>		Félix Agustín Herrera Mazón						$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
Fecha del ensayo:		18-May-16										
N°	Cuesco	Ripio	Cilindro			Masa	Densidad	Densidad Promedio	Carga	Esfuerzo de Compresión	Esfuerzo Promedio	f'c
	%	%	∅ (cm)	h(cm)	V(m³)	Kg	Kg/m³	Kg/m³	KN	Mpa	Kg/cm²	%
1	0	100	15,20	30,10	0,005462	12,391	2268,63	2287,03	297,4	16,83	171,18	81,51
2			15,10	30,10	0,005319	12,458	2342,12		291,9	16,52		
3			15,20	30,00	0,005516	12,412	2250,34		298,9	17,01		
4	25	75	15,00	30,00	0,005301	12,038	2270,70	2207,58	324,10	18,34	183,04	87,16
5			15,20	30,10	0,005462	12,022	2201,07		312,80	17,70		
6			15,30	30,20	0,005552	11,943	2150,97		314,80	17,81		
7	50	50	15,20	30,00	0,005444	11,190	2055,57	2069,33	271,40	15,36	149,32	71,11
8			15,00	30,10	0,005319	11,212	2107,87		264,60	14,98		
9			15,30	30,00	0,005516	11,277	2044,56		240,20	13,59		
10	75	25	15,20	30,20	0,005480	10,647	1942,87	1957,28	236,70	13,40	136,68	65,08
11			15,30	30,00	0,005516	10,631	1927,44		242,50	13,46		
12			15,00	30,00	0,005301	10,611	2001,53		230,10	13,35		
13	100	0	15,00	30,00	0,005444	10,317	1895,20	1896,51	222,90	12,61	127,50	60,71
14			15,10	30,10	0,005390	10,216	1895,27		220,60	12,48		
15			15,20	30,00	0,005444	10,338	1899,06		196,40	12,42		

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 47. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas de hormigón a los 21 días de edad

<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b></p>												
<p style="text-align: center;">ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO</p>												
<p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 21 DÍAS DE EDAD</b></p>												
<i>Elaborado por:</i>		Félix Agustín Herrera Mazón						$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
Fecha del ensayo:		26-May-16										
N°	Cuesco	Ripio	Cilindro			Masa	Densidad	Densidad Promedio	Carga	Esfuerzo de Compresión	Esfuerzo Promedio	f'c
	%	%	Ø (cm)	h(cm)	V(m³)	Kg	Kg/m³	Kg/m³	KN	Mpa	Kg/cm²	%
1	0	100	15,20	30,20	0,005480	12,418	2266,04	2313,76	302,96	18,90	196,47	93,56
2			15,10	30,00	0,005372	12,500	2326,72		326,93	19,10		
3			15,00	30,10	0,005319	12,492	2348,51		334,76	19,80		
4	25	75	15,00	30,20	0,005337	11,613	2176,03	2197,26	301,50	18,01	180,56	85,98
5			15,00	30,00	0,005301	11,764	2219,02		301,12	17,78		
6			15,10	30,10	0,005390	11,841	2196,74		298,10	17,33		
7	50	50	15,20	30,00	0,005444	11,190	2055,57	2096,85	271,40	15,36	152,72	72,72
8			15,00	30,00	0,005301	11,212	2114,90		264,60	14,98		
9			15,00	30,10	0,005319	11,277	2120,09		260,20	14,59		
10	75	25	15,10	30,30	0,005426	10,921	2012,69	1991,65	248,33	14,07	141,91	67,58
11			15,20	30,00	0,005444	10,770	1978,41		236,80	13,81		
12			15,10	30,00	0,005372	10,658	1983,86		237,85	13,87		
13	100	0	15,10	30,10	0,005390	10,311	1912,89	1912,28	224,90	13,16	130,08	61,94
14			15,00	30,20	0,005337	10,208	1912,76		216,20	12,23		
15			15,00	30,00	0,005301	10,132	1911,18		218,00	12,88		

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón



Tabla 48. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas de hormigón a los 28 días de edad

<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b></p>												
<p style="text-align: center;">ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO</p>												
<p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD</b></p>												
<i>Elaborado por:</i>		Félix Agustín Herrera Mazón						f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup>				
Fecha del ensayo:		02-Jun-16										
N°	Cuesco	Ripio	Cilindro			Masa	Densidad	Densidad Promedio	Carga	Esfuerzo de Compresión	Esfuerzo Promedio	f'c
	%	%	∅ (cm)	h(cm)	V(m³)	Kg	Kg/m³	Kg/m³	KN	Mpa	Kg/cm²	%
1	0	100	15,00	30,00	0,005301	12,617	2379,92	2331,21	392,00	21,35	211,80	100,86
2			15,00	30,10	0,005319	12,573	2363,74		364,70	20,64		
3			15,30	30,00	0,005516	12,410	2249,98		359,10	20,32		
4	25	75	15,00	30,00	0,005301	11,916	2247,69	2232,71	363,60	20,58	204,35	97,31
5			15,20	30,10	0,005462	12,008	2198,50		343,60	19,44		
6			15,00	30,20	0,005337	12,018	2251,92		350,10	20,10		
7	50	50	15,20	30,00	0,005444	11,400	2094,14	2121,04	290,00	15,80	161,73	77,01
8			15,10	30,00	0,005372	11,380	2118,25		286,70	15,78		
9			15,00	30,10	0,005319	11,440	2150,74		280,10	16,00		
10	75	25	15,20	30,20	0,005480	10,765	1964,40	1997,12	249,60	13,86	145,11	69,10
11			15,00	30,10	0,005319	10,812	2032,67		254,50	14,14		
12			15,10	30,00	0,005372	10,714	1994,28		254,80	14,69		
13	100	0	15,00	30,10	0,005319	10,244	1925,89	1936,35	230,90	13,06	133,79	63,71
14			15,00	30,00	0,005301	10,391	1960,03		230,80	13,06		
15			15,20	30,10	0,005462	10,504	1923,14		233,90	13,24		

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Tabla 49. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas de hormigón a los 56 días de edad

<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA CIVIL</b></p>												
<p style="text-align: center;">ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PESO Y RESISTENCIA DEL HORMIGÓN TRADICIONAL CON UN HORMIGÓN ALIVIANADO UTILIZANDO EL CUESCO DE LA PALMA AFRICANA COMO MATERIAL ALTERNATIVO DEL AGREGADO GRUESO</p>												
<p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 56 DÍAS DE EDAD</b></p>												
<i>Elaborado por:</i>		Félix Agustín Herrera Mazón						f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup>				
Fecha del ensayo:		30-Jun-16										
N°	Cuesco	Ripio	Cilindro			Masa	Densidad	Densidad Promedio	Carga	Esfuerzo de Compresión	Esfuerzo promedio	f'c
	%	%	∅ (cm)	h(cm)	V(m³)	Kg	Kg/m³	Kg/m³	KN	Mpa	Kg/cm²	%
1	0	100	15,10	30,00	0,005372	12,648	2354,27	2336,90	398,70	24,01	242,79	115,62
2			15,00	30,10	0,005319	12,588	2366,56		393,30	23,53		
3			15,30	30,00	0,005516	12,630	2289,86		394,00	23,89		
4	25	75	15,00	30,00	0,005301	11,843	2233,92	2235,39	392,50	23,46	233,28	111,09
5			15,20	30,20	0,005480	12,190	2224,43		389,50	22,19		
6			15,10	30,00	0,005372	12,076	2247,80		392,30	22,98		
7	50	50	15,00	30,10	0,005319	11,412	2145,47	2116,13	300,40	18,81	187,08	89,09
8			15,10	30,20	0,005408	11,460	2119,01		330,35	17,99		
9			15,30	30,00	0,005516	11,494	2083,90		300,42	18,24		
10	75	25	15,20	30,10	0,005462	11,139	2039,40	2049,43	298,40	15,80	166,44	79,26
11			15,00	30,00	0,005301	10,980	2071,14		290,40	16,42		
12			15,00	30,20	0,005337	10,875	2037,75		280,00	16,75		
13	100	0	15,10	30,00	0,005372	10,528	1959,66	1924,82	270,40	14,89	154,37	73,51
14			15,10	30,30	0,005426	10,398	1916,30		271,30	14,89		
15			15,20	30,00	0,005444	10,335	1898,51		274,40	15,64		

Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

## 4.2 Análisis de Resultados

A continuación se presenta el análisis de resultados

**Tabla 50. Resumen de resistencia a compresión de las probetas**

Días	0% Cuesco Kg/cm <sup>2</sup>	25% Cuesco + 75% Ripio Kg/cm <sup>2</sup>	50% Cuesco + 50% Ripio Kg/cm <sup>2</sup>	75% Cuesco + 25% Ripio Kg/cm <sup>2</sup>	100% Cuesco Kg/cm <sup>2</sup>
7	155,81	158,70	142,93	128,04	123,28
14	171,18	183,04	149,32	136,68	127,50
21	196,47	180,56	152,72	141,91	130,08
28	211,80	204,35	161,73	145,11	133,79
56	242,79	233,28	187,08	166,44	154,37

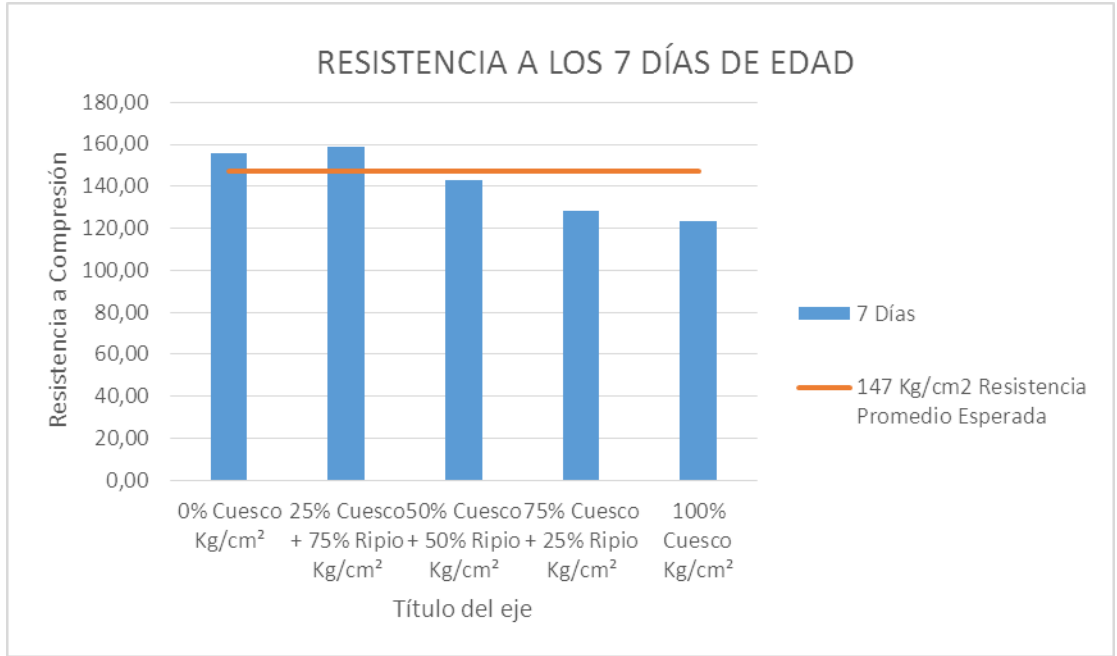
Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Tabla 51. Resumen de la densidad de las probetas**

Días	0% Cuesco Kg/cm <sup>2</sup>	25% Cuesco + 75% Ripio Kg/cm <sup>2</sup>	50% Cuesco + 50% Ripio Kg/cm <sup>2</sup>	75% Cuesco + 25% Ripio Kg/cm <sup>2</sup>	100% Cuesco Kg/cm <sup>2</sup>
7	2280,96	2175,26	2059,00	1983,11	1878,85
14	2287,03	2207,58	2069,33	1957,28	1896,51
21	2313,76	2197,26	2096,85	1991,65	1912,28
28	2331,21	2232,71	2121,04	1997,12	1936,35
56	2336,90	2235,39	2116,13	2049,43	1924,82

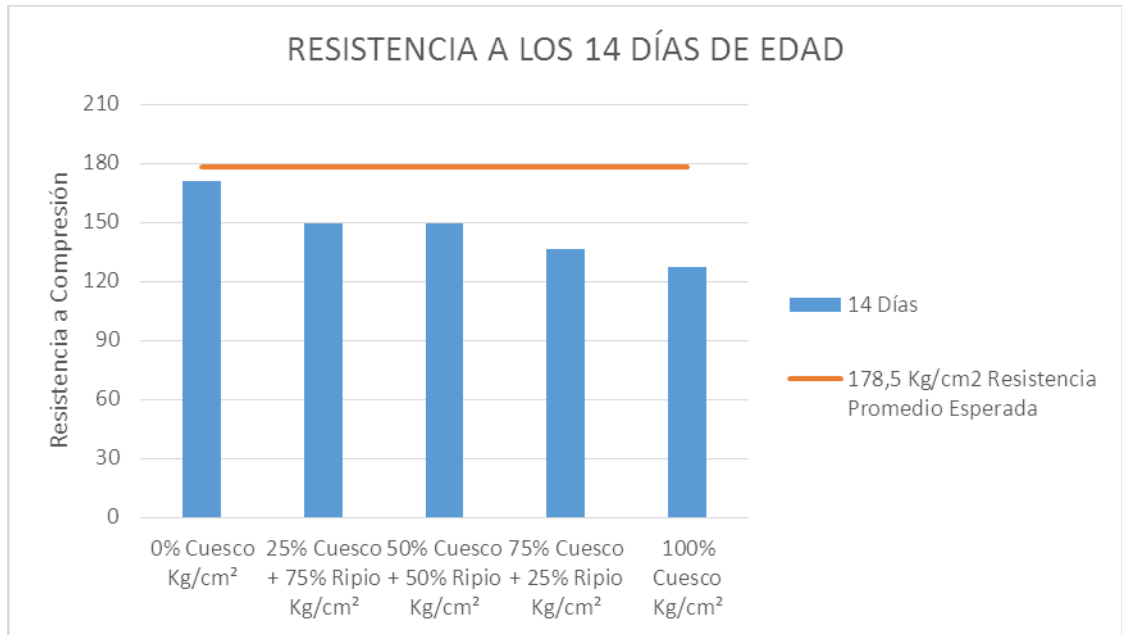
Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Ilustración 5. RESISTENCIA COMPARATIVA A LOS 7 DÍAS**



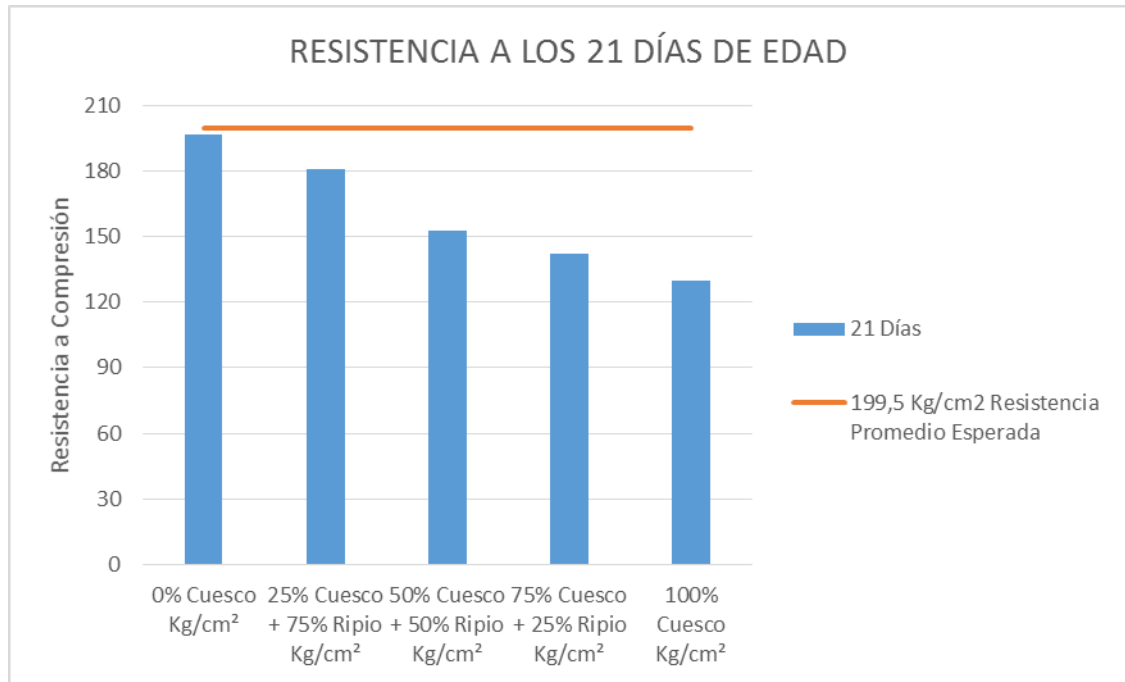
Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Ilustración 6. RESISTENCIA COMPARATIVA A LOS 14 DIAS**



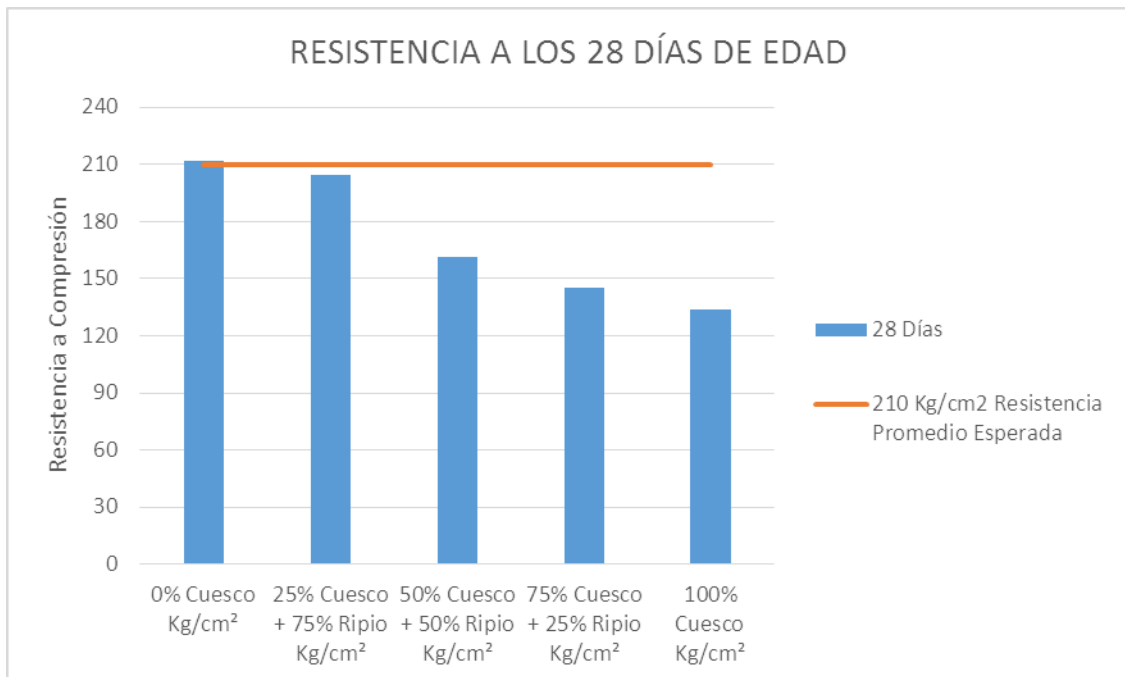
Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Ilustración 7. RESISTENCIA COMPARATIVA A LOS 21 DIAS**



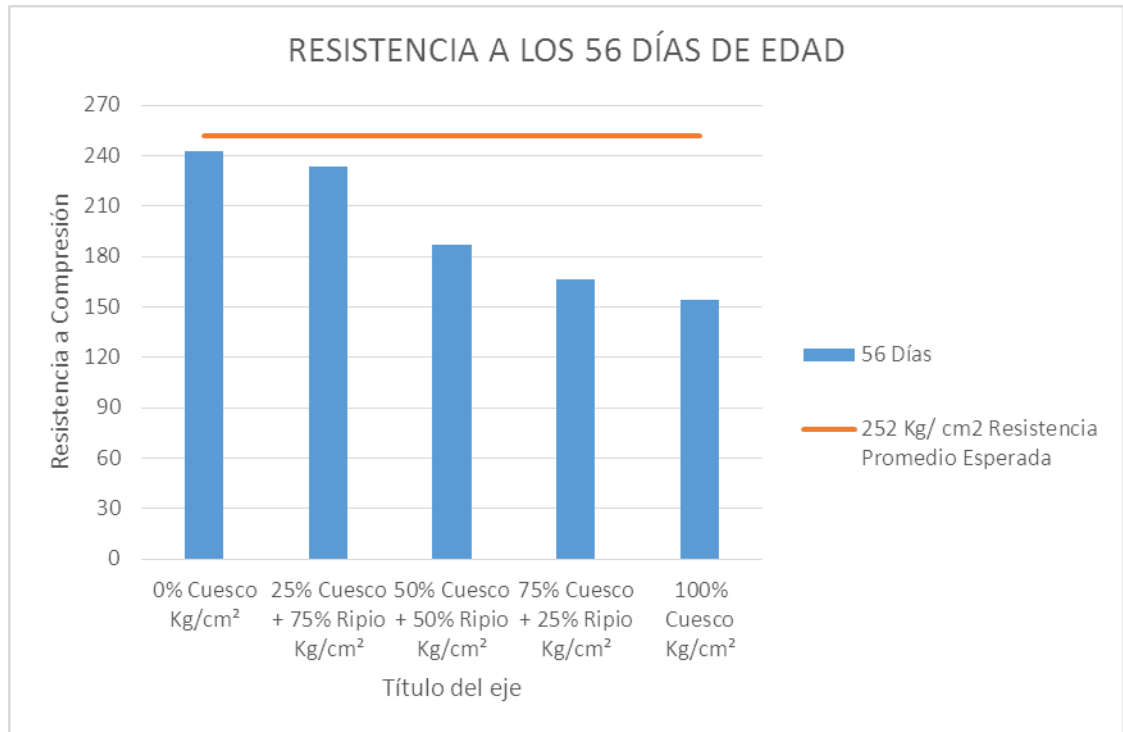
Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Ilustración 8. RESISTENCIA COMPARATIVA A LOS 28 DIAS**



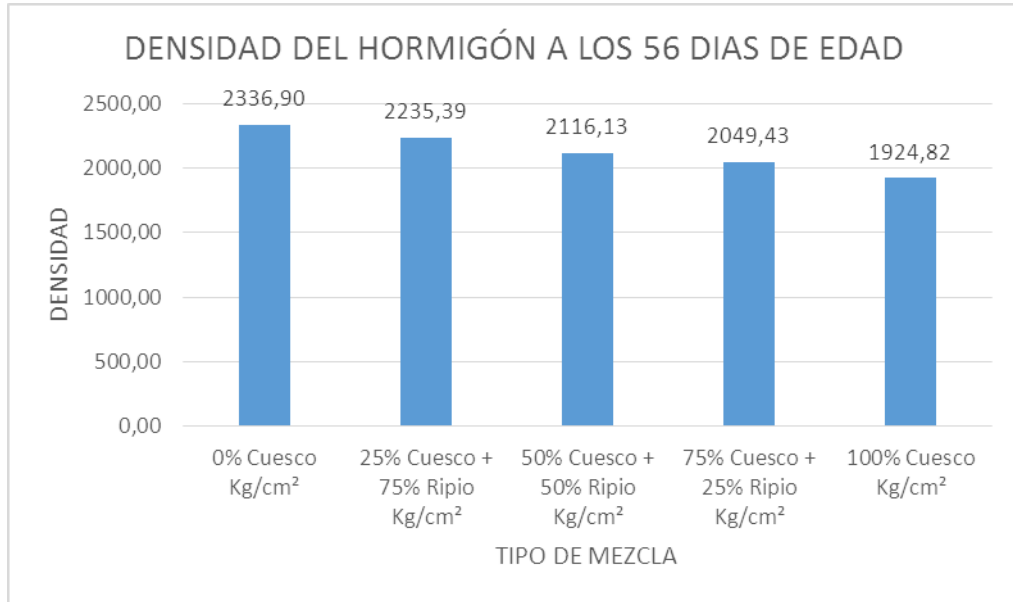
Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Ilustración 9. RESISTENCIA COMPARATIVA A LOS 56 DIAS**



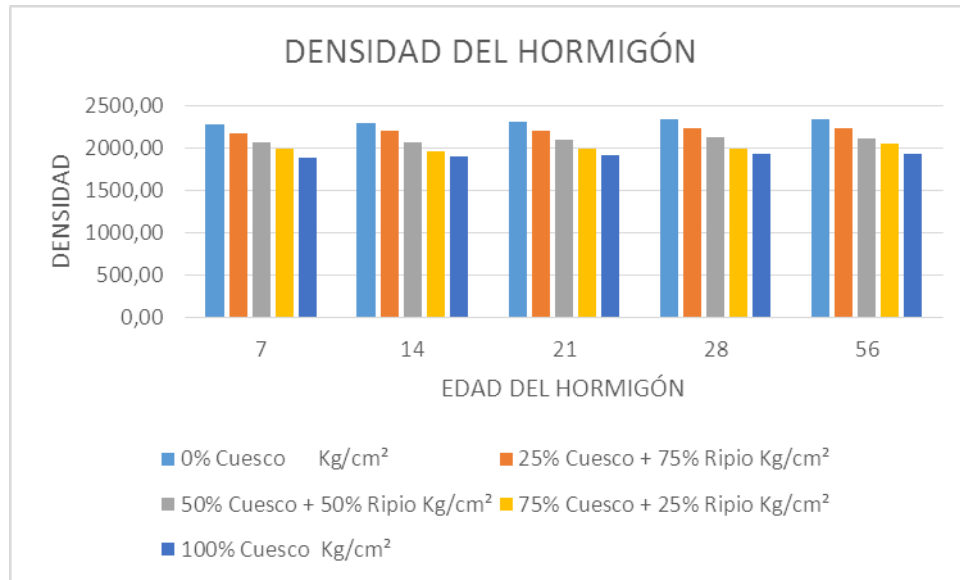
Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

**Ilustración 10. DENSIDAD DEL HORMIGÓN A LOS 56 DIAS**



Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

Ilustración 11. DENSIDAD DEL HORMIGÓN A LOS 56 DIAS



Fuente: Félix Agustín Herrera Mazón

### 4.3 Verificación de Hipótesis

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se puede determinar que el peso específico del hormigón se reduce al incorporar el cuesco de la palma africana en sus diferentes porcentajes en el hormigón simple.

De la misma forma la resistencia se ve reducida a medida que se reemplaza en volumen equivalente el cuesco por el agregado grueso en sus diferentes porcentajes, obteniendo una resistencia menor con la del hormigón comparado en condiciones normales.

Por lo que la hipótesis queda verificada al demostrarse la influencia del cuesco en las propiedades del hormigón.



## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

La trabajabilidad en la elaboración del hormigón mejora mientras mayor es el porcentaje de cuesco en la mezcla.

La mezcla 25% cuesco + 75% ripio a los 28 días de edad alcanza el 97,35% de la resistencia de diseño, y a los 56 días supera en 11% de la resistencia de diseño la mezcla más recomendable.

En las gráficas 5-9 se puede observar que mientras más se incorpora el porcentaje de cuesco en la mezcla menor es la resistencia a compresión y menor es su peso.

El cuesco de la palma africana en la incorporación en el hormigón en sus diferentes porcentajes alcanza mayor resistencia a los 56 días de edad.

Es posible realizar un hormigón estructural y ecológico como se demuestra en la mezcla 25% cuesco – 75% agregado grueso.

Si bien no se ha hecho prueba de desgaste en esta investigación, según [9] los resultados obtenidos fueron excelentes, las muestras ensayadas arrojaron un porcentaje de desgaste entre 11% y 12% porcentaje que comparado con el de un agregado grueso como lo es el canto rodado que posee un desgaste del 25%.

El costo del cuesco es inferior al agregado grueso por lo que al reemplazar al agregado grueso además de contribuir al medio ambiente puede reducir el costo del hormigón.

## **5.2 Recomendaciones**

El tiempo de mezcla en la elaboración del hormigón debe incrementarse para que se adhiera la pasta de cemento con el cuesco.

En la colocación de la mezcla en los cilindros la compactación del hormigón debería ser por vibrado ya que al tomar las muestras con varilla se observó que quedaban los huecos del varillado.

Se puede utilizar hormigón con el 100% de cuesco – 0% agregado grueso como hormigón alivianado en la elaboración de replantillos, veredas, patios, o que este dentro de un rango a compresión de  $150\text{Kg/cm}^2$  –  $160\text{Kg/cm}^2$

## C. MATERIALES DE REFERENCIA

### 6 Bibliografía.

[1].Montes Enrique Martin Luisa. Hormigón Armado y Pretensado. España: Grupo de Investigación TEP-190Ingeniería e Infraestructura Granada, 2007, pp. 45-46

[2]. Macías Mauro “Evaluación de Distintos Subproductos de Palma Aceitera (elaeis guineensis) En La Elaboración de Bloques de Construcción” Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, 2015

[3] Michelle Muños. “Residencia Estudiantil con Materiales Reciclables” Universidad San Francisco de Quito, Quito, 2011

[4] CUMBRE MUNDIAL SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE JOHANNESBURGO 2002[ONLINE. Disponible]en <http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/wssd.htm>

[5] Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009) “Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice” June 2-5, 2009, San Cristóbal, Venezuela [online. Disponible] en: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/good\\_practice\\_policy.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/good_practice_policy.pdf)

[6][http://www.holcim.com.ec/fileadmin/templates/EC/doc/certificado\\_de\\_productos/holcim\\_fuerte\\_tipo\\_gu\\_folleto.pdf](http://www.holcim.com.ec/fileadmin/templates/EC/doc/certificado_de_productos/holcim_fuerte_tipo_gu_folleto.pdf)

[7]<http://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados.shtml#ixzz44vMUddvd>

[8] Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009) "Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice" June 2-5, 2009, San Cristóbal, Venezuela.

[9] LACCEI, S. J. (2009). Uso del cuesco de la Palma Aceitera en la fabricación de Adoquines y Bloques de Mampostería. San Cristóbal Venezuela.

[10] <http://www.unalmed.edu.co/hormigón/archivos/laboratorio/agregado.pdf>

[11] <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/6653/capitulo2.pdf>

[12] Garzón M, Investigación sobre el módulo de Elasticidad del Hormigón, Quito, 2010. Pag. 11.

[13] <http://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados2.shtml>

[14] S. Medina. Ensayo de Materiales II. Ambato, Ecuador, 2013, p. 26, 90

[15] NTE INEN 694 Hormigón y Áridos para Elaborar Hormigón

## 2. ANEXOS

### 2.1 ANEXO FOTOGRAFICO



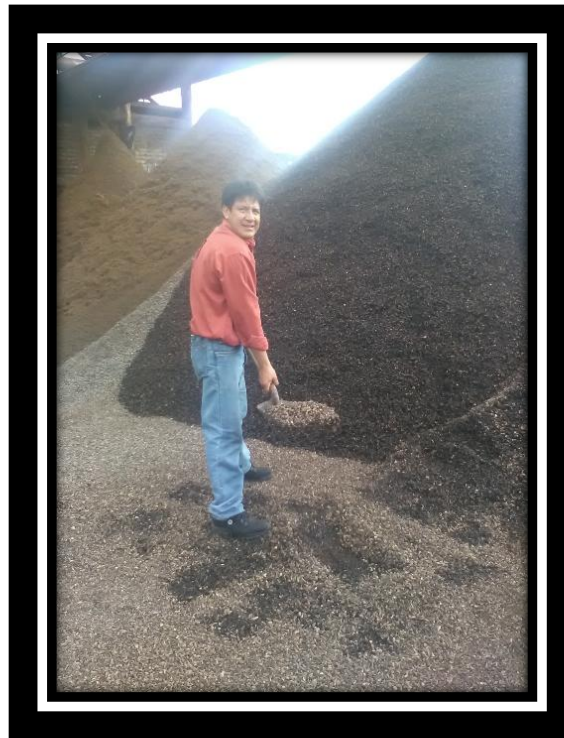
Densidad del cemento



Tamizado del agregado grueso



Cuesco de la Palma Africana



Recolección del cuesco



Recolección del cuesco



Mezcla de los componentes del hormigón



Cilindros de hormigón



Mezcla del hormigón





Curado del hormigón



Secado del hormigón



Cilindro de hormigón



Ensayo de compresión



Cilindros de hormigón



Fallas en los cilindros de hormigón después de ensayar



Falla después de la compresión

