



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**TEMA**

**LA ADHERENCIA DE LOS AGREGADOS EN LA FORMACIÓN DE  
LA PASTA HIDRATADA DE CEMENTO PORTLAND EN  
HORMIGONES SIMPLES.**

**TUTOR**

**ING. JAVIER ARECHE GARCÍA PHD**

**AUTORES**

**ROLDAN ROMANI FRANCO SEGURA**

**KEVIN JONATHAN MORA ONOFRE**

**GUAYAQUIL**

**2019**

<b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> La adherencia de los agregados en la formación de la pasta hidratada de cemento portland en hormigones simples.	
<b>AUTOR/ES:</b> Franco Segura Roldán Romaní Mora Onofre Kevin Jonathan	<b>REVISORES O TUTORES:</b> Areche García Javier
<b>INSTITUCIÓN:</b> Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	<b>Grado obtenido:</b> Ingeniero Civil
<b>FACULTAD:</b> INGENERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	<b>CARRERA:</b> INGENIERÍA CIVIL
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2019	<b>N. DE PAGS:</b> 89
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Hormigón, Cemento, Temperatura, Calidad, Materiales	
<b>RESUMEN:</b> Con el pasar de los años tener un hormigón de calidad se ha convertido en un inconveniente para ciertos constructores ya que se debe tomar buenas dosificaciones y un buen curado para obtenerlo, el Ecuador con sus diversos climas siendo la Costa, Sierra, Oriente y Región Insular nos ha demostrado que se deben realizar técnicas para el curado del hormigón ya que existe un prematuro secado debido a las temperaturas cálidas.  Para tener una excelente adherencia procederemos a realizar varias pruebas con diferentes materiales teniendo en cuenta los requisitos básicos que son la limpieza, dureza y durabilidad, además se debe tener en cuenta su naturaleza del producto a utilizar, esto determina en gran medida las propiedades de afinidad entre los agregados.	

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input checked="" type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Franco Segura Roldán Romaní Mora Onofre Kevin Jonathan	<b>Teléfono:</b> 0959006551 0982327104	<b>E-mail:</b> Ronaldfranco10@gmail.com ingkevinmora@gmail.com
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Ing. Mg. Alex Bolívar Salvatierra Espinoza Decano facultad ingeniería, industria y construcción <b>Teléfono:</b> 0992175083 <b>E-mail:</b> asalvatierrae@ulvr.edu.ec	

# CERTIFICADO DE SIMILITUDES



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS FRANCO - MORA urkum 21-3-2019.docx (D49465467)  
Submitted: 3/21/2019 6:28:00 PM  
Submitted By: jarecheg@ulvr.edu.ec  
Significance: 3 %

### Sources included in the report:

(TESIS 2018 ARMANDO CARVAJAL P..pdf (D40860662)  
BALLESTEROS TRABAJO DE GRADO FINAL UCSG.doc (D10289547)  
1424531813\_2015-02-09 Tesis (1).docx (D13317455)  
<https://docplayer.es/88996511-Caracterizacion-basica-y-evaluacion-de-adherencia-de-diferentes-fuentes-de-agregados-aluviales-estudiante-luis-fernando-mojica-herrera.html>  
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3369/1/110823.pdf>  
10d5f949-32da-4788-8de1-9c97740365a7  
1cc1e7c9-cbcb-47e1-826f-dfba7140f18a  
f357bc76-ead4-4df4-806e-f3dfb378c777

### Instances where selected sources appear:

13

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados ROLDÁN ROMANÍ FRANCO SEGURA, KEVIN JONATHAN MORA ONOFRE, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establece la normativa vigente.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar (La adherencia de los agregados en la formación de la pasta hidratada de cemento portland en hormigones simples.).

Autor(es)



Firma:

ROLDÁN ROMANÍ FRANCO SEGURA

CI. 0916407570



Firma:

KEVIN JONATHAN MORA ONOFRE

CI. 1207488550

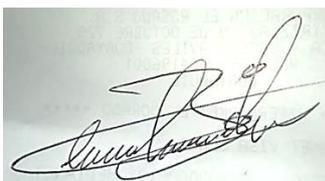
## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor(a) del Proyecto de Investigación LA ADHERENCIA DE LOS AGREGADOS EN LA FORMACIÓN DE LA PASTA HIDRATADA DE CEMENTO PORTLAND EN HORMIGONES SIMPLES, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “LA ADHERENCIA DE LOS AGREGADOS EN LA FORMACIÓN DE LA PASTA HIDRATADA DE CEMENTO PORTLAND EN HORMIGONES SIMPLES”, presentado por los estudiantes **ROLDÁN ROMANÍ FRANCO SEGURA Y KEVIN JONATHAN MORA ONOFRE** como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación

Firma:



JAVIER NICOLAS ARECHE GARCÍA

C.I. 0962174165

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero darle gracias a Dios por brindarme la oportunidad de terminar este proyecto de titulación, también a mi madre porque a pesar de la distancia siempre me está dando consejos para seguir adelante y deposita la entera confianza en mí y para terminar agradecerle al tutor por ser ese apoyo que en cada tutoría necesitaba para continuar con el proyecto.

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme culminar este proyecto de tesis, a mi tutor por guiarme y enseñarme todo lo necesario para realizar un buen proyecto ya que gracias a sus enseñanzas supe tomar las mejores decisiones dándome la seguridad y confianza que todo el esfuerzo entregado es bien recompensado.

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de titulación a mi esposa e hijos por ser quienes me apoyaron para seguir adelante desde el primer momento que me decidí por estudiar fueron esas energías que me hicieron tomar decisiones para superarme cada día.

Este proyecto de titulación quiero dedicarlo primero a Dios y luego a mis padres y hermana por ser ese apoyo durante mis años de estudio donde día a día luchaba para ser mejor cada día gracias a esa confianza que ellos y mi enamorada me brindaban para tratar de no defraudarlos.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARATULA .....	I
Repositorio nacional de ciencia y tecnología .....	ii
Certificado de similitudes .....	iv
Declaración de autoría y cesión de derechos patrimoniales.....	v
Certificación de aceptación del tutor.....	vi
Agradecimiento .....	vii
Dedicatoria.....	viii
Índice de tablas.....	xi
Índice de figuras .....	xii
Índice de anexos .....	xiii
Abreviaturas .....	xiv
Introducción .....	- 1 -
Capítulo I .....	2
Diseño de la investigación.....	2
1.1. TEMA .....	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.4. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.5.1. <i>objetivo general.</i> .....	5
1.5.2. <i>objetivos específicos.</i> .....	5
1.6 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.7 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. ....	6
1.8 HIPÓTESIS.....	6
Capítulo II.....	7
Marco teórico.....	7
2.1 MARCO TEÓRICO. ....	7
• <i>antecedentes.</i> .....	7
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	10
2.2.1 <i>conceptos generales</i> .....	10
2.2.1.1 <i>cemento</i> .....	10
2.2.1.2 <i>cemento portland</i> .....	10
COMPOSICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND. ....	11
COMPUESTO CON FÓRMULAS Y ABREVIATURAS .....	11
2.2.1.3 <i>fraguado</i> .....	13
2.2.1.4 <i>resistencia del cemento</i> .....	13

<b>TAMICES Y ACUMULACIÓN RETENIDOS</b> .....	<b>15</b>
2.2.1.5 <i>clasificación de los agregados</i> .....	16
2.2.1.6 <i>clasificación según su forma y textura superficial</i> .....	16
2.2.1.7 <i>granulometría</i> .....	17
<b>DESIGNACIONES</b> .....	<b>18</b>
<b>MÓDULOS Y AGREGADOS</b> .....	<b>19</b>
2.2.1.8 <i>resistencia</i> .....	20
2.2.1.9 <i>gradación del agregado fino</i> .....	21
2.2.1.10 <i>gradación del agregado grueso</i> .....	22
2.2.1.11 <i>forma y textura superficial de los agregados</i> .....	22
2.2.1.12 <i>cantidades relativas de pasta y agregados</i> .....	23
2.2.1.13 <i>fluidéz de la pasta</i> .....	23
2.2.1.14 <i>contenido de aire</i> .....	24
2.2.1.15 <i>contenido de agua y agregado grueso</i> .....	25
2.2.1.16 <i>porcentaje de arena en el agregado total</i> .....	25
2.2.1.17 <i>métodos de mezclado</i> .....	26
2.2.1.18 <i>tipos de compactación</i> .....	26
2.2.1.19 <i>gradación, forma y textura superficial de los agregados</i> .....	27
2.2.1.20 <i>fluidéz de la pasta</i> .....	28
2.2.1.21 <i>resistencia a la compresión</i> .....	28
2.2.1.30 <i>naturaleza química de la adherencia</i> .....	31
2.2.1.31 <i>efecto de la adherencia en la resistencia del concreto</i> .....	32
<b>2.2.2 CONCEPTOS TÉCNICOS</b> .....	<b>32</b>
<b>2.3 MARCO LEGAL</b> .....	<b>35</b>
<b>2.3.1 NORMAS VIGENTES</b> .....	<b>35</b>
<b>Capítulo III</b> .....	<b>38</b>
<b>Metodología de la investigación</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1. METODOLOGÍA</b> .....	<b>38</b>
<b>3.3. ENFOQUE</b> .....	<b>41</b>
<b>3.4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS</b> .....	<b>42</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE EXPERIMENTO</b> .....	<b>43</b>
<b>PARA CALCULAR LA ABSORCIÓN SE UTILIZARÁ LA SIGUIENTE FORMULA</b> .....	<b>53</b>
<b>3.5. POBLACIÓN</b> .....	<b>53</b>
<b>3.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>54</b>
<b>Capítulo IV</b> .....	<b>56</b>
<b>Resultados y discusión de resultados</b> .....	<b>56</b>
<b>4.1.1 ENSAYOS DE LABORATORIOS</b> .....	<b>56</b>
<b>COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE ADHERENCIA Y RESISTENCIA CON</b> <b>DIFERENTES MATERIALES</b> .....	<b>63</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>65</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>67</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>68</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>71</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>Tabla 1</b> .....	<b>11</b>
Composición del cemento portland.....	11
<b>Tabla 2</b> .....	<b>11</b>
Compuesto con fórmulas y abreviaturas .....	11
<b>Tabla 3</b> .....	<b>15</b>
Tamices y acumulación retenidos .....	15
<b>Tabla 4</b> .....	<b>18</b>
Designaciones .....	18
<b>Tabla 5</b> .....	<b>19</b>
Módulos y Agregados .....	19
<b>Tabla 6</b> .....	<b>40</b>
Cilindros de hormigon .....	41
<b>Tabla 7</b> .....	<b>58</b>
Diseño de humedad .....	59
<b>Tabla 8</b> .....	<b>60</b>
Porcentaje de humedad .....	60
<b>Tabla 9</b> .....	<b>61</b>
Porcentaje de humedad .....	61
<b>TABLA 10</b> .....	<b>62</b>
Porcentaje de humedad .....	62
<b>TABLA 11</b> .....	<b>63</b>
Diferencia de adherencia .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de la zona ITZ.....	3
Figura 2 Equipos utilizados para determinar la resistencia del hormigón .....	14
Figura 3 Tamices Agregado Fino .....	17
Figura 4 Curva de granulometria .....	18
Figura 5 Máquina para el ensayo de los angeles .....	20
Figura 6 Prueba de fluidez del concreto .....	23
Figura 7 Muestra de mezcla de agregados .....	26
Figura 8 Muestra de los agregados .....	44
Figura 9 Tamizando agregados .....	44
Figura 10 Peso humedo de los agregados .....	45
Figura 11 Cilindros de hormigón .....	46
Figura 12 Peso de los agregados .....	46
Figura 13 Prueba de revenimiento.....	47
Figura 14 Medición de pruebas .....	47
Figura 15 Puesta del hormigón en los cilindros .....	48
Figura 16 Rotura del hormigón .....	49
Figura 17 Exposición del hormigón con los vacios .....	50
Figura 18 Muestra del hormigón .....	51
Figura 19 Espacios de vacios para ver adherencia .....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1 Toma de muestras .....	71
Anexos 2 Cilindros de hormigón .....	72
Anexos 3 Cilindros de hormigón en el proceso de curado.....	73
Anexos 4 Rotura de cilindros de hormigón .....	74
Anexos 5 Cilindros .....	75

## ABREVIATURAS

Zonas de interacción interfacial	ITZ
Hidróxido de calcio	(Ca (OH) <sub>2</sub> )
Silicato Cálculo hidratado	gel C-S-H,
Resistencia a la compresión	F'c
Mega pascal	Mpa
Absorción	Abs.

## INTRODUCCIÓN

Para obtener un hormigón de calidad hay que tomar en cuenta que no solo depende tener una buena dosificación, sino que existen otros tipos de factores como el curado, el cual brinda las condiciones adecuadas de humedad y de temperatura para que el concreto llegue a la resistencia deseada, pero en obra existen dificultades para realizar dicho curado.

Al aumentar cierta cantidad de cemento portland en la mezcla, aumentará la adherencia de los agregados, por lo que se obtendrán resistencias a la compresión mayores en el hormigón.

Según estudios nos indica, si aumenta la cantidad de cemento portland en la mezcla, tiende a disminuir la adherencia de los agregados, de tal manera ocurriría en caso de que si disminuye la cantidad de cemento portland en la mezcla debería de aumentar los agregados para obtener resistencia en el hormigón.

Ecuador es un país con diversos climas en sus diferentes regiones geográficas: Costa, Sierra, Oriente e Insular las cuales hacen que la técnica de curado del hormigón es determinante, la región Costa y Oriente tienen temperaturas cálidas, que favorece el secado prematuro del concreto, la importancia del curado es muy crítica para que el hormigón llegue a su resistencia de diseño.

Las condiciones climáticas de la Sierra, son muy bajas, las cuales provocan heladas y comprometen al hormigón a ciclo de hielo y deshielo.

Los requerimientos que se deben cumplir con los agregados para una buena adherencia es limpieza, dureza y durabilidad de acuerdo al tipo de mezcla para el cual se vaya a utilizar, además se debe tener en cuenta su naturaleza del producto a utilizar, esto determina en gran medida las propiedades de afinidad entre los agregados.

# CAPÍTULO I

## DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### *1.1. Tema*

La Adherencia de los agregados en la formación de la pasta hidratada de cemento portland en hormigones simples.

### **1.2 Planteamiento del problema.**

En el área de la construcción, las obras de hormigón se ven afectadas por ambientes agresivos, también es común ver a muchos obreros aumentar la trabajabilidad del concreto vertiendo agua de más a la mezcla produciendo consecuentemente la variación disminuyendo la resistencia del hormigón, este tipo de factores afectan a las estructuras de hormigón en su durabilidad y resistencia.

Es fundamental estudiar los diversos métodos en la dosificación del hormigón, para poder definir las proporciones adecuadas agua-cemento para que cumpla con las características y resistencia deseada. Por las razones anteriormente mencionadas, se hace imprescindible tomar precauciones para que la calidad del hormigón producido, sea aceptable.

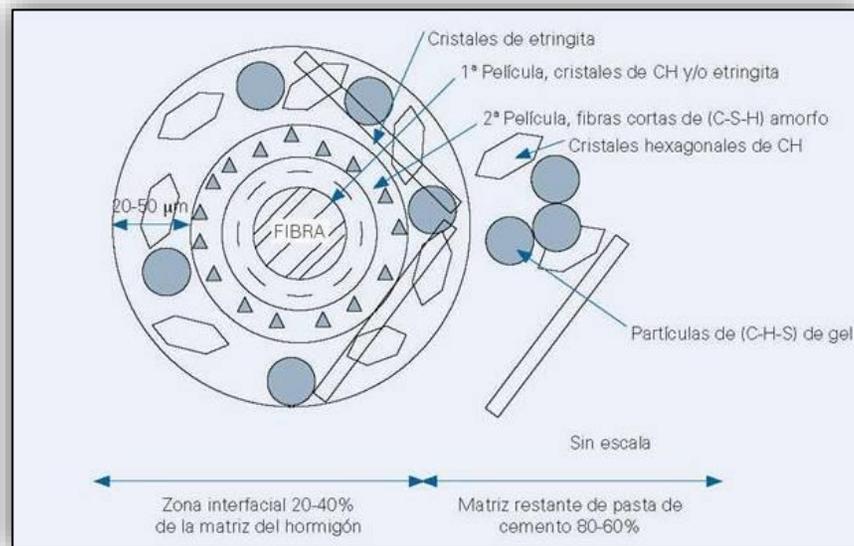
La resistencia de un concreto, normalmente incrementa con el paso del tiempo. Dicho aumento se produce muy rápidamente durante los primeros días posteriores a su colocación, resultando más gradual al transcurrir el tiempo, aún continuará incrementándose en una proporción más reducida durante un período indefinido. La forma de resistir del hormigón está en función de los días de fraguado.

La resistencia a compresión de un hormigón a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curado en forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad del mismo, Sin embargo, siempre ocurren variaciones en la adherencia de los agregados y por ende en la zona de transición interfacial, quien tiene su propia estructura

Se han identificado dos componentes primarios en la micro estructura de la ITZ: una capa delgada de cristales orientados de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), con un espesor aproximado de  $0.5\ \mu\text{m}$ . hacia el lado del agregado, y una capa delgada de silicato

de calcio hidratado, gel C-S-H, con espesor aproximado a  $0.5 \mu\text{m}$ . hacia el lado de la pasta. Esta doble capa es conocida, también, como “película dúplex”, y tiene un espesor total aproximado de  $1 \mu\text{m}$ . Más alejada de los agregados está la zona de interfase principal, de unas  $40\text{-}50 \mu\text{m}$ . de espesor, conteniendo productos de hidratación de cemento con cristales más grandes de hidróxido de calcio, pero menores que los de cualquier cemento hidratado. (Neville & Rivera, 2016)

Cemento endurecido en la ITZ tiene una porosidad mucho mayor (de 2 a 3 veces) que la pasta de cemento endurecida más alejadas de las partículas del agregado, los resultados del modelaje por computadora indican que la extensión de la ITZ corresponde cercanamente al promedio del diámetro de las partículas de cemento:  $11\text{-}15 \mu\text{m}$  para los cementos finos y  $28\text{-}40 \mu\text{m}$  para los cementos normales. Se entiende por “extensión” o “espesor” de la ITZ la distancia sobre la cual la porosidad es significativamente mayor, al menos en un 10%, que la de la pasta común.



**Figura 1.** Esquema de la zona ITZ

**Fuente:** Cornejo L, (2014)

La ITZ no solo existe en la superficie de las partículas del agregado grueso sino también alrededor de las partículas de la arena, aunque con espesores menores. La suma de las zonas individuales genera un volumen muy considerable, al grado de que el volumen total de la ITZ está entre un tercio y un medio del volumen total de la pasta de cemento endurecida.

La formación de la ITZ entre la superficie del agregado y la pasta (agua-cemento) juega un rol muy importante en la determinación de las propiedades del hormigón, como veremos a continuación, la región de la ITZ adyacente a la superficie de los agregados tiene una alta porosidad, y, por lo tanto, una menor cantidad de cemento y una mayor relación agua/cemento que la pasta normal.

Se ha demostrado en diversas investigaciones que las mezclas de hormigón con una baja relación agua/cemento producen una mejor distribución de los granos de cemento cerca de los agregados y, por ende, una ITZ de menor espesor (menor porosidad). Por el contrario, mezclas con una relación agua/cemento alto generan una ITZ de mayor espesor (mayor porosidad). También, por su alta porosidad, la ITZ es más endeble que la pasta de cemento normal. Se considera que la ITZ es “el eslabón más débil” de la cadena.

### ***1.2. Formulación del problema***

¿Cómo influyen los agregados y su adherencia a la pasta hidratada de cemento portland con el transcurrir de los años de vida del hormigón simple exponiendo sus componentes produciéndose daños en la parte interna del hormigón por estar expuesta al ambiente?

### ***1.3. Sistematización del problema***

¿Cómo es la Adherencia de los agregados en la formación de la pasta hidratada de cemento portland en hormigones simples?

¿Cuál es la resistencia a la compresión de hormigones simples en laboratorio, diseñados para resistencia de  $F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ?

¿Qué relación existe entre la adherencia de los agregados en la formación de la pasta hidratada de cemento portland y la resistencia a la compresión de hormigones simples?

## ***1.5 Objetivos de la investigación***

### **1.5.1. Objetivo general.**

Mediante la toma de muestras se va a analizar la Adherencia de los agregados en la formación de la pasta hidratada de cemento portland en hormigones simples.

### **1.5.2. Objetivos específicos.**

- Determinar la adherencia de la pasta hidratada de cemento portland para hormigones simples de varias resistencias.
- Conocer la resistencia a la compresión de hormigones simples en laboratorio, diseñados para resistencia de  $F'c. = 280 \text{ kg/cm}^2$ .
- Definir qué relación existe entre la adherencia de los agregados en la formación de la pasta hidratada de cemento portland y la resistencia a la compresión de hormigones simples.

## ***1.6 Justificación de la investigación***

La resistencia del hormigón se ve afectada ya que es una mezcla heterogénea y sus diferentes materiales que la componen cuentan con diversas características mecánicas que son las causantes de las variaciones en la calidad del hormigón. En proyectos estructurales obtener una facultad mayor de resistir del concreto adecuada es muy importante porque esta resistencia es utilizada como base para el diseño y cálculo de los diferentes elementos estructurales (losas de pisos, vigas, columnas, muros, etc.).

se puede considerar que las diferentes densidades de la pasta hidratada de cemento portland, la relación agua cemento en la pasta, influyen en la adherencia de los agregados y su resistencia, al apreciar el deterioro del hormigón simple al pasar los años, desde el punto de vista metodológico este trabajo de investigación realizara importantes aportes metodológicos en la modalidad experimental, dado que se realizarán ensayos para poder considerar cual es la densidad optima y la relación agua cemento para mejorar de manera sustancial la adherencia de la pasta de cemento portland con los agregados y medir la resistencia del hormigón.

Desde el punto de vista práctico, esta investigación tiene mayor peso dado que en campo no se toman en cuenta aspectos como la adherencia de los agregados a la pasta de cemento portland lo cual pudiera tener implicaciones en cuanto a la desviación de la resistencia de diseño y la resistencia en campo de hormigones simples.

### ***1.7 Delimitación de la Investigación.***

Campo:	Educación Superior. Tercer nivel
Área:	Ingeniería Civil.
Aspecto:	Investigación Exploratoria.
Tema:	La Adherencia de los agregados en la formación de la pasta hidratada de cemento portland en hormigones simples.
Delimitación Espacial:	Guayaquil – Ecuador
Delimitación Temporal:	6 meses.

### ***1.8 Hipótesis***

La adherencia de la pasta de cemento parte de la mezcla de varios agregados con diferentes proporciones, sin embargo, siempre ocurren variaciones en la adherencia de los agregados y por ende en la zona de transición interfacial, quien tiene su propia estructura, la cual afecta la resistencia del hormigón, por lo que cuando la adherencia de la pasta de cemento y los agregados es mayor, la resistencia del hormigón simple será mayor.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### *2.1 Marco teórico.*

- **Antecedentes.**

En 1899 se realizó el primer fenómeno de adherencia ya que consistió en medir el desplazamiento de los extremos de unos cables o “hilos” de acero ahogados en un mortero, en el momento que fueron puestos a prueba con una carga a la tensión con esta prueba se tenía la conclusión que existía una relación de fuerza y desplazamiento luego en los años 50 existiría una prueba estándar para medir la adherencia.

Tal como dice A.M. Neville. 2014 pág. 110 “Cuando existieron las primeras pruebas en las cuales se presentaban resultados con experimentos de adherencia donde extraían las varillas del concreto para ver que perfil tenía el concreto una vez desprendido del acero”.

Estos resultados de la primera prueba nos permitieron ver dos fallas de adherencia, en la cual la primera ocurría por la ruptura de la adherencia motivo de la separación de las barras de acero, y en la segunda tenía motivo por el daño del concreto porque desarrollaba una alta tensión interna, apareciendo unas fisuras longitudinales.

Según Herwin Felipe Eraso – Natalia Ramos (2015) autores colombianos de la tesis titulada “Estudio de comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calcáreo” como requisito para optar al título de Ingeniero Civil e industrial, en la Pontificia Universidad Javeriana, en Santiago de Cali, que tiene como propósito principal el estudio de los efectos de la incorporación de caucho molido tratado y no tratado con polvo calcáreo en diseños de mezcla de concreto, concluyendo que el concreto con sustitución de caucho molido entre el 5% y el 10% de reemplazo de fino tratado con polvo calcáreo puede ser empleado para concretos no estructurales, aportando a la investigación actual importantes aspectos teóricos de la variable adherencia de la pasta de cemento.

Continuando con la descripción de los antecedentes según Luis Terreros Rojas – Iván Carvajal Corredor (2016) autores colombianos de la tesis titulada “Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo”, , como requisito para optar al título de Ingeniero Civil, en la Universidad Católica De Colombia de la ciudad de Bogotá, que tiene como propósito principal determinar y analizar las propiedades mecánicas (compresión y flexión) de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo en condiciones normales, siguiendo un método experimental fundamentado en la realización de ensayos y pruebas de laboratorio para comparar los concretos en estudio, concluyendo como resultado de los ensayos que la adherencia entre los materiales y la fibra, generaron una mayor resistencia a la flexión y una resistencia al agrietamiento sin pérdida de material al momento de la rotura, aportando a la investigación actual importantes criterios experimentales de la variable adherencia de la pasta de cemento.

La variable de adherencia nos habla según Jazmín Almache Hernández – Darío Tapia Pazmiño (2016) autores ecuatorianos de la tesis titulada “Estudio de la adherencia de un sistema compuesto frcm sostenible para el reforzamiento de elementos de hormigón armado” como requisito para obtener el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional De Chimborazo, que tiene como propósito primordial determinar el desarrollo de un sistema compuesto FRCM con tejido elaborado con fibras naturales de cabuya y una matriz cementicia, enfocándose en los problemas de adherencia y proponiendo un sistema óptimo que garantice una unión eficaz entre el material compuesto y sustrato, como conclusión el estudio de cada uno de los sistemas de adherencia en columnas, al igual que en vigas se determina la buena adherencia que existe entre el sistema FRCM y el sustrato ya que los dos elementos no presentaron fallas, aportando a la investigación actual relevantes aspectos teóricos de la variable adherencia de la pasta de cemento.

En la variable de hormigones simples según Jaime Chiluisa Serrano (2014) autor ecuatoriano de la tesis titulada “Hormigones de alta resistencia ( $f'c= 50$  mpa) utilizando agregados del sector Pifo y cemento armado especial – lafarge” como requisito para optar al título de Ingeniero Civil, en la Universidad Central Del Ecuador, que tiene como

propósito principal analizar si las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera de PIFO están en condiciones técnicas adecuadas para la elaboración de un hormigón de alta resistencia de características definidas, concluyendo que el lavado de los agregados es muy importante para el desarrollo de la resistencia de las mezclas realizadas ya que influyen en el desarrollo de la resistencia mecánica, aportando a la investigación actual ya que llegan a establecer la dosificación óptima de la mezcla que producirá un hormigón simple es decir ayuda en importantes aspectos teóricos de la variable de hormigones simples.

Según José Chapañan Cueva – Joel Quispe Cirilo (2017) autores peruanos de la tesis titulada “Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H Villamaría – nuevo Chimbote” como requisito para optar al título de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional Del Santa Chimbote – Perú , que tiene como propósito principal conocer las fibras sintéticas que se pueden obtener y la aplicación de fibras de polipropileno siendo añadido en el concreto hidráulico como material que aporta al concreto mas no reemplazante de ningún material que se junte para formar concreto armado, es decir realizar una comparación técnica entre un concreto patrón y un concreto que contenga fibra de polipropileno , teniendo como conclusión que la resistencia promedio y la resistencia característica a la compresión, obtenidas en los 7 y 28 días en todos los porcentajes (0%,75%,100%,115%,125% de lo recomendado por el fabricante), presentan una desviación estándar promedio, 3.2 kg/cm<sup>2</sup>. Teniendo como valores al más bajo de 1.01% y el mayor de 3.75%. Para lo cual se ha considerado un límite BUENO de control de testigos. aportando a la investigación actual importantes aspectos teóricos de la variable de hormigones simples.

Para hormigones simples según Aléx Cáceres Sánchez (2015) autor ecuatoriano de la tesis titulada “Estudio del hormigón simple elaborado con ladrillos reciclados y su incidencia en el peso específico y resistencia a la compresión” como requisito para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Técnica De Ambato que tiene

como propósito principal buscar una alternativa dentro de la elaboración de hormigón con el fin de mitigar la explotación de recursos naturales y tratar de aprovechar los escombros de las demoliciones de edificaciones así como de los desperdicios dentro de las fábricas de ladrillos, concluyendo que el hormigón a base de ladrillo reciclado artesanalmente de trituración manual debido a que su peso específico es menor al hormigón convencional y al hormigón con ladrillo prensado, aportando a la investigación actual interesantes aspectos teóricos de la variable hormigones simples.

## ***2.2 MARCO CONCEPTUAL***

Para la variable de hormigón simple se tomó como referencia el libro Concreto Simple publicado en el año 2015, elaborado por el Ing. Gerardo A. Rivera. L donde los siguientes aspectos teóricos fueron los más importantes.

### **2.2.1 Conceptos Generales**

#### **2.2.1.1 Cemento**

Es un material particulado que a más de óxido de calcio está compuesto por: sílice, alúmina y óxido de hierro y que, completando su formación por la adición de una cantidad adecuada de agua, pasta conglomerante que tiene la propiedad de endurecer tanto con el agua como en el aire

#### **2.2.1.2 Cemento Portland**

Este tipo de material se obtiene pulverizando el Clinker Portland con la colocación de una o más componentes de sulfato de calcio.

Se permite la incorporación de diferentes productos siempre que este no afecte al cemento resultante con sus propiedades, como alternativa los productos que se adicionen tienen que ser conjuntamente pulverizados con el Clinker.

- **Composición química del cemento portland**

En la elaboración del cemento portland se ha visualizado materias primas que están conformadas en primer lugar de cal, sílice, alúmina y hierro, como lo detalla la siguiente tabla 1.2 del libro CONCRETO SIMPLE Ing., Gerardo A.Rivera.L.

**Tabla 1.*****Composición del cemento portland.***

OXIDO	CONTENIDO (%)
<b>CaO</b>	60 – 67
<b>SiO<sub>2</sub></b>	17 – 25
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	3 – 8
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,5 – 6,0
<b>MgO</b>	0,1 – 4,0
<b>Álcalis</b>	0,2 – 1,3
<b>SO<sub>3</sub></b>	1 – 3

*Fuente:* Rivera, Gerardo (2015)

Los productos complejos se forman de la interacción con el horno, alcanzando un nivel químico equilibrado exceptuando un residuo de cal no mezclado (CaO), motivo por lo cual durante el enfriamiento no existe equilibrio y conjuntamente la velocidad afecta a la cristalización teniendo cantidad de residuos deformados, es decir el vidrio, otro de los inconvenientes que existe con el Clinker es la parte líquida que se encuentra presente con los compuestos cristalinos que difieren de una composición química nominal.

El cemento tiene cuatro elementos compuestos y primordiales que son expresados en la siguiente tabla 1.3 del libro concreto simple del Ing. Gerardo A.Rivera,L.

**Tabla 2*****Compuesto con fórmulas y abreviaturas***

Nombre del compuesto	Fórmula	Abreviatura
Silicato dicálcico	2CaO . SiO <sub>2</sub>	C2S
Silicato tricálcico	3CaO . SiO <sub>2</sub>	C3S
Aluminato Tricálcico	3CaO . Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C3A
Aluminoferrito tretacálcico	4CaO . Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C4AF

*Fuente:* Rivera, Gerardo (2015)

Existen silicatos encontrados en el cemento en pequeñas porciones de óxidos incluidos en soluciones solidas haciendo que la pureza de los compuestos no sea la real, dichos óxidos poseen un ordenamiento atómico producto de algunos efectos importantes.

El silicato di cálcico (C2S) contribuye con el incremento de las resistencias mayores a una semana teniendo un endurecimiento lento considerando que a los 180 días ha tenido el 50 % únicamente.

El silicato tricálcico (C3S) tiene como facultad ayudar en el fraguado rápido teniendo un endurecimiento acelerado, generando resistencias prematuras del cemento durante el primer mes.

El aluminato tricálcico (C3A) tiene como propiedad liberar cantidades grandes de calor en los primeros días de su endurecimiento, también contribuye con la resistencia temprano gracias a su hidratación completa, su función primordial es facilitar la inmediata reacción de la sílice con la cal, cuando los suelos y aguas contienen sulfatos son resistentes ya que los cementos con pocos contenidos de C3A permiten esa propiedad.

El aluminio ferrito tetracálcico (C4AF) al momento de formarse tiene una calcinación en el horno que reduce la temperatura del cemento fabricado, uno de los factores es que muy poca contribución tiene a la resistencia a pesar de su rapidez a la hora de tener una hidratación relativa.

Existen un par de conceptos fundamentales que son indicadores de la calidad de un cemento y estos son:

Ácido clorhídrico se lo determina con el tratamiento de un residuo poco agradable, teniendo la adulteración del cemento producto de las impurezas del yeso.

La cal y el magnesio libre tienen una carbonatación e hidratación producto de la perdida al fuego como exposición del cemento a la atmosfera.

- **Propiedades del cemento Portland**

En las especificaciones del cemento Portland la composición química y propiedades físicas (NTC 121 y 321), 1.6.7 tienen límites establecidos, es de gran provecho conocer las propiedades para saber entender los resultados de los ensayos del cemento.

### **2.2.1.3 Fraguado**

La mezcla tiene cambios en su estado teniendo una transición en su estado plástico al estado sólido a eso se le llama fraguado, la pasta durante el fraguado adquiere resistencia, no se debe confundir el fraguado con el endurecimiento ya que este término se especifica como el incremento de la resistencia.

Cuando existe una hidratación selectiva de elementos principales se produce el fraguado, El C3A puro tiene una reacción violenta cuando interactúa con el agua provocando un inmediato endurecimiento, existe un aspecto poco favorable en el cemento producto de que la mezcla se endureciera a muy corto tiempo de esta forma siendo casi imposible ser transportadas y colocadas.

La forma de prevenir que esto suceda es adicionando yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ); al Clinker, el C3A y el yeso desarrollan una reacción formando un compuesto poco estable e insoluble llamado sulfoaluminato de calcio ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ ).

El momento que empieza a fraguar es cuando los silicatos comienzan a hidratarse formando una pasta de aspecto y composición semisólida, el fraguado final se forma como una pasta de consistencia sólida producto de que el sulfoaluminato de calcio se descomponga de manera lenta permitiendo libertad al C3A que se hidrata en conjunto con el C4AF.

### **2.2.1.4 Resistencia del cemento**

En las especificaciones del cemento se encuentran las pruebas de resistencia mecánicas de un cemento endurecido que tiene como propiedad un material que es producto más obvio teniendo en cuenta los requisitos para fines estructurales.

Existen tres parámetros para ver la resistencia de un mortero, el primero es verificar la cohesión de la pasta de cemento, luego la adhesión de los agregados a las partículas a cierto grado, y por último la resistencia del mismo agregado.

Debido a las dificultades de moldeo al momento de realizar el experimento que forma un gran cambio en los resultados, no se efectúan pruebas de resistencia a la pasta pura de cemento.

Para establecer la resistencia del cemento se realizan morteros, (agua, cemento, agregado fino) con las proporciones adecuadas utilizando materiales específicos bajo un riguroso control.



**Figura 2.** Equipos utilizados para determinar resistencia

**Fuente** (Rivera, Gerardo (2015))

En las pruebas de resistencia existen varios métodos como la tensión directa, compresión directa y flexión, teniendo el criterio definido de que la pasta de cemento se considera más resistente a la compresión que a la tensión se puede considerar de manera real la resistencia a la tensión por flexión.

Existe la norma NTC 119 que permite realizar la prueba para establecer la resistencia a la tensión, la metodología de realizar el ensayo normalizado es que un mortero tenga una parte de cemento por tres de sílice natural o agregado fino seco (tamiz #20 (841 $\mu$ m) y que se retenga en el tamiz #30 (595 $\mu$ m)).

El agua es importante ya que cumple la función para consistencia normal de acuerdo a una cantidad utilizada en la mezcla, el mortero pasa por un proceso donde es colocado en moldes de cámara húmeda durante las primeras 24 horas y para el transcurso del tiempo las 9 briquetas que por lo general se elaboran de las cuales 3 tienen un ensayo de los 3 días, 3 a los 7 días y 3 a los 28 días son colocadas en contenedores de agua antes de cada ensayo.

Las muestras producto del ensayo que tuvieran defectos o dieran un 15 % como promedio hechas que difiera de la misma mezcla y en el mismo tiempo no se las considerara para tener una resistencia a la tensión.

El ensayo se deberá repetir cuando las muestras descartadas y los valores obtenidos de la resistencia den un solo valor que determine la resistencia.

La norma NTC 220 establece la resistencia a la compresión del cemento y a su vez permite utilizarse como control de calidad, con una parte del cemento se prepara los ensayos del mortero y con 2,75 partes de arena natural de sílice, la siguiente tabla # 3 que muestra la gradación según el autor del libro concreto simple del Ing. Gerardo A. Rivera,L.

**Tabla 3**

***Tamices y acumulación retenidos***

Tamiz	% Acumulado Retenido
<b>149 u (#100)</b>	98 +- 2
<b>297 u (#50)</b>	75 +- 2
<b>595 u (#30)</b>	2 +- 2
<b>1.19 mm (#16)</b>	0

*Fuente* Rivera, Gerardo (2015)

La norma NTC 120 nos permite establecer la resistencia a la flexión, dicho ensayo consiste en elaborar el mortero a partir de una mezcla con cemento y 2,75 partes de arena la cual deberá cumplir requisitos que para el ensayo de resistencia a la compresión son exigidos.

La fluidez del mortero de  $110 \pm 5\%$  en la mesa de flujo debe ser producida por la cantidad de agua, la función de la mesa de flujos es que permite poner a prueba el

mortero a diferentes impactos midiendo el aumento del diámetro de la base luego de dar 25 golpes en 15 segundos (NTC 111), el porcentaje de fluidez se mide de la resta del diámetro final menos el diámetro inicial dividido para el diámetro inicial y el resultado multiplicado por 100.

#### **2.2.1.5 Clasificación de los agregados**

Para clasificar los agregados se tiene en consideración varios aspectos desde el punto de vista que a medida que pasa el tiempo se convierten en principales tales como su procedencia, densidad, tamaño, forma y textura.

Según su procedencia existen como agregados naturales, tal es el caso de las rocas, agregados artificiales como ejemplo las arcillas expansivas.

Para su densidad se encuentran parámetros tales como que tenga una densidad ligera, normal o pesada, según su tamaño depende mucho de los tamices es decir de la granulometría, y por último por su forma y textura se los identifica como redondeada, regular, escamosa, etc.

#### **2.2.1.6 Clasificación según su forma y textura superficial**

Para esta clasificación es importante saber que la trabajabilidad, su resistencia y durabilidad se puede ver afectada por la aparición de partículas alargadas o aplanadas, las partículas que forman huecos de aire permiten la acumulación de agua desfavoreciendo a las propiedades de mezcla endurecida.

La influencia de la manejabilidad y adherencia entre pasta y tipos de agregados depende de la textura superficial de los agregados y sus partículas en varios casos también afectan la resistencia.

Según la norma NTC 174 existe un límite de todas las partículas alargadas y aplanadas presentes en un máximo de agregados de 50 % aunque se recomienda la cantidad total no debe ser mayor al 15% de las partículas.

Las partículas largas tienen una relación entre la longitud y el ancho es mayor de 1,5.

Las partículas planas tienen una relación entre el espesor y el ancho es menor de 0,5.

### 2.2.1.7 Granulometría

En una masa de agregados se realiza la distribución de las partículas por tamaño a eso se lo conoce como granulometría, un estudio granulométrico consiste en separar una muestra representativa del agregado en porcentajes de igual diámetro o tamaño. Los análisis de granulometría se ajustan a la norma NTC 32 donde su característica indica que los agregados deben pasar por una serie de tamices con aberturas cuadradas asignadas dependiendo de la abertura de su malla, medida en milímetros o micras, en la prueba de los tamices también se utilizan otros tamices que no cumplen con la relación 1:2 de abertura para evitar intervalos muy grandes productos de los tamices consecutivos como lo indica la siguiente imagen.



**Figura 3.** Tamices de todos los diámetros

*Fuente:* Rivera, Gerardo (2015)

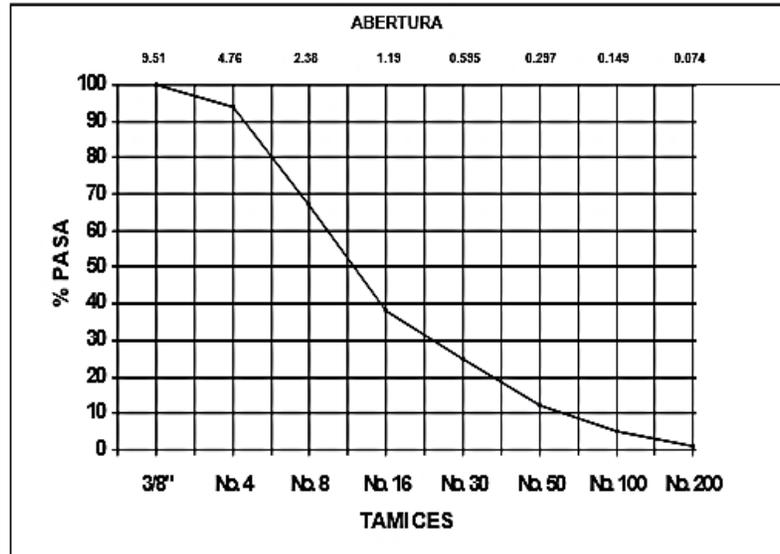
En la práctica se utiliza cualquier tamiz que tenga la abertura aproximada a la mitad de la abertura del tamiz inmediato superior es decir con una relación 1:2 ya que esto es empleado para los agregados de morteros o concretos, para obtener una fracción gruesa se incluyen una serie de tamices que no cumplen la relación sin embargo son de gran ayuda para tener una mejor granulometría como se lo detalle en la siguiente tabla # 4 según el autor del libro concreto simple del Ing. Gerardo A. Rivera, L.

**Tabla 4****Designaciones**

<b>Designación Icontec</b>	<b>Designación A.S.T.M.</b>
-----	6"
-----	5"
-----	4 ½"
*101,6 mm	4"
*90,5 mm	3 ½"
76,1 mm	3"
*64,0 mm	2 ½"
*50,8 mm	2"
38,1 mm	1 ½"
*25,4 mm	1"
19,0 mm	¾"
*12,7 mm	½"
9,51 mm	3/8"
4,76 mm	No. 4
2,38 mm	No. 8
1,19 mm	No. 16
595 um	No. 30
297 um	No. 50
149 um	No. 100
74 um	No. 200
*tamices que no cumplen la relación 1 2	

**Fuente:** Rivera, Gerardo (2015)

La curva granulométrica o línea de cribado es una representación gráfica que se realiza para tener una mejor comprensión de las granulometrías, la representación se fija sobre un eje de coordenadas donde el porcentaje pasa, en escala aritmética y en las abscisas la escala logarítmica de los tamices con sus aberturas, en la imagen # 4 se observa una curva de granulometría según el autor del libro concreto simple del Ing. Gerardo A. Rivera,L.



**Figura 4.** curva de granulometría

*Fuente:* Rivera, Gerardo (2015)

Una de los beneficios de la curva de granulometría es que permite obtener factores que contribuyen a la distribución de tamaños de agregados.

Teniendo cualquier material se puede determinar el módulo de finura, aunque se recomienda sacarle al agregado fino su módulo de finura, este agregado se saca de la siguiente tabla según el autor del libro concreto simple del Ing. Gerardo A. Rivera,L.

**Tabla 5**

***Módulos y Agregados***

<b>Módulo de finura</b>	<b>Agregado fino</b>
Menor que 2,00	Muy fino o extra fino
2,00 – 2,30	Fino
2,30 – 2,60	Ligeramente fino
2,60 – 2,90	Mediano
2,90 – 3,20	Ligeramente grueso
3,20 – 3,50	Grueso
Mayor que 3,50	Muy grueso o extra grueso

*Fuente:* Rivera, Gerardo (2015)

A la menor abertura del tamiz que logra el paso de la totalidad del agregado se lo denomina como tamaño máximo, es decir en la práctica es el tamaño más grande del agregado, existe la norma aplicable que define al tamaño nominal máximo a la partícula que pasa por el mayor tamaño del tamiz que logra retener el agregado o material, la

diferencia que existente entre el tamaño máximo y el tamaño nominal máximo es que el primero muestra de mejor manera un promedio de fracción gruesa mientras el segundo solo expresa la partícula de masa más grande de los materiales o agregados, ambos se aplican para agregados gruesos únicamente.

Las proporciones relativas de los agregados se ven afectadas por la granulometría y el tamaño máximo ya que también la relación de agua – cemento es fundamental en la mezcla y su manejabilidad ya que con ello también mejora la porosidad, contracción del concreto y permite ser más económico.

Los agregados deben de poseer partículas de todos los tamaños ya que las partículas pequeñas permitirán llenar los vacíos provocados por las partículas más grandes ya que mediante este método permite una pequeña proporción de huecos o máxima densidad, es aconsejable que la pasta trate de mantener un volumen mínimo para que exista pocos huecos entre los agregados combinados y tenga una mezcla equilibrada o proporcional.

#### **2.2.1.8 Resistencia**

El indicador de la calidad de un agregado tiene un uso recurrente en la cual se mide la resistencia al desgaste ya que el material como concreto va a estar expuesto a elevados niveles de desgastes en diferentes aplicaciones afirma que: (Rivera Lopez, 2015)

El método de prueba más común es el ensayo en la máquina de “Los Ángeles” (norma NTC 93 y 98); la prueba consiste en colocar una muestra del material con la carga abrasiva dentro de un tambor de acero y poner a girar la máquina (30 a 33 rpm) un cierto número de revoluciones (la carga abrasiva y el número de revoluciones depende de la granulometría del material); luego se retira el material de la máquina, se lava sobre el tamiz No. 12 (1,68mm), el material retenido se pone a secar hasta masa constante y se halla su masa. Las especificaciones limitan el porcentaje de desgaste a máximo 40% (p.67).



**Figura 5.** máquina para el ensayo de “los Ángeles”

*Fuente:* Rivera, Gerardo (2015)

El ensayo de solidez o sanidad en la norma NTC 126 ha tratado de determinar resistencias a la intemperie o acciones del clima, pero se ha convertido en no representativa para climas tropicales, este ensayo tiene como finalidad sumergir las muestras del material con una solución de sulfato de sodio o magnesio saturada, durante un tiempo de 16 a 18 horas dejando la superficie con un espacio de 15 mm por arriba de la muestras, luego se procede a retirar la muestra y se la deja reposar 15 minutos antes de secar y que quede una masa constante.

La resistencia del concreto se ve influenciada por la dureza de las partículas del material, se verá afectada las partículas blandas con su resistencia si el material tiene una cantidad permisible de partículas para la vista.

#### **2.2.1.9 Gradación del agregado fino**

La cantidad de espacios vacíos que deben ser llenados con la pasta de cemento y agua se puede presentar cuando la arena tiene un mal gradado con un exceso o mal distribución de los tamaños de las partículas, esto se realiza para que la mezcla sea trabajable y no sea porosa.

Existen recomendaciones importantes que se relacionan con la gradación de la arena y son las siguientes:

1.- el porcentaje que no se debe retener por parte del agregado fino es de 45 % entre tamices o mallas seguidas, teniendo en consideración la serie de tamices números 4, 8, 16, 30, 50 y 100.

2.- el agregado fino que se utilice debe de tener menos agua en la parte superior, buena textura y que sea manejable debe tener un 15 % de partículas pasadas por la malla 50 (297  $\mu\text{m}$ ) y más de un 4% por la malla No. 100 (149  $\mu\text{m}$ ).

3.- se deberá evitar utilizar agregados finos o muy gruesos ya que con ellas se obtendrán mezclas que se segreguen o sean muy ásperas.

#### **2.2.1.10 Gradación del agregado grueso**

La gradación del agregado grueso tiene aspectos similares a la del agregado fino, para tener una mezcla trabajable se deberá llenar los vacíos en excedencia con mortero ya que esto sucede producto de un material mal seleccionado es decir grava o triturado mal gradado.

Cuando se tiene una granulometría diferente o no uniforme para la mezcla que se utiliza agregados se debe tener cuidado ya que existen conceptos sobre influencia granulométrica en el material o agregado, manejabilidad, resistencia y el cemento con su contenido.

Al momento de utilizar los agregados gruesos de granulometría en la cual no se utilizaron tamices intermedios y agregados finos dejando las partículas más diminutas, se puede obtener como resultado una resistencia igual con menor contenido de cemento y manejabilidad de la misma manera.

La forma de colocarse las partículas individuales unas con otras en la cual existirán vacíos, se le responsabiliza tal fenómeno, los vacíos se completan con matrices uniformes, las partículas del agregado grueso sirven como contacto para transmitir las cargas de compresión ya que el mortero no lo hace posible ya que este transmite los esfuerzos de tracción y cizalladura.

#### **2.2.1.11 Forma y textura superficial de los agregados**

Se exigen en la mezcla de mortero tener gran cantidad de compuestos por partículas redondeadas y lisas para poder mantener una trabajabilidad comparable.

La observación es la misma la que se realiza con respecto al contenido de agua o de pasta para los agregados finos.

Existen recomendaciones importantes que tienen como relación la forma y textura de los agregados que son las siguientes:

A.- Es importante utilizar las arenas de producto natural obtenidas mientras se realiza el proceso de trituración de rocas.

B.- Es preferible utilizar agregados gruesos que tengan aproximadamente la forma redondeada o cubica que han sido triturados, ya que se permite tener un porcentaje máximo de 15 % de partículas aplanadas o alargadas para que no importe la manejabilidad de la mezcla.

#### **2.2.1.12 Cantidades relativas de pasta y agregados**

El efecto lubricante de la pasta de cemento y agua está establecido por la manejabilidad del hormigón, ya que este está directamente relacionado con la cantidad de pasta con respecto a los agregados.

Para moverse los agregados en la masa de hormigón de manera libre deberá tener un valor alto los agregados, la mezcla se volverá granulosa y áspera en el momento que los espacios vacíos no se llenen producto de la reducción de la cantidad de pasta permitiendo que los agregados floten.

#### **2.2.1.13 Fluidez de la pasta**

La cantidad relativa de agua y cemento en la pasta tiene relación con la plasticidad ya que dependerá de la cantidad que se le pondrá de pasta y agregados, cuando la pasta tiene muy poca cantidad de agua es difícil tener una manejabilidad y por lo tanto no permitirá la adición de agregados a la mezcla convirtiéndola en rígida, pero si es todo lo contrario y la relación de agua y cemento es proporcional teniendo un contenido de agua alto y cemento bajo permitirá que la mezcla tenga fluidez no permitiendo que exista segregación de los agregados gruesos.

La exudación es un fenómeno que ocurre producto del asentamiento de los agregados más gruesos y la acumulación de agua en la superficie, si la mezcla es diluida por la utilización de la pasta fresca como una suspensión en lugar de una solución de cemento y agua tendrá mayores espacios entre las partículas de cemento teniendo cualquier escenario de hidratación, para expresar el nivel de dilución de la pasta producto de una inversa relación de agua / cemento teniendo como resultado la variación de la resistencia con las mezclas plásticas.

Como muestra la siguiente imagen 6.



**Figura 6.**Prueba de fluidez del concreto.

*Fuente* Rivera, Gerardo (2015)

#### **2.2.1.14 Contenido de aire**

El aire atrapado se lo denomina a un volumen de aire no continuo en cantidad, tamaño y forma de las burbujas que es incorporado a la mezcla del concreto, para obtener un porcentaje muy considerable deben de permanecer las burbujas inmersas en el concreto de esta forma existe una variación en la resistencia potencial de la mezcla y afectando su durabilidad

Para producir efectos deseables en el concreto se trata de introducir al concreto formas de aire esferoides distribuidos y aislados con diámetros entre 0.07 y 1.25 mm denominando al aire que se introduce como “aire incorporado o incluido”.

Una vez que se realice esa incorporación la mezcla adquiere plasticidad y disminuye la exudación y la segregación y mientras aumenten el volumen del mortero mejorara la manejabilidad, para mejorar la durabilidad, la incorporación del aire al concreto endurecido nos ayuda a que la resistencia al congelamiento y el deshielo producto de temperaturas muy altas o bajas conviertan la mezcla en algo que se pueda manejar.

Si el volumen de arena se disminuye y se aumenta el contenido de aire puede conservarse de acuerdo a la consistencia de la mezcla, es posible disminuir al 3 % por el

1% de cada aire incorporado y de esta forma se recupera la resistencia mecánica perdida por la presencia de vacíos en el hormigón.

El método de presión NTC1032 nos permite determinar el contenido de aire, en la muestra de concreto existe una presión aplicada que comprime el aire de los poros del agregado.

Una de las pruebas que se realizan con agregados ligeros o materiales porosos puede dar resultados errados, para el factor de corrección en la parte de agregados para masa normal deben de ser constantes.

#### **2.2.1.15 Contenido de agua y agregado grueso**

Una mezcla quedara constante cuando el contenido de agua y agregados gruesos por m<sup>3</sup> tenga la correcta modificación de la relación agua / cemento se varíen con los volúmenes de cemento y arena.

Al momento de utilizarse una arena con módulo de finura y agregado grueso de tamaño máximo y a su vez se mantiene constante el volumen compactado por m<sup>3</sup> de hormigón Tendrá el mismo asentamiento de la relación agua / cemento utilizada.

En la mezcla el contenido de agua es fundamental para determinar si la mezcla es trabajable ya que si la mezcla es demasiada seca no se podrá tener una manejabilidad óptima en vertido del mortero o del hormigón.

#### **2.2.1.16 Porcentaje de arena en el agregado total**

Cuando la mezcla no tiene un alto porcentaje de arena es muy complicado que la mezcla se coloque, se termine y tiende a convertirse en segregación y exudación, por el contrario, cuando la mezcla tiene gran porcentaje de arena es necesario añadir una cantidad adicional de agua o pasta para que la mezcla tenga manejabilidad.

Si la arena es fina se va a tener una manejabilidad menor a lo esperado, pero si es gruesa es alta la condición de manejo.

### 2.2.1.17 Métodos de mezclado

Existen 2 tipos de mezclado el que se realiza de manera Manual y mecánico que a continuación se explica.

Es necesario tener un concreto de consistencia fluida, se debe hacer una mezcla uniforme a partir de cubrir la superficie de las partículas de los agregados con paste de cemento, teniendo cuidado de no dañar el proceso por la descarga de la mezcladora.

Para el método mecánico se enfoca mucho en el tipo de equipo que se utilizara para mezclar el hormigón, en una mezcladora basculante conocida como olla permite tener una inclinación es normalmente cónica con aspas en su interior, siempre que el detalle de diseño

Permitirá que la descarga sea efectiva ya que el hormigón puede verterse más rápidamente como una masa sin segregación.

En la no basculante la olla mezcladora es ayudada por un canalón que permite la rotación de la olla dándole sentido a la descarga en algunos casos se utiliza tolvas para cargar el material.



**Figura 7.** Dos tipos de mezclado

*Fuente:* Rivera, Gerardo (2015)

### 2.2.1.18 Tipos de compactación

La eliminación de aire atrapados entre vacíos se lo conoce como compactación del concreto es decir cuando existe compactación energética es porque la consistencia ha sido seca en lugar de ser fluida, en la antigüedad se utilizaba métodos de apisonado para que la superficie del concreto no tenga el aire y las partículas se junten en configuración

estrecha, existen en la actualidad métodos más usados que el manual donde a continuación se detallaran todos los métodos.

- **Compactación manual**

La compactación manual es la más antigua de las formas de extraer vacíos y que día a día va desapareciendo, normalmente con una placa de hierro cuadrada o redonda de 15 kg y con un mango de madera se procedía a extraer los vacíos porque eran mucho más manejables y rápidos, se tenía un 20 % de reducción de volumen para todo esto dependía del material que se estaba compactando es decir de su granulometría.

Los golpes que se daban debían ser repetitivos en el mismo lugar, pero sin llegar a resultar violento.

- **Vibrado del concreto**

La vibración del concreto es el método de compactación más usado y actual separándose las partículas por un momento permitiendo acomodarlas en una zona compacta, su beneficio frente a la compactación manual es que la mezcla se puede compactar siendo seca ya que con la compactación a mano no se podría realizar reduciendo hasta el 40 % de volumen.

Otro beneficio es que se puede tener menor contenido de cemento teniendo mezclas duras y secas y la compactación con vibración puede ser provechosa significando un ahorro en costo, aunque se debe considerar el equipo de vibración, el costo de la mano de obra también influye.

Al momento de tener la calidad del concreto no hay tendencia ya que se puede utilizar la manual con una buena mano de obra y una a su vez con vibración teniendo la misma mano de obra y el resultado no dependerá del equipo o método, también hay que tener en cuenta que puede existir la sobre vibración que es lo mismo que ocurre en la manual cuando no se utiliza la mano de obra adecuada.

#### **2.2.1.19 Gradación, forma y textura superficial de los agregados**

Cuando los agregados con mal gradados tienen partículas alargadas, ásperas o rugosas tienen que agregar más pasta de cemento llevando a que la utilización no sea económica

#### **2.2.1.20 Fluidéz de la pasta**

La cantidad de cemento dependerá de la fluidéz de la pasta para tener alto grado de manejabilidad y economía, no se debe perjudicar las propiedades del concreto una vez endurecido utilizando la mayor relación agua / cemento cumpliendo los requisitos de resistencia y durabilidad.

#### **2.2.1.21 Resistencia a la compresión**

Al momento de realizar un diseño estructural se detalla en dichas memorias de cálculo la resistencia a la compresión del concreto  $F_c$ , la cual se utiliza para el dimensionamiento y calcular los refuerzos en los diferentes elementos de una obra.

El factor de seguridad de una edificación o estructura disminuirá cuando se tiene una resistencia menor a la especificada como  $F'_c$ , cuando existen disminución en la seguridad debido a la obtención de diferentes valores de resistencia producto de la misma mezcla, variaciones en las dosificaciones, mezclado y transporte, compactación y curado del hormigón.

Cuando se obtiene valores muy bajos para la resistencia de diseño resulta poco económico cuando la resistencia mínima es la utilizada.

#### **2.2.1.22 Curado del concreto**

Al hablar de un curado del hormigón se refieren a mantener el proceso de humedad óptimo y con temperatura favorable ya que durante la hidratación de los materiales es provechoso porque el hormigón adquiere propiedades deseadas.

El curado dentro de la construcción es una de las actividades más descuidadas lamentablemente ya que un curado óptimo tiende a aumentar la resistencia y durabilidad.

Si la temperatura y el agua es la adecuada solo en ese momento puede existir el proceso de hidratación producido también por reacciones químicas.

La hidratación es interrumpida cuando la mezcla pierda agua producto de la evaporación y en caso contrario cuando existe congelación se detiene ofreciéndole al concreto las condiciones de ganar resistencia y mejorar propiedades.

Existen tres métodos para realizar un curado del hormigón donde los dos primeros aportan la humedad requerida para que el concreto tenga su resistencia potencial y durabilidad y el tercero ayudando en el aumento de la temperatura desarrollando la resistencia.

A-) Manteniendo un medio húmedo mediante la aplicación de agua.

Este método permite utilizarlo mediante la inmersión del elemento de concreto en agua o el uso de rociadores de agua, también utilizando materiales que se mantengan saturados en agua

B-) Evitando la pérdida del agua de mezclado mediante el uso de materiales sellantes.

Se los utiliza para evitar la pérdida de humedad mediante unas láminas o membranas que se colocan sobre el concreto.

Algunos de los materiales son los que se utilizan como películas para tratar de evitar que los rayos solares caigan y afecten al hormigón quitándole su proceso de hidratación.

C-) Acelerar las reacciones.

Este método tiene como teoría aumentar la temperatura para que se hidrate más rápido, pero manteniendo la humedad, se pueden utilizar mecheros o emplear paneles de energía solar para aumentar la temperatura ambiente.

#### **2.2.1.23 Estimación del agua de mezcla**

Para este tipo de estimación se debe considerar el asentamiento escogido de los materiales tener también en cuenta si es concreto con aire incluido o si no, depende si se va a utilizar aditivos tienen que ser consultados al fabricante para ver si existen recomendaciones en especial si es plastificante o un superplastificante.

#### **2.2.1.24 Selección de la relación agua/cemento**

La durabilidad y los requerimientos de resistencia nos permitirán determinar la relación agua/cemento o conocida como (A/C), cuando se tiene resistencias diferentes a pesar de tener la misma relación agua/cemento y contando con distintos cemento, agua y agregados, para esto se debe encontrar la relación real de agua/cemento que se va a

utilizar, se deberá trabajar con el menor valor de relación agua/cemento, puesto que este valor garantiza tanto la resistencia como la durabilidad del concreto.

### **2.2.1.28 Calculo del contenido de cemento y aditivo**

$$\text{Cantidad de cemento (kg / m}^3 \text{ concreto)} = C = A/(A/C)$$

Si se va a utilizar aditivo, se determina la cantidad así: (teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante, por lo general, la cantidad de aditivo se da como un % de la masa del cemento). Cant. Aditivo = Ad. (kg / m<sup>3</sup> concreto) = % escogido \*C

Para la variable de adherencia se tomó como referencia un escrito de la Universidad Autónoma de Aguas Caliente 2013 del Ing. Norberto Domínguez Ramírez donde los siguientes aspectos teóricos fueron los más importantes.

Cuando se habla de adherencia se refiere al termino que se produce del fenómeno físico entre masas o agregados del concreto, es decir permitiendo a los materiales tener una transferencia de esfuerzos y fuerzas a la vez.

El fenómeno de la adherencia presenta 3 etapas bien descifradas que son

- 1.- etapa de pseudo-adherencia perfecta es cuando se la asocia a la adherencia química
- 2.- etapa de deslizamientos de transición, cuando las nervaduras que existen en otros materiales se incrustan en el concreto teniendo un bloqueo mecánico producto de este efecto.
- 3.- fase de grandes deslizamientos, se la asemeja a un mecanismo que afecta a dos superficies rugosas es decir hormigón y acero, por ejemplo.

### **2.2.1.29 Resistencia por Adherencia**

La separación de 2 componentes solidos que estaban unidos entre si se la denomina como fuerza de la adherencia, cuando se observa las diversas propiedades en el concreto dadas por el efecto de la adherencia son de criterios que nos ayudan a ver que el concreto en estado endurecido cambia de estado y la adherencia toma un papel fundamental en la mezcla.

La hidratación del cemento teniendo una superficie del agregado combinado o entrelazados mecánicamente da como resultado la adherencia de pasta- agregados, Considerando el esfuerzo conjunto de los agregados y pasta de cemento en el hormigón endurecido se puede llegar a la conclusión que, si las resistencias individuales no son restrictivas, la resistencia última del hormigón debe depender de ambos componentes. De acuerdo a lo expresado por Neville 2014 dice que la hidratación del concreto es muy importante ya que la resistencia de la pasta como la adherencia tienen gran aumento una vez hidratado, sin embargo, estas situaciones cambian con la edad del concreto. La resistencia de la pasta a menor edad también puede coincidir en tener la resistencia baja ya que su evolución no necesariamente tiene que ser igual.

Lo que debe tener en cuenta en lo general es que tenga compatibilidad entre la resistencia de la pasta y la que se produzca por adherencia entre esta y los agregados. La falta de adherencia es la gran limitante cuando se trata de incrementar la resistencia del hormigón haciendo una utilización de la pasta de muy alta resistencia. De manera tal como dice A.M. Neville. 2014 pág. 112 “Para optimizar la adhesión de la pasta con los agregados, deberá existir una posibilidad de tener una variación en la forma, textura superficial y tamaño de las partículas de agregado”. cuando se dispone de agregados de partículas redondeadas y superficie lisa esto se tiene de manera exponente al concreto la pequeña resistencia de adherencia de estas partículas con la pasta de cemento.

#### **2.2.1.30 Naturaleza Química de la Adherencia**

El cemento y los agregados han desarrollado una reacción química cuya evidencia nos data las varias investigaciones Como una deducción de los agregados silíceos se puede mencionar que la reacción química que existe entre la pasta de cemento y agregado nos los da más detallado los grados de adherencia que se obtiene en rocas de cantidades iguales y cristalinidad de productos de hidratación de cemento.

De acuerdo a lo expresado por (Neville, 2014) dice que una reacción puzolánica existente entre cemento y rocas silíceas ya que se forma un gel por reacción química entre cuarzos y una solución de hidróxido de calcio, también puede ocurrir una reacción

igual en el hormigón y su velocidad depende de la estructura exacta del cristal del agregado.

#### **2.2.1.31 Efecto de la Adherencia en la resistencia del concreto**

De acuerdo a lo expresado por (Neville, 2014) dice que la superficie de los agregados tiene una alta porosidad por tal motivo existe una menor cantidad de cemento y mayor relación agua/cemento que la misma pasta normal sin alteraciones.

También se puede acotar que el esfuerzo necesario para el inicio de las microgrietas, es principalmente en función de la resistencia del mortero. Por tal motivo en mediciones de micro agrietamiento del concreto mediante las pruebas de compresión, se desarrolló un criterio de que la adherencia pasta-agregado influye sobre la resistencia del concreto al tener el control la cantidad de agrietamiento necesaria para llegar a la falla, los esfuerzos elevados de una adherencia pobre permiten la más rápida propagación de grietas en el concreto, acelerando su falla.

### **2.2.2 Conceptos Técnicos**

- **Cemento**

Es un aglomerante que es el resultado de la calcinación de rocas de calizas, areniscas, y arcillas, de manera que se obtiene un polvo muy fino que en el contacto del agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes (Neville, 2014)

- **Concreto**

El Concreto es una mezcla de piedras, arena, agua y cemento que al solidificarse constituye uno de los materiales de construcción más resistente para hacer bases y paredes. La combinación entre la arena, el agua y el cemento (Carvajal, 1998 - 2014)

- **Agua**

Es el elemento del cual hace énfasis en la mezcla del elemento que en esta existe y hace que la masa del concreto sea uniforme que ayuda en su trabajabilidad.

- **Hidratación**

es incluir contenido de agua a cualquier elemento que este sin la presencia de agua ya sea una mezcla, teniendo como un nivel de la cantidad de agua que debe incluir.

- **Humedad**

Es el aumento en la cantidad de agua que tiene dicha mezcla en la cual la humedad sino está bien medida puede provocar una saturación de humedad.

- **Trabajabilidad**

Es cuando se puede moldear de varias formas para determinar si los elementos o agregados utilizados son los correctos y sus proporciones también son las óptimas.

- **Evaporación**

Es cuando el agua cambia de estado líquido a gaseoso por medio de un sistema donde las altas temperaturas hacen que la cantidad de agua presente en el suelo desaparezca producto de la evaporación.

- **Resistencia a rotura**

Tracción, compresión o esfuerzo de cizalladura que puede resistir un material sin romperse. También llamada carga unitaria de rotura.

- **Pilar zunchado**

Pilar compuesto por un zunchado de barras longitudinales mediante hélices de alambre, que se emplean para aumentar la resistencia a la compresión.

- **Compresión adiabática**

Compresión de un gas sin intercambio de calor con el exterior produciendo una presión que genera el calor.

- **Consistencia**

La consistencia es una cualidad o propiedad de las cosas que las hace resistentes, sólidas, espesas, confiables, certeras y/o perdurables, según sea el objeto material o inmaterial sobre el que se aplique este atributo.

- **Construcción**

Una construcción toma partes o elementos y los une formando una estructura material o inmaterial, con alguna finalidad.

- **Zonas de interacción interfacial ITZ**

Es la zona más próxima donde se junta los áridos y componentes gruesos de la mezcla con la pasta de cemento.

- **Elemento a compresión**

Pieza sometida a fuerzas de compresión longitudinal.

- **Resistencia a la tracción**

Medida de la resistencia de un elemento o miembro estructural a las fuerzas flectoras. También llamada resistencia a la flexión.

- **Estructuras**

La estructura supone partes, materiales o inmateriales, de igual o distinta naturaleza ordenadas en la conformación de un todo, diferenciado de las partes, pero que no puede existir sin ellas.

- **Carga en una dirección**

Tracción, compresión o esfuerzo de cizalladura que puede resistir un material sin romperse. También llamada resistencia de rotura.

- **Vidrio templado**

Vidrio que posee una resistencia de cuatro o cinco veces superior a la del vidrio ordinario, al ser recocido a una temperatura cercana a la de su fusión y enfriada bruscamente que provoca la aparición de tensiones de compresión en su superficie y cantos.

- **Barra de compresión**

Barra de acero empleada para resistir las fuerzas de compresión.

- **Armadura de compresión**

Armadura diseñada para soportar los esfuerzos de compresión.

## ***2.3 Marco legal***

### ***2.3.1 Normas Vigentes***

Esta investigación inicia por estar enmarcada en lo que establece la CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008, Decreto Legislativo 0 Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008 Ultima modificación: 01-ago.-2018 Estado: Reformado.

En cuanto al Plan Nacional del Buen vivir el presente proyecto ayuda con el cumplimiento de los objetivos estipulados en los siguientes puntos:

Objetivo 3: Mejorar la calidad de vida de la población

3.8. Propiciar condiciones adecuadas para el acceso a un hábitat seguro e incluyente  
a. Garantizar el acceso libre.

3.10. Garantizar el acceso universal, permanente, sostenible y con calidad a agua segura y a servicios básicos de saneamiento, con pertinencia territorial, ambiental, social y cultural

3.11. Garantizar la preservación y protección integral del patrimonio cultural y natural y de la ciudadanía ante las amenazas y riesgos de origen natural o antrópico.

Este proyecto se sustenta en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) NTE INEN 1 855-2:2002 la cual establece las especificaciones para la producción del hormigón elaborado en obra en estado fresco y no endurecido. Los requerimientos para la calidad del hormigón deben ser los especificados en esta norma, o los especificados por el usuario.

Cuando existan diferencias entre las especificaciones, pueden primar las del usuario siempre que estén basadas en métodos de evaluación de las NTE INEN, o mientras no existan éstas, con las ASTM correspondientes, atendiendo las recomendaciones del ACI, y normas reconocidas internacionalmente.

La norma INEN 872 establece los requisitos que deben cumplir los áridos utilizados para hormigón, y especifica los ensayos considerados obligatorios destinados para control y recepción. Nos ayudaremos de la norma ASTM C33 que establece los requisitos para granulometría y calidad de agregado grueso y fino (distinto de agregado liviano o pesado) para utilizar en concreto.

Al realizar las probetas de hormigón se deben realizar ensayo de consistencia siendo el más empleado el de Cono de Abrams por lo que necesitaremos de las normas NTE INEN 1578 - ASTM C143. El proceso de fabricación de las probetas de hormigón, así como su curado está contemplado en las normas NTE INEN 1763 - ASTM C 31.

Art. 386.- El sistema comprenderá programas, políticas, recursos, acciones, e incorporará a instituciones del Estado, universidades y escuelas politécnicas, institutos de investigación públicos y particulares, empresas públicas y privadas, organismos no gubernamentales y personas naturales o jurídicas, en tanto realizan actividades de investigación, desarrollo tecnológico, innovación y aquellas ligadas a los saberes ancestrales. (Laureano Cornejo, 2014)

En lo que se refiere a normas técnicas vigentes en el Ecuador tenemos las siguientes:

- Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico. NTE INEN 1573
- Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo NTE INEN 1576
- Determinación del asentamiento NTE INEN 1578
- Muestreo NTE INEN 1763
- Definiciones y terminología NTE INEN 1762
- Moldes para elaborar cilindros de hormigón verticales para ensayos. NTE INEN 2662
- Terminología. NTE INEN 694
- Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso NTE INEN 696
- Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino NTE INEN 856
- Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso NTE INEN 857
- Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos NTE INEN 858
- Determinación del contenido total de humedad NTE INEN 862
- Arena normalizada. Requisitos NTE INEN 873
- ASTM C90 – 14 Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION**

#### **3.1. Metodología.**

Se utilizara la metodología inductiva ya que se podrá observar y obtener resultados que permita elaborar la determinación de la adherencia de la pasta hidratada de cemento portland además de la observación, este método utiliza la experimentación para conseguir los datos necesarios que llevan al planteamiento de una conclusión general, según Hernández Fernández y Baptista infiere claramente que una investigación inductiva porque se compararan y analizaran los datos recolectados y asociar variables mediante un patrón predecible para un grupo o población, tal es el caso de esta investigación que medirá que sucede con la resistencia a la compresión del hormigón al variar el porcentaje de adherencia de los agregados a la pasta de agua cemento, por lo cual se inserta claramente en este alcance correlacional.

#### **3.2. Tipo de investigación.**

Al momento de definir el planteamiento del problema, se establece el alcance inicial de la investigación y se elaboran las hipótesis, dicha hipótesis debe verificarse si se cumple o no, lo cual no tendrá implicaciones en la validez de la investigación, esa verificación se realizara con los datos que se obtendrán por medio de la recolección de datos, al hablar de diseño se refiere a la estrategia o plan que se utiliza para obtener información o datos directamente de los estudios realizados para determinar la lo planteado en los objetivos específicos.

Al realizar las pruebas mediante el enfoque mixto se utiliza diseños certeros que puedan aportar evidencias con respecto a los lineamientos de la investigación, Hernández & Fernández en su libro dice como consejo que se trate de empezar elaborando estudios que tengan un solo diseño, a medida que se desarrolle más el tema se encontraran más diseños.

Por lo cual se debe realizar los estudios que nos ayuden a determinar las fuentes directas de la información teniendo en cuenta que los resultados en la prueba serán los determinantes para ver si está enfocada la investigación.

Como dice Hernandez&Fernandez, si el diseño está concebido cuidadosamente, el producto final de un estudio de resultados tendrá mayores posibilidades de generar conocimiento.

Los diseños experimentales se usan al momento que el investigador establece una causa que se intenta manipular, en la investigación se trata de determinar la Adherencia de los agregados de la pasta de cemento por tal motivo se van a realizar pruebas que generaran diferentes resultados.

Las variables se manipulan de manera intencional ya que para este diseño la variable hormigón tendrá modificaciones a medida que se realizan las pruebas indicadas para obtener dicho resultado investigativo.

Teniendo que medir el efecto de la variable pasta de cemento sobre la variable adherencia es fundamental que se realice una medición adecuada, valida y confiable.

En resumen, esta investigación tiene un diseño experimental con enfoque mixto, teniendo el aspecto cualitativo dado que se realizarán experimentos puros en el laboratorio para recabar datos en cuanto a la magnitud del % de vacíos en los cilindros de hormigón tomados pero se procederá a evaluar mediante la visualización de la rotura de los cilindros de hormigón , valor que nos permitirá calcular cual es la cantidad de adherencia de los agregados a la pasta de agua – cemento, además se obtendrán datos en cuanto a la resistencia a la compresión de cada uno de las muestras.

**Tabla # 6**  
***Cilindros de Hormigón***

<p align="center"><b>CILINDROS DE HORMIGÓN ROTURADOS</b></p>	<p align="center"><b>DESCRIPCIÓN CUALITATIVA</b></p>
	<p>Este es el cilindro de canto rodado donde Podemos observar que el agregado al ser su forma redonda no permitió tener una óptima adherencia a la pasta hidratada de cemento Portland ya que él % de vacíos es mayor por encontrarse el agregado en su forma geométrica sin ángulos.</p>
	<p>El Segundo cilindro es la grava alargada triturada donde se puede observar que al realizarse las pruebas de Resistencia a la compresión el agregado tiene forma irregular y es angular por lo tanto existe una adherencia mayor en comparación al cilindro de canto rodado, pero También se visualiza que su forma después de ser roturado evidencia poca adherencia al compararlo con otros materiales.</p>



Con el tercer cilindro con el material caliza de la cantera de Huayco se evidencia que el agregado es irregular y angular teniendo un aspecto de ser puntiagudos en sus formas geométricas considerando el criterio de que ha adquirido una adherencia mayor en comparación a los 2 cilindros anteriores, la forma después de los ensayos de la Resistencia a la compresión nos permite concluir los espacios vacíos han sido mínimos para que exista una adherencia optima.



Con el cuarto cilindro que es un basalto azul de la cantera de Manabí se observa que la adherencia del agregado a la pasta de cemento Portland fue mayor ya que los espacios vacíos han sido cubiertos por la pasta debido a que la forma irregular y angular del material lo permitían, al observar la rotura del cilindro se evidencia una diferencia en comparación a los cilindros anteriores ya que ha sido consolidada en pocas piezas al roturarse el hormigón dando esa Resistencia de diseño.

*Elaborado por:* Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

### **3.3. Enfoque.**

El enfoque es mixto en vista que sus resultados fueron afianzados por la descripción cualitativa del comportamiento de las muestras de los diferentes cilindros de hormigón.

El orden es riguroso, aunque se pueden reorientar una o más fases de la investigación, siempre hay una idea de partida de donde se van derivando los objetivos y preguntas de investigación, tratando de delimitar muy bien la problemática.

De las preguntas se definen las hipótesis, determinan las variables y se establece un plan para ponerlas a prueba.

El enfoque mixto tiene las siguientes características:

Hernández & Fernández hace hincapié en que unas de las características más importantes que tiene la investigación dentro del paradigma positivista o cualitativo, cuantitativo son que en esos trabajos se requiere medir y estimar magnitudes de fenómenos que se están estudiando así como su frecuencia de ocurrencia, además que las preguntas investigativas siempre están en relación a cuestiones concretas referidas a un fenómeno bien delimitado en el problema que se estudiará, de tal manera que en el caso de las investigaciones mixtas los datos se obtienen de mediciones, y por tal razón, son expresados a través de la observación de el comportamiento de la resistencia y adherencia luego en números y para que estos números sean creíbles o tengan rigor científico deben realizarse procedimientos estandarizados y/o aceptados en la sociedad científica para la recolección de estos datos.

En el caso de esta investigación se van a medir aspectos como las diferentes propiedades mecánicas de los diferentes agregados que se usaran para realizar mezclas de hormigón a los cuales se le determinará los diferentes porcentajes de adherencia entre estos agregados y la pasta de agua cemento a través del porcentaje de vacíos, y se medirá la resistencia a la compresión de cada muestra a diferentes tiempos de fraguado y curado, de tal manera que esta investigación se inserta dentro del paradigma investigativo positivista y mixto, dado que estas mediciones se realizaran bajo los estándares establecidos en las normas y con laboratorios que poseen las condiciones ideales para estos ensayos.

### **3.4. Técnica e instrumentos.**

Una vez determinada la forma y diseño apropiado se realizarán los estudios donde se tiene la siguiente etapa donde se recolectará los datos pertinentes, conceptos o variables de una unidad de muestreo.

Un instrumento de medición tiene una confiabilidad a la cual se refiere al grado de aplicación repetida al objeto o mismo individuo produciendo resultados iguales.

Para este tipo de recolección se trata de obtener toda la mayor cantidad de información para que los resultados de los ensayos den favorables.

La validez, en términos generales, se trata al nivel en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir, en el caso de esta investigación se recomienda referirse tener las pruebas de la resistencia del hormigón dentro de la fase de validez en la cual se realizar la confirmación del proceso.

Los tipos de evidencia también se evalúan para determinar la validez del instrumento, cuanto mayor contenido de evidencia se obtiene es decir validez de criterio y de validez de constructo esta se acercará más a representar las variables que se pretenden medir.

Existe la objetividad que se realiza al momento de medir múltiples aspectos que se centren en el tipo de información que deseamos obtener. En el caso de esta investigación tenemos como objetivo establecer el tipo de adherencia que se obtendrá de las pruebas de hormigón que se realicen con los diferentes agregados y resistencias.

Como los instrumentos de recolección de datos en el caso de las investigaciones con diseños experimentales son equipos y maquinarias con los que se realizaran los ensayos, la confiabilidad y la validez está dada por la calibración y la operación por un experto de estos equipos y maquinarias, en este caso esos ensayos se realizaran en el laboratorio de hormigones, la cual tiene sus equipos calibrados y en buen estado y los ensayos se realizan por un técnico de laboratorio que está capacitado y que tiene la suficiente experticia para su correcta aplicación.

### ***Descripción de experimento.***

Para describir los experimentos que se realizaron utilizamos muchos métodos a seguir para obtener resultados que benefician a esta investigación.

Se realizó la selección de los agregados y posteriormente se los clasifico como se muestra en la figura.



**Figura 8**

**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

Luego se realizaron los análisis de granulometría pasando por el tamiz los agregados previamente clasificados.



**Figura 9**

**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

Se tomaron también las pruebas de la densidad con los agregados clasificados humedeciendo el material para determinar las diferentes densidades.



**Figura 10**

**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

Continuando con los ensayos se realizó la medición de los agregados con los pesos volumétricos de cada material.



**Figura 11**

**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)



**Figura 12**

**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

Una vez establecidas la mezcla se procedió a realizar la prueba de revenimiento a los diferentes hormigones, en la figura 14 se observa los centímetros que se obtienen de la prueba de revenimiento en el cono de Abraham



**Figura 13**

**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)



**Figura 14**

**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

Luego de la prueba de revenimiento se procedió a poner la mezcla en los cilindros para luego de esperar el tiempo de fraguado proceder a la rotura de los mismos.



**Figura 15**

**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

Continuando con los ensayos se procedió a realizar la rotura de las muestras con los diferentes materiales que dieron como resultado las siguientes figuras, se observa que no existe un cuerpo adherente entre el canto rodado base lisa con el mortero de la mezcla.



**Figura 16.** Canto rodado

**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

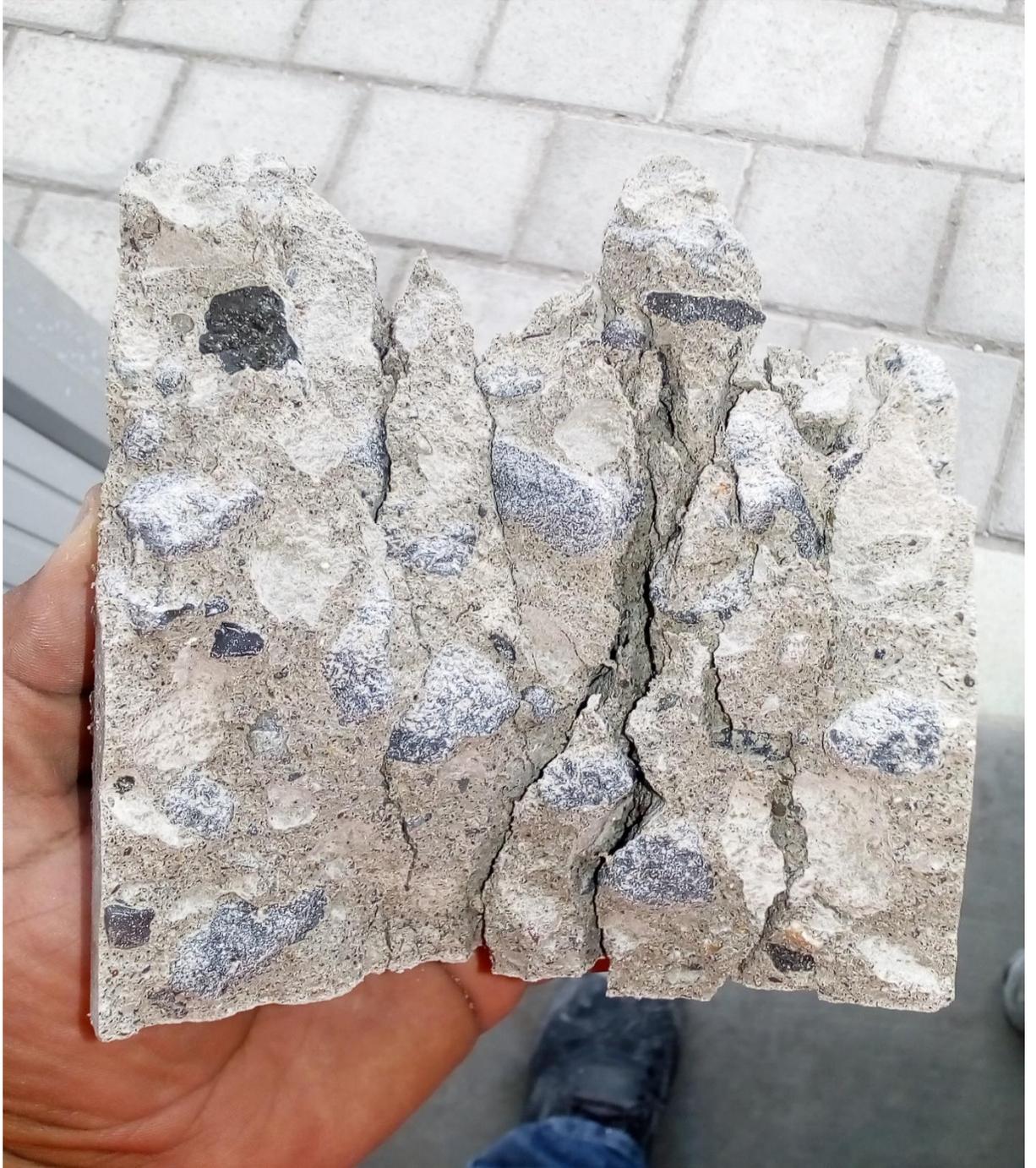
En esta rotura de testigo podemos observar la adherencia entre el mortero y el agregado de formas angulares obteniendo una mejor resistencia.



**Figura 17.** Grava de Huayco

**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

En este testigo vemos que la adherencia esta compartida entre agregados y mortero no hay un desprendimiento de los agregados.



**Figura 18.** Agregado de Manabí

**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

En esta rotura de testigo observamos una adherencia compartida tanto de la grava como el mortero.

Al presentarse la falla se puede observar que se parte el agregado junto con la pasta hidratada de cemento



**Figura 19.** Agregado triturado alargado  
**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

*Para calcular la absorción se utilizará la siguiente fórmula.*

Determinación de Absorción del Hormigón

% = Porcentaje de Absorción

A = Muestra Saturada Superficialmente Seca

B= Muestra Secada al Horno

FORMULA

$$\% \text{ Abs} = \frac{A - B}{B} * 100$$

Y para calcular la adherencia se utilizará la fórmula:

Determinación de adherencia

% = Porcentaje de Adherencia.

### **3.5. Población.**

La muestra y población son los que se analizan dependiendo del tamaño de la misma, es decir, para tener una previa selección para la investigación se utilizaran hormigones de una resistencia y dosificación, pero con cuatro 4 agregados gruesos diferentes, estos agregados tienen diferentes formas, lo cual permitirá tener diferentes porcentajes de vacíos y por tanto diferentes porcentajes de adherencia de los agregados y la pasta del cemento.

En el libro de Hernández & Fernández explica cómo determinar el tamaño adecuado de una muestra cuando pretendemos generalizar los resultados a una población y cómo proceder para obtener la muestra, dependiendo del tipo de selección elegido, en algunas investigaciones no se realizan estudios de muestras solo un pequeño censo.

La delimitación de la unidad de muestra una vez definida la población que se va a estudiar y la generalización de los resultados, tal como lo expresan varios autores de libros sobre investigación científica entre ellos Hernández y sus colaboradores, concluyen que cuando la población es pequeña como en este caso que solo estudiamos

cuatro 4 mezclas de hormigón, realmente los cilindros de hormigón de 4 hormigones que están hechos con diferentes agregados gruesos pero para la misma resistencia a la compresión  $F'_{CC} = 280 \text{ Kg/cm}^2$ , la muestra es igual a la población, es decir, la muestra es una parte estadística de la población que tiene las mismas características homogéneas y es a la muestra a quien se le aplican los instrumentos de recolección de datos, en este caso la muestra es los cilindros de 4 hormigones que están hechos con diferentes agregados gruesos pero para la misma resistencia a la compresión  $F'_{CC} = 280 \text{ Kg/cm}^2$ .

### **3.6. Análisis de resultados.**

- **Canto Rodado**

Como podemos observar la tabla de resultado a los 28 días del canto rodado al aplicar la carga obtenemos la falla por adherencia entre el agregado y la pasta hidratada de cemento con una resistencia a la compresión de 16,9 Mpa cumpliendo el 61% de su resistencia, vemos que este agregado utilizado en los hormigones no cumple su resistencia al 100% también observamos el problema de la adherencia que va relacionado con la resistencia por que el agregado se desprende del mortero dejando la parte lisa del agregado.

- **Grava Triturada Alargada:**

Con la grava triturada alargada podemos observar en la tabla de resultados a los 28 días al aplicar la carga obtenemos la falla por adherencia entre el agregado y la pasta hidratada de cemento con una resistencia de 24 Mpa con un porcentaje del 88% es decir que no alcanza el 100% de su resistencia observamos que su adherencia es un poco mejor que el canto rodado ya que los agregados son angulares y muy alargados.

- **Cantera Huayco**

Con este agregado podemos ver en la tabla de resultados a los 28 días se presenta la falla por adherencia entre el agregado y la pasta hidratada de cemento con una resistencia de 27,8 Mpa el cual cumple con el 101% de su resistencia requerida a su vez observamos que hay una buena adherencia entre el mortero y el agregado tipo caliza

ya que su carga está uniforme afecta a todo el elemento tal como observamos en el gráfico.

Al presentarse la falla se puede observar que se parte el agregado junto con la pasta hidratada de cemento

- **Grava de Manabí**

Con este agregado podemos ver en la tabla de resultados que a los 28 días presenta la falla por adherencia entre los agregados y la pasta hidratada, es superior a los demás agregados alcanzando una resistencia a la compresión del 32,5 Mpa con un porcentaje del 119% dando una buena adherencia entre el mortero y el agregado al aplicar la carga se observa una buena distribución tanto en mortero y el agregado obteniendo un buen diseño y una buena adherencia de los agregados.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

#### 4.1.1 Ensayos de laboratorios.

➤ Con respecto al primer objetivo específico, determinar la adherencia de la pasta hidratada de cemento portland para hormigones simples de varias resistencias.

La adherencia de los agregados y la pasta agua cemento en el hormigón no es una propiedad de la cual podemos obtener valores directos, sino que los conseguimos a través del porcentaje de vacíos o porcentaje de absorción, el cual, si se obtiene en laboratorio por medio del ensayo del mismo nombre, de tal manera que el porcentaje de adherencia se obtiene al restar de un 100% el porcentaje de vacíos o absorción obtenidos en laboratorio, los valores obtenidos fueron los siguientes:

#### **Muestra 1**

#### **Canto Rodado**

A = 4004 gr

B= 3715 gr      % Absorción = **7,78 %**      % de adherencia = 100 % - 7,78%  
% de adherencia = **92,22%**

#### **Muestra 2**

#### **Grava alargada triturada**

A= 3941 gr

B= 3686 gr      % de Absorción = **6,92 %**      % de adherencia = 100 % - 6,92 %  
% de adherencia = **93,08%**

#### **Muestra 3**

#### **Cantera Huayco**

A = 4008 gr

B = 3777 gr      % de Absorción = **6,12 %**      % de adherencia = 100 % - 6,92 %  
% de adherencia = **93,88%**

**Muestra 4****Cantera Manabí**

A = 4156 gr

B = 3921 gr      % de Absorción = **5,99 %**      % de adherencia = 100 % - 5,99 %

% de adherencia = **94,01%**

➤ En continuación al chequear lo planteado en el segundo objetivo, conocer la resistencia a la compresión de hormigones simples diseñados para resistencia de féc. = 280 kg/cm<sup>2</sup>, se obtuvieron los siguientes resultados a través de rotura de cilindros de hormigón a diferentes edades en laboratorio:

**Tabla 7**

**Ensayo de laboratorio**

<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>										
<b>CORRECCIÓN DEL DISEÑO POR HUMEDAD</b>										
<b>PROYECTO:</b>		Análisis de los Agregados				<b>RESISTENCIA A COMPRESION:</b>		280		kg/cm2
<b>FECHA:</b>		22-nov-18								
MATERIAL	DOSIFICACION ESTADO SSS	CANTIDAD DE AGUA ADICIONAL	DOSIFICACION FINAL SSS	HUMEDAD NATURAL	ABSORCIÓN	DOSIFICACION EST. NATURAL	VOLUMENES	DENSIDADES EN SSS	PRUEBAS (lt)	
	Kg	Lt		%	%	Kg	m³	Kg/m³	<b>16</b>	
AGUA	198,0	<b>0,000</b>	198,0			237,1	0,1980	1000	3,79	
CEMENTO	400,0		400,0			400,0	0,1338	2990	6,40	
PIEDRA 1¼"	8 901,4		901,4	0,00	1,60	887,2	0,3326	2710	14,20	
ARENA DE RIO	832,1		832,1	0,00	3,09	807,2	0,3262	2551	12,91	
Sikament 115	0,8 3,2		3,2			3,2	2,667	1,2	42,67	
0	0,0 0,0		0,0			0,0	0,000	1,19	0,00	
AIRE							10,0000			
<b>SUMATORIA</b>	<b>2331,5</b>		<b>2331,5</b>			<b>2331,5</b>	<b>10,991</b>			

ASENTAMIENTO DEL HORMIGON	DENSIDAD TEÓRICA	<b>a/c</b>
cm	Kg/m³	
ver cuadro abajo	212,14	

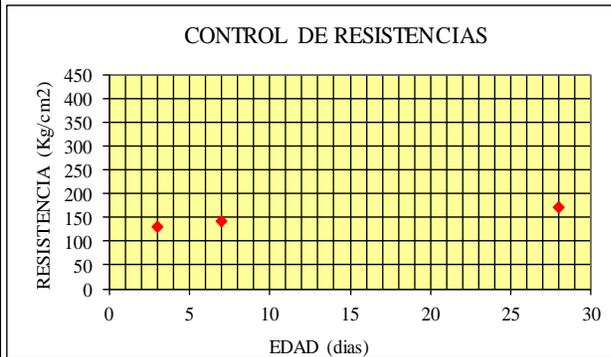
  

**CONTROL DE RESISTENCIAS**

PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD	DIAMETRO	CARGA	RESISTENCIA	RESISTENCIA PROMEDIO	PORCENTAJE ALCANZADO
#			días*	(cm)	(Kg)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(%)
1	22-nov-18	25-nov-18	3	10,0	9669,4	123,1	131	47
2	22-nov-18	25-nov-18		10,0	10863,0	138,3		
3	22-nov-18	29-nov-18	7	10,0	11255,6	143,3	142	51
4	22-nov-18	29-nov-18		10,0	11063,3	140,9		
5	22-nov-18	20-dic-18	28	10,0	13458,6	171,4	172	62
6	22-nov-18	20-dic-18		10,0	13595,7	173,1		

## CONTROL DE TRABAJABILIDAD

DOSIFICACION DE ADITIVOS	HORA DE PRUEBA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	ASENTAMIENTOS	
			(cm)	pérdida
			8:30	0



**Elaborado por:** Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

**Tabla 8**

**Porcentaje de absorción**

<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES L/E/M</b>									
<b>CORRECCIÓN DEL DISEÑO POR HUMEDAD</b>									
<b>PROYECTO:</b> Analisis de los Agregados				<b>RESISTENCIA A COMPRESION:</b> 280 kg/cm2					
<b>FECHA:</b> 22-nov-18									
MATERIAL	DOSIFICACION ESTADO SSS	CANTIDAD DE AGUA ADICIONAL	DOSIFICACION FINAL SSS	HUMEDAD NATURAL	ABSORCIÓN	DOSIFICACION EST. NATURAL	VOLUMENES	DENSIDADES EN SSS	PRUEBAS (t)
	Kg	Lt		%	%	Kg	m³	Kg/m³	16
AGUA	198,0	<b>0,000</b>	198,0			255,5	0,1980	1000	4,09
CEMENTO	400,0		400,0			400,0	0,1338	2990	6,40
PIEDRA 1¼"	8 857,5		857,5	0,00	4,10	823,7	0,3481	2463	13,18
ARENA DE RIO	791,5		791,5	0,00	3,09	767,8	0,3103	2551	12,28
Sikament 115	0,8 3,2		3,2			3,2	2,667	1,2	42,67
0	0,0 0,0		0,0			0,0	0,000	1,19	0,00
AIRE						10,0000			
<b>SUMATORIA</b>	<b>2247,0</b>		<b>2247,0</b>			<b>2247,0</b>	<b>10,990</b>		

ASENTAMIENTO DEL HORMIGON	DENSIDAD TEÓRICA	<b>a/c</b>
cm	Kg/m³	
ver cuadro abajo	204,45	

**CONTROL DE RESISTENCIAS** DESVIACION ESTANDAR = 4,5 Kg/cm2

**RESISTENCIA REQUERIDA : f<sub>cr</sub> = 286,03 Kg/cm2**

PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD	DIAMETRO	CARGA	RESISTENCIA	RESISTENCIA PROMEDIO	PORCENTAJE ALCANZADO
#			días*	(cm)	(Kg)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(%)
1	22-nov-18	25-nov-18	3	10,0	10430,4	132,8	148	52
2	22-nov-18	25-nov-18		10,0	12865,8	163,8		
3	22-nov-18	29-nov-18	7	10,0	16238,5	206,8	207	74
4	22-nov-18	29-nov-18		10,0	16270,5	207,2		
5	22-nov-18	20-dic-18		10,0	18465,5	235,1		
6	22-nov-18	20-dic-18	28	10,0	20003,7	254,7	245	87

**CONTROL DE TRABAJABILIDAD**

DOSIFICACION DE ADITIVOS	HORA DE PRUEBA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	ASENTAMIENTOS	
			(cm)	pérdida
	9:00	0	18,5	

**CONTROL DE RESISTENCIAS**

EDAD (días)	RESISTENCIA (Kg/cm2)
3	148
7	207
28	245

**TIEMPO DE TRABAJABILIDAD**

TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	ASENTAMIENTOS (cm)
0:00	18,5
0:14	18,5
0:28	18,5
0:43	18,5
0:57	18,5
1:12	18,5

Elaborado por: Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

**Tabla 9**

**Porcentaje de absorción**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES L/E/M										
CORRECCIÓN DEL DISEÑO POR HUMEDAD										
PROYECTO: Analisis de los Agregados				RESISTENCIA A COMPRESION: 280 kg/cm2						
FECHA: 22-nov-18										
MATERIAL	DOSIFICACION ESTADO SSS	CANTIDAD DE AGUA ADICIONAL	DOSIFICACION FINAL SSS	HUMEDAD NATURAL	ABSORCIÓN	DOSIFICACION EST. NATURAL	VOLUMENES	DENSIDADES EN SSS	PRUEBAS	
	Kg	Lt		%	%	Kg	m³	Kg/m³	(lt)	
AGUA	198,0	<b>0,000</b>	198,0			238,1	0,1980	1000	3,81	
CEMENTO	400,0		400,0			400,0	0,1338	2990	6,40	
PIEDRA 1¼"	883,8		883,8	0,00	1,80	868,2	0,3385	2611	13,89	
ARENA DE RIO	815,8		815,8	0,00	3,09	791,4	0,3198	2551	12,66	
Sikament 1145	0,8		3,2	3,2			3,2	2,667	1,2	42,67
0	0,0		0,0	0,0			0,0	0,000	1,19	0,00
AIRE								10,0000		
<b>SUMATORIA</b>	<b>2297,7</b>		<b>2297,7</b>			<b>2297,7</b>	<b>10,990</b>			

ASENTAMIENTO DEL HORMIGON	DENSIDAD TEÓRICA	<b>a/c</b>
cm	Kg/m³	
ver cuadro abajo	209,07	

**CONTROL DE RESISTENCIAS**

PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD	DIAMETRO	CARGA	RESISTENCIA	RESISTENCIA PROMEDIO	PORCENTAJE ALCANZADO
#			días*	(cm)	(Kg)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(%)
1	22-nov-18	25-nov-18	3	10,0	14700,3	187,2	187	67
2	22-nov-18	25-nov-18		10,0	14628,2	186,3		
3	22-nov-18	29-nov-18	7	10,0	20444,3	260,3	259	93
4	22-nov-18	29-nov-18		10,0	20300,1	258,5		
5	22-nov-18	20-dic-18	28	10,0	21846,2	278,2	284	102
6	22-nov-18	20-dic-18		10,0	22799,5	290,3		

**CONTROL DE TRABAJABILIDAD**

DOSIFICACION DE ADITIVOS	HORA DE PRUEBA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	ASENTAMIENTOS	
			(cm)	pérdida
	10:00	0	18,5	

**CONTROL DE RESISTENCIAS**

Edad (días)	Resistencia (Kg/cm2)
3	187
7	259
28	284

**TIEMPO DE TRABAJABILIDAD**

Tiempo Transcurrido (min)	Asentamientos (cm)
0:00	18,5
0:14	18,5
0:28	18,5
0:43	18,5
0:57	18,5
1:12	18,5

Elaborado por: Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

**Tabla 10**  
**Porcentaje de absorción**

<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES L/E/M</b>										
<b>CORRECCIÓN DEL DISEÑO POR HUMEDAD</b>										
<b>PROYECTO:</b> Analisis de los Agregados				<b>RESISTENCIA A COMPRESION:</b> 280 kg/cm2						
<b>FECHA:</b> 22-nov-18										
MATERIAL	DOSIFICACION ESTADO SSS	CANTIDAD DE AGUA ADICIONAL	DOSIFICACION FINAL SSS	HUMEDAD NATURAL	ABSORCIÓN	DOSIFICACION EST. NATURAL	VOLUMENES	DENSIDADES EN SSS	PRUEBAS (ft)	
	Kg	Lt		%	%	Kg	m³	Kg/m³	<b>16</b>	
AGUA	198,0	<b>0,000</b>	198,0			237,7	0,1980	1000	3,80	
CEMENTO	400,0		400,0			400,0	0,1338	2990	6,40	
PIEDRA 1¼"	8		890,6	890,6	0,50	2,70	871,5	0,3362	2649	13,94
ARENA DE RIO	822,1		822,1	822,1	0,50	3,09	801,4	0,3223	2551	12,82
Sikament 115	0,8		3,2	3,2			3,2	2,667	1,2	42,67
0	0,0		0,0	0,0			0,0	0,000	1,19	0,00
AIRE							10,0000			
<b>SUMATORIA</b>	<b>2310,7</b>		<b>2310,7</b>			<b>2310,7</b>	<b>10,990</b>			

ASENTAMIENTO DEL HORMIGON	DENSIDAD TEÓRICA	<b>a/c</b>
cm	Kg/m³	
ver cuadro abajo	210,25	

**CONTROL DE RESISTENCIAS**

PROBETA #	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD días*	DIAMETRO (cm)	CARGA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm2)	PORCENTAJE ALCANZADO (%)
1	22-nov-18	25-nov-18	3	10,0	16895,4	215,1	213	76
2	22-nov-18	25-nov-18		10,0	16582,9	211,1		
3	22-nov-18	29-nov-18	7	10,0	21950,4	279,5	281	100
4	22-nov-18	29-nov-18		10,0	22214,7	282,8		
5	22-nov-18	20-dic-18	28	10,0	26052,0	331,7	332	118
6	22-nov-18	20-dic-18		10,0	26036,0	331,5		

**CONTROL DE TRABAJABILIDAD**

DOSIFICACION DE ADITIVOS	HORA DE PRUEBA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	ASENTAMIENTOS	
			(cm)	pérdida
	11:00	0	19,0	

**CONTROL DE RESISTENCIAS**

Edad (días)	Resistencia (Kg/cm2)
3	213
7	281
28	332

**TIEMPO DE TRABAJABILIDAD**

Tiempo Transcurrido (min)	Asentamientos (cm)
0:00	19,0
0:14	19,0
0:28	19,0
0:43	19,0
0:57	19,0
1:12	19,0

Elaborado por: Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

➤ Para finalizar con respecto al tercer objetivo específico, definir qué relación existe entre la adherencia de los agregados en la formación de la pasta hidratada de cemento portland y la resistencia a la compresión de hormigones simples.

**Tabla 11**

*Comparación de resultados de adherencia y resistencia con diferentes materiales*

MUESTRA	ADHERENCIA	RESISTENCIA
<b>CANTO RODADO</b>	92,22 %	62 %
<b>GRAVA ALARGADA</b>	93,08 %	87 %
<b>TRITURADA</b>		
<b>CANTERA DE</b>	93,88 %	102 %
<b>HUAYCO</b>		
<b>CANTERA DE MANABI</b>	94,01 %	118 %

*Elaborado por:* Franco Segura, R & Mora Onofre, K (2018)

La resistencia del hormigón aumenta con la edad del mismo, su resistencia y durabilidad para nuestro proyecto se comprueba la adherencia de los agregados en la pasta hidratada de cemento, utilizando diferentes agregados, los cuales son utilizados en el área de la construcción, de diferentes canteras

Canto rodado

Grava de Huayco

Agregado Triturado

Agregado de la cantera de Manabí

La resistencia del concreto está en función del tiempo de fraguado, a mayor edad, mayor resistencia, adherencia de los agregados

La resistencia a compresión de un concreto a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curado en forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad del mismo.

En nuestro proyecto se realizará, mezclas de hormigón utilizando diferentes agregados para comprobar su adherencia y poder probar cuál de los agregados tienen mejor comportamiento con la pasta de cemento hidratada.

Sin embargo, siempre ocurren variaciones en la adherencia de los agregados y por ende en la zona de transición interfacial, quien tiene su propia estructura, la cual afecta la resistencia del hormigón.

Los agregados y su adherencia a la pasta hidratada de cemento portland con el transcurrir de los años de vida del hormigón simple o armado provoca la exposición de sus componentes, produciéndose daños en la parte interna del hormigón por estar expuesta al ambiente.

Para nuestro proyecto se determina la influencia de la pasta hidratada de cemento portland en la adherencia de los agregados en los hormigones simples

Se realizan diferentes ensayos para analizar la adherencia de los agregados en la formación de la pasta hidratada de cemento portland y la resistencia a la compresión de hormigones simples

Definir qué relación existe entre la adherencia de los agregados en la formación de la pasta hidratada de cemento portland y la resistencia a la compresión de hormigones simples.

La resistencia del hormigón se ve afectada ya que es una mezcla heterogénea y sus diferentes materiales que la componen cuentan con diferentes características mecánicas que son las causantes de las variaciones en la calidad del hormigón. En proyectos estructurales obtener una resistencia del hormigón adecuada es muy importante porque esta resistencia es utilizada como base para el diseño y cálculo de los diferentes elementos estructurales (losas de pisos, vigas, columnas, muros).

## CONCLUSIONES

- De acuerdo a lo establecido en el objetivo general, mediante la toma de muestras de los agregados, realizando los ensayos para obtener el porcentaje de absorción y de cilindros para realizar los diferentes ensayos de resistencia a la compresión se obtuvieron valiosos datos que permitieron analizar la adherencia entre los agregados y la pasta de cemento y la resistencia a la compresión en hormigones simples.
- Con respecto al primer objetivo se obtuvo que al saturar los cilindros de hormigón simple con agua y luego secarlos en el horno podemos seguir realizando la diferencia entre los pesos de ambas condiciones obtener el porcentaje de vacíos en el hormigón y luego obtener la adherencia entre los agregados y la pasta de cemento al restar del 100 por ciento la cantidad de absorción que tienen los materiales, es decir, la cantidad de vacíos que existe, entendiendo que si la adherencia fuese 100 % si no existieran porcentaje de vacíos en el hormigón simple muestreado.
- Al continuar con las conclusiones de esta investigación debemos referirnos al segundo objetivo específico y pudimos medir que la resistencia aumenta o disminuye de acuerdo a la forma geométrica y características mecánicas del agregado, esto como resultado de los vacíos que puedan existir en la mezcla según la forma de los agregados, mientras los agregados tienen formas más irregulares y variadas de tamaños, de manera que se pueda lograr una mezcla más homogénea y compacta, la resistencia a la compresión del hormigón simple será mayor.
- Al verificar lo obtenido en el tercer objetivo específico, observamos que a medida que la adherencia entre los agregados y la pasta agua cemento portland es mayor también se incrementa la resistencia a la compresión, aunque en este estudio no se planteó el objetivo de conocer cuál es la relación matemática entre la adherencia y la resistencia a la compresión.
- La adherencia de la pasta de cemento varía de acuerdo a la mezcla de varios agregados con diferentes proporciones, ocasionando variaciones en la adherencia

de los agregados y por ende en la zona de transición interfacial, la cual tiene su propia estructura, afectando la resistencia del hormigón, de tal manera que al obtener los resultados de nuestros ensayos se pudo observar que cuando la adherencia entre los agregados y la pasta de cemento portland es mayor, la resistencia del hormigón simple también aumentará. De tal manera que con esta premisa se pueden prever comportamientos de hormigones simples con respecto a su resistencia a la compresión, al conocer la adherencia de los agregados y la pasta de cemento portland, es más se pudiera hacer unas curvas con un modelo matemático que permitiría saber cómo se comporta la resistencia con respecto a la adherencia, es decir, cual es la relación matemática que existe entre ellas pero para ello se requiere realizar otro estudio que se plantee ese objetivo, pudieran incluso realizarse unas curvas con esos comportamientos.

## RECOMENDACIONES

- Con respecto a lo planteado en el objetivo general de esta investigación los próximos investigadores que quieran estudiar este tema deben realizar una mayor cantidad de muestras que permitan validar un modelo matemático o un ábaco con curva que describan el comportamiento relacionado entre la adherencia de los agregados y la pasta de cemento portland y la resistencia a la compresión del hormigón simple.
- En cuanto al primer objetivo recomendamos a los constructores de obras civiles usar materiales donde el porcentaje de absorción o vacíos en la mezcla sea bajo, de tal manera, que la adherencia entre los agregados y la pasta de cemento sea la más alta posible, para obtener de esta manera las resistencias de diseño.
- Se recomienda a los ingenieros de diseño de mezcla usar agregados con formas irregulares y características mecánicas apropiadas para obtener las resistencias de diseño.
- Se recomienda a los nuevos investigadores, realizar un nuevo estudio, donde se analice las adherencias de los agregados y la pasta agua – cemento con respecto a la resistencia del hormigón, pero con un mismo tipo de agregados y variando la adherencia a través del aumento del porcentaje de vacíos con inyección de aire en la toma de cilindros para una misma resistencia y de esta manera descartar los cambios en la resistencia por las características mecánicas propias de cada agregado.

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía

- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2010). *Naturaleza y Materiales del concreto*. Lima.
- Carvajal, P. (1998 - 2014).
- Galacia Pérez, M. A., & Velásquez Curo, M. A. (2016). *Análisis Comparativo De La Resistencia A La Compresión De Un Concreto Acicionado Con Ceniza de Rastrojo de Maíz Elaborado con Agregados de Las Cantenas de Cunyac y Vicho con Respecto a un concreto Patrón de calidad  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>*. Cusco.
- González Cuevas, O. (2005). *Aspectos fundamentales de concreto redorzado*. México: Limusa.
- LOPEZ, G. A. (2015). CONCRETO SIMPLE. En G. A. LOPEZ, *CONCRETO SIMPLE* (pág. 67). CAUCA.
- Neville. (2014).
- Neville, & Rivera, I. G. (2016).
- Neville, A. (2013). *Tecnología del concreto*. Mexico .
- Pasquel Carvajal, E. (1998). *Temas de Tecnología del concreto*. Lima.
- Rivera Lopez, G. A. (2015).
- Sanchez, N. (2018). *civilgeeks.com*. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2013/11/27/comportamiento-y-caracteristicas-del-hormigon-concreto/>
- Gavilanes, A. (2016). *Determinación de la resistencia a compresión de hormigón* . Ambato.
- rural, C. d. (2017). *Morteros* . Castilla.
- Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles. (2005). CIR SOC 201-205 Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- Elizondo Valverde, G. O. (2013). Resistencia vs. relación A/C del concreto a tres edades y con dos tipos de cemento(UG y MP-AR). Costa Rica .
- Galacia Pérez, M. A., & Velásquez Curo, M. A. (2016). *Análisis Comparativo*

De La Resistencia A La Compresión De Un Concreto Acicionado Con Ceniza de Rastrojo de Maíz Elaborado con Agregados de Las Cantenas de Cunyac y Vicho con Respecto a un concreto Patrón de calidad  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Cusco.

➤ González Cuevas, O. (2005). Aspectos fundamentales de concreto redorzado. México: Limusa.

ARQUIGRAFICO. (2012). Tipos de morteros para la construcción. Recuperado 21 de noviembre de 2018, a partir de <https://goo.gl/xmg147>

blog de la construcción. (2018). Agregados para la elaboración de concreto. Recuperado 21 de noviembre de 2018, a partir de <https://goo.gl/9HYfx2>

Clasificados. (2011). Agregados. Recuperado 21 de noviembre de 2018, a partir de <https://goo.gl/nFHpoZ>

Copyright C.T. (2010). Cementos. Recuperado 20 de noviembre de 2018, a partir de <https://goo.gl/Q7RM5t>

Eddy.H. (2009). Aditivos para Concreto. Recuperado 21 de noviembre de 2018, a partir de <https://goo.gl/9Z6nTU>

Eddy.H. (2012). Peso Unitario. Recuperado 21 de noviembre de 2018, a partir de <https://goo.gl/rtvbFQ>

Gerardo A.y Rivera L. (2015). Resistencia del Concreto (p. 33).

Jose Alberto Bernal Arias. (2009). Agravado Grueso del Concreto. Recuperado 20 de noviembre de 2018, a partir de <https://goo.gl/V2aXUS>

Laureano Cornejo. (2014). zonas de interacción interfacial ITZ en materiales

cementíceos. Recuperado 28 de octubre de 2018, a partir de <https://goo.gl/1AkYKu>

MAPEI. (2017). El consumo de cemento. Recuperado 21 de noviembre de 2018, a partir de <https://goo.gl/BAqaPr>

SITECAL. (2012). *AGREGADOS*.

## ANEXOS 1



Toma de Peso Volumétrico Suelto y Compactado:





Curados de Testigos en Piscinas con Temperatura Normalizada:



Peso y roturas de los testigos en la Prensa Hidráulica:



Prensa Hidráulica:

