



**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  
INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CON  
RIPIO Y MEZCLAS DE HORMIGÓN TRADICIONAL**

**TUTOR**

**Ing. JAVIER NICOLAS ARECHE GARCÍA**

**AUTORES**

**CARLOS ALFONSO BUSTAMANTE COLLAGUAZO**

**GUAYAQUIL**

**2021**



<b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CON RIPIO Y MEZCLAS DE HORMIGÓN TRADICIONAL	
<b>AUTOR/ES:</b> Carlos Alfonso Bustamante Collaguazo	<b>REVISORES O TUTORES:</b> <b>PHD .MSC. JAVIER ARECHE GARCÍA</b>
<b>INSTITUCIÓN:</b> <b>Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil</b>	<b>Grado obtenido:</b> Ingeniero Civil
<b>FACULTAD:</b> Facultad de Ingeniería, Industria y construcción	<b>CARRERA:</b> Ingeniero Civil
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2021	<b>N. DE PAGS:</b> <b>210</b>
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> construcción, arena, diseño, pavimento, material	
<b>RESUMEN:</b> El presente desarrollo investigativo, busca analizar y comparar las características mecánicas resultantes de dos tipos de configuración de hormigón y sus respectivas dosificaciones para las resistencias establecidas, a partir del empleo del ripio como agregado y su homólogo de carácter tradicional. El autor busca identificar las cualidades mecánicas y físicas del hormigón compuesto con ripio como agregado, y determinar si tienen parecidos coeficientes que resulte útil su utilización para ciertos elementos que así lo requieran y pueda remplazarse contra el tradicional como medida alterna, en elementos o construcciones cuyo acceso a materiales para la composición tradicional sea nula, excasa o limitada.	

<p>Este trabajo de investigación se ha dividido y estructurado bajo 4 ejes y capítulos, iniciando con el diseño de la investigación propuesta, el desarrollo de un marco teórico compuesto de tres sub áreas, antecedentes, marco conceptual y marco legal, el tercer apartado será la metodología empleando a lo largo de la investigación y finalmente los resultados que se denominará como propuesta. La temática al tratarse de una investigación de carácter experimental basa su mayor información en la ejecución de pruebas de laboratorio para determinar los coeficientes requeridos</p>		
<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 checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Carlos Alfonso Bustamante Collaguazo	<b>Teléfono:</b> +593 939400756	<b>E-mail:</b> cafubustamante@hotmail.com
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Mg. Alex Salvatierra Espinoza <b>Teléfono:</b> 2596500 <b>Ext.</b> 241 DECANATO <b>E-mail:</b> asalvatierrae@ulvr.edu.ec Mgs. Dis. María Eugenia Dueñas <b>Teléfono:</b> 2596500 <b>Ext.</b> 209 DIRECCION CARRERA <b>E-mail:</b> mduenasb@ulvr.edu.ec	

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

## TESIS CARLOS BUSTAMANTE / JAVIER ARECHE 3 *por Carlos Bustamante Collaguazo*

---

**Fecha de entrega:** 17-sep-2021 12:01a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1650489521

**Nombre del archivo:** tesis\_12\_de\_septiembre\_2021\_carlos\_tesis\_Ripio\_1.docx (12.05M)

**Total de palabras:** 28498

**Total de caracteres:** 151503

---

# TESIS CARLOS BUSTAMANTE / JAVIER ARECHE 3

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---



## ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

---

6%  
★ Submitted to Universidad Alas Peruanas  
Trabajo del estudiante

---

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias < 2%



## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

El estudiante egresado CARLOS ALFONSO BUSTAMANTE COLLAGUAZO declara bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CON RIPIO Y MEZCLAS DE HORMIGÓN TRADICIONAL, corresponde totalmente al suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor



Firma:

CARLOS ALFONSO BUSTAMANTE COLLAGUAZO

C.I. 0925845505

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CON RIPIO Y MEZCLAS DE HORMIGÓN TRADICIONAL designado 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: ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN CON RIPIO Y MEZCLAS DE HORMIGÓN TRADICIONAL presentado por los estudiantes CARLOS ALFONSO BUSTAMANTE COLLAGUAZO como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

Ing. JAVIER NICOLAS ARECHE GARCÍA

## **AGRADECIMIENTO**

**Agradezco a Dios, gracias por brindarme la fortaleza y dedicación, y a los valores que fueron forjados por mi padre y madre que me permiten culminar mi formación profesional. Doy gracias a mis padres y hermanos quienes fueron mi apoyo incondicional por la fé y confianza en mis capacidades para culminar mi carrera universitaria. Así como agradezco a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE, a la FACULTAD DE INGENIERA Y CONSTRUCCIÓN por brindarme la oportunidad de realizar mi formación profesional. Al MSC. ALEX SALVATIERRA DECANO de la Universidad por el apoyo brindado en mi preparación académica. Al PDH. ARECHE GARCIA NICOLAS JAVIER mi Tutor por ser mi guía y motivación en los momentos de incertidumbre, gracias a los conocimientos que me otorgó y de ese modo he llegado a cumplir mi meta.**

**Mi más profundo agradecimiento a toda la facultad, a todos los docentes que generosamente me aportaron conocimientos para que este objetivo sea posible.**



## **DEDICATORIA**

**A Dios que me ha dado la fortaleza para seguir con mis objetivos y metas. Este título está dedicado a toda mi familia que ha sido mi soporte durante este proceso y sueño profesional. De modo principal se lo dedico a mi madre LCDA. LETICIA VICTORIA COLLAGUAZO DOMINGUEZ, A MI PADRE ING. CARLOS ALFONSO BUSTAMANTE CHAMOUN Y HERMANOS. MSC. JUAN CARLOS BUSTAMANTE COLLAGUAZO. MSC. ALVARO ALFONSO BUSTAMANTE COLLAGUAZO. ING. XAVIER VICENTE BUSTAMANTE COLLAGUAZO. Este título también va dedicado a mi esposa PSIC.MARIA DE LOS ÁNGELES AGUIAR HERVAS Y MI HIJO CARLOS EMILIANO BUSTAMANTE AGUIAR. Que son mi inspiración y el pilar fundamental en mi vida.**

**Quiero mencionar a mi madre LA LCDA. LETICIA DE BUSTAMANTE. Quien ha sido incondicional en mi vida en especial en aquellos momentos cuando he sentido que no puedo más, ella con sus firmes y también delicadas palabras maternales ha sabido llegar a mí. Con su ejemplo de constancia me ha enseñado que debo valorar el día a día y continuar pese a los obstáculos que se puedan presentar en el camino.**

**Gracias Mamá.**

## ÍNDICE GENERAL

<b>PORTADA</b> .....	i
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES</b> .....	vi
<b>CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR</b> .....	vii
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	II
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	VI
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	VI
<b>1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	- 2 -
1.1. Tema .....	- 2 -
1.2. Planteamiento del Problema .....	- 2 -
1.3. Formulación del Problema .....	- 3 -
1.4. Sistematización del Problema .....	- 3 -
1.5. Objetivo General .....	- 3 -
1.6. Objetivos Específicos .....	- 3 -
1.7. Justificación .....	- 4 -
1.8. Delimitación del Problema .....	- 6 -
1.9. Hipótesis o Idea a Defender .....	- 6 -
1.10. Línea de Investigación Institucional/Facultad .....	- 6 -
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	- 7 -
2.1. Marco teórico .....	- 7 -
2.1.1. Antecedentes .....	- 7 -
2.1.2. MARCO TEÓRICO .....	- 12 -
2.1.3. RIPIO .....	- 12 -
2.1.3.1. Ripio concepto .....	- 12 -
2.1.3.2. Obtención del ripio .....	- 13 -
2.1.3.3. Descripción general del ripio .....	- 14 -
2.1.3.4. Producción de ripio .....	- 14 -
2.1.3.5. Características del ripio .....	- 14 -
2.1.3.6. Calidad en obras con ripio .....	- 19 -

2.1.3.7. Ventajas:.....	- 20 -
2.1.3.8. Aplicaciones:.....	- 20 -
2.1.4. Mezcla de hormigón Tradicional .....	- 22 -
2.1.4.1. Hormigón tradicional .....	- 22 -
2.1.4.2. Propiedades el hormigón. ....	- 23 -
2.1.4.3. Durabilidad .....	- 23 -
2.1.4.4. Definición de la agresión exterior .....	- 23 -
2.1.4.5. Propiedades del hormigón fresco .....	- 26 -
2.1.4.6. Tipos de hormigón .....	- 30 -
2.1.4.7. Propiedades mecánicas.....	- 36 -
2.1.4.8. Propiedades reológicas .....	- 38 -
2.1.4.9. Diagrama tensión-deformación del hormigón .....	- 39 -
2.1.4.10. Dosificación.....	- 40 -
2.1.5. Cemento.....	- 41 -
2.1.5.1. Compuestos del cemento.....	- 42 -
2.1.5.2. Tipos de cemento.....	- 43 -
2.1.6. Agregados para la elaboración del concreto.....	- 44 -
2.1.6.1. Agregado fino .....	- 45 -
2.1.6.2. Agregado grueso .....	- 46 -
2.2. Marco Conceptual .....	- 49 -
2.2.1. Canto rodado.....	- 49 -
2.2.2. Granulometría .....	- 49 -
2.2.3. Finura del cemento.....	- 49 -
2.2.4. Densidad.....	- 49 -
2.2.5. Cantidad de aire en el hormigón .....	- 49 -
2.2.6. Abrasión .....	- 50 -
2.2.7. Dosificación. ....	- 50 -
2.2.8. Humedad.....	- 50 -
2.2.9. Agua para hormigón. ....	- 50 -
2.2.10. Módulo de finura. ....	- 50 -
2.2.11. Mezcla de concreto.....	- 51 -
2.2.12. Aditivo plastificante. ....	- 51 -

2.2.13. Probeta.....	- 51 -
2.2.14. Fraguado.....	- 51 -
2.2.15. Temperatura del hormigón.....	- 51 -
2.2.16. Exudación del hormigón.....	- 52 -
2.2.17. Curado.....	- 52 -
2.2.18. Retracción del hormigón.....	- 52 -
2.2.19. Hormigón bombeado.....	- 52 -
2.2.20. Compresión.....	- 52 -
2.2.21. Flexión.....	- 52 -
2.3. Marco Legal.....	- 53 -
2.4.1. Normativa nacional.....	- 53 -
2.4.1.1. Constitución de la republica del ecuador (Ecuador, Constitucion Del Ecuador, 2008), en los siguientes artículos nos habla del derecho que tienen todas las personas.....	- 53 -
Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida.....	- 55 -
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>- 58 -</b>
<b>3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>- 58 -</b>
3.1. Metodología.....	- 58 -
3.2. Tipo de investigación.....	- 59 -
3.3. Enfoque.....	- 60 -
3.4. Técnicas de la investigación.....	- 60 -
3.4.1. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO.....	- 61 -
3.4.2. RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO.....	- 63 -
3.4.3. RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO METODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ.....	- 67 -
3.5. Población.....	- 71 -
3.6. Muestra.....	- 72 -
3.7. Análisis de resultados.....	- 74 -
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>- 100 -</b>
<b>4. INFORME FINAL.....</b>	<b>- 100 -</b>
4.1. Origen del informe.....	- 100 -
4.2. Detalle del informe final.....	- 100 -

4.3. Resultados según el primer objetivo. ....	- 101 -
4.4. Elaboración de los ensayos, para realizar los diseños con el material tradicional de 210 kg/cm <sup>2</sup> - 250 kg/cm <sup>2</sup> - 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	- 101 -
4.4.1. Elaboración y cálculo del contenido de humedad del agregado grueso y fino... -	102 -
4.4.2. Elaboración y cálculo del contenido de sulfato del agregado grueso y fino. ....	- 104 -
4.4.3. Elaboración y cálculo del contenido de abrasión del agregado grueso.....	- 106 -
4.4.4. Elaboración y cálculo de la gravedad específica y absorción del agregado grueso y fino.....	- 107 -
4.4.5. Elaboración y cálculo del peso específico del agregado grueso y fino .....	- 109 -
4.4.6. Elaboración y cálculo de la granulometría del agregado grueso y fino .....	- 111 -
4.5. Cálculo del diseño de hormigón f'c 210 k/cm <sup>2</sup> .....	- 113 -
4.6. Cálculo del diseño de hormigón f'c 250 k/cm <sup>2</sup> .....	- 118 -
4.7. Cálculo del diseño de hormigón f'c 280 k/cm <sup>2</sup> .....	- 123 -
4.8. Elaboración de los ensayos para realizar los diseños con el material de ripio de 210 kg/cm <sup>2</sup> - 250 kg/cm <sup>2</sup> - 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	- 128 -
4.8.1. Elaboración y cálculo del contenido de humedad del agregado grueso y fino... -	128 -
4.8.2. Elaboración y cálculo del contenido de sulfato del agregado grueso y fino .....	- 130 -
4.8.3. Elaboración y cálculo del contenido de abrasión del agregado grueso.....	- 132 -
4.8.4. Elaboración y cálculo de la gravedad específica y absorción del agregado grueso y fino .....	- 133 -
4.8.5. Elaboración y cálculo del peso específico del agregado grueso y fino .....	- 135 -
4.8.6. Elaboración y cálculo de la granulometría del agregado grueso y fino .....	- 137 -
4.9. Cálculo del diseño de hormigón con ripio f'c 210 k/cm <sup>2</sup> .....	- 139 -
4.10. Cálculo del diseño de hormigón con ripio f'c 250 k/cm <sup>2</sup> .....	- 144 -
4.11. Cálculo del diseño de hormigón de ripio f'c 280 k/cm <sup>2</sup> .....	- 149 -
4.12. Resultados según el segundo objetivo. ....	- 154 -
4.13. Cuadro de la rotura a compresión de los cilindros del diseño de hormigón con ripio-	155 -
-	
4.14. Cuadro de rotura a flexión de las vigas de hormigón con ripio .....	- 156 -
4.15. Resultados según el tercer objetivo .....	- 156 -
4.16. Cuadro de la rotura a compresión de los cilindros del diseño de hormigón tradicional... -	158 -

4.17. Cuadro de rotura a flexión de las vigas de hormigón tradicional.....	- 159 -
4.18. Resultados según el cuarto objetivo.....	- 160 -
4.19. Conclusiones .....	- 180 -
4.20. Recomendaciones .....	- 183 -
<b>Bibliografía.....</b>	<b>- 185 -</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Línea de Investigación Institucional/Facultad.....	6
<b>Tabla 2:</b> Tolerancia permitida.....	66
<b>Tabla 3:</b> Tamaño nominal.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Arcilla negra .....	- 13 -
<b>Figura 2:</b> Ripio uso general .....	- 13 -
<b>Figura 3:</b> Análisis de un suelo con proporciones ideales en su material ripiol.....	- 15 -
<b>Figura 4:</b> Curva densidad vs contenido de humedad (proctor).....	- 17 -
<b>Figura 5:</b> Curva densidad vs contenido de humedad (proctor).....	- 17 -
<b>Figura 6:</b> Curva densidad vs contenido de humedad (proctor).....	- 18 -
<b>Figura 7:</b> Curva densidad vs contenido de humedad (proctor).....	- 19 -
<b>Figura 8:</b> Sistema constructivo básico. ....	- 20 -
<b>Figura 9:</b> Detalle constructivo de un cimiento.....	- 21 -
<b>Figura 11:</b> <i>Recubrimiento mínimo (mm) para las clase generales I y II.</i> .....	- 25 -
<b>Figura 10</b> Criterio de dosificación y criterio del hormigón. ....	- 25 -

<b>Figura 12:</b> Recubrimiento mínimo (mm) para las clase generales III y IV. ....	- 26 -
<b>Figura 13:</b> Ensayo de cono de Abrams para la medida de la consistencia. ....	- 28 -
<b>Figura 14:</b> Valores límites de los asientos según la consistencia ....	- 28 -
<b>Figura 15:</b> Valores límites de los asientos según su consistencia. ....	- 29 -
<b>Figura 16:</b> Fisuras de retracción. ....	- 29 -
<b>Figura 17:</b> Hormigón drenante. ....	- 31 -
<b>Figura 18:</b> Hormigón autocompactante. ....	- 32 -
<b>Figura 19:</b> Hormigón ligero. ....	- 34 -
<b>Figura 20:</b> Ensayo para la obtención de la resistencia a tracción del hormigón. ....	- 38 -
<b>Figura 21:</b> Diagrama noval tensión-deformación del hormigón. ....	- 40 -
<b>Figura 22:</b> Granulometría de la arena. ....	- 45 -
<b>Figura 23:</b> Límites de sustancias nocivas en el agregado fino. ....	- 45 -
<b>Figura 24:</b> Agregado grueso. ....	- 46 -
<b>Figura 25:</b> Requisito granulométrico del agregado grueso. ....	- 47 -
<b>Figura 26:</b> Límites de sustancias nocivas en el agregado grueso. ....	- 48 -
<b>Figura 27:</b> Grupo de estudio. ....	- 73 -
<b>Figura 28:</b> Contenido de humedad agregado grueso. ....	- 102 -
<b>Figura 29:</b> Contenido de humedad agregado fino. ....	- 103 -
<b>Figura 30:</b> Ensayo de sulfato agregado grueso. ....	- 104 -
<b>Figura 31:</b> Ensayo de sulfato agregado fino. ....	- 105 -
<b>Figura 32:</b> Ensayo de abrasión agregado grueso. ....	- 106 -
<b>Figura 33:</b> Ensayo de gravedad específica agregado fino. ....	- 107 -
<b>Figura 34:</b> Ensayo de gravedad específica agregado grueso. ....	- 108 -
<b>Figura 35:</b> Ensayo de peso unitario agregado fino. ....	- 109 -
<b>Figura 36:</b> Ensayo de peso unitario agregado grueso. ....	- 110 -
<b>Figura 37:</b> Ensayo de granulométrico. ....	- 111 -
<b>Figura 38:</b> Ensayo granulométrico agregado fino. ....	- 112 -
<b>Figura 39:</b> Asentamiento para diseño de hormigón. ....	- 113 -
<b>Figura 40:</b> Ensayo de coeficiente de varianza. ....	- 114 -
<b>Figura 41:</b> Ensayo de relación agua cemento. ....	- 115 -
<b>Figura 42:</b> Ensayo de contenido de aire. ....	- 116 -
<b>Figura 43:</b> Ensayo de diseño de hormigón. ....	- 117 -
<b>Figura 44:</b> Asentamiento para diseño de hormigón. ....	- 118 -
<b>Figura 45:</b> Ensayo de coeficiente de varianza. ....	- 119 -
<b>Figura 46:</b> Ensayo de relación agua cemento. ....	- 120 -
<b>Figura 47:</b> Ensayo de contenido de aire. ....	- 121 -
<b>Figura 48:</b> Ensayo de diseño de hormigón. ....	- 122 -
<b>Figura 49:</b> Asentamiento para diseño de hormigón. ....	- 123 -
<b>Figura 50:</b> Ensayo de coeficiente de varianza. ....	- 124 -
<b>Figura 51:</b> Ensayo de relación agua cemento. ....	- 125 -
<b>Figura 52:</b> Ensayo de contenido de aire. ....	- 126 -
<b>Figura 53:</b> Ensayo de diseño de hormigón. ....	- 127 -
<b>Figura 54:</b> Ensayo de contenido de humedad agregado grueso. ....	- 128 -

<b>Figura 55:</b> Ensayo de contenido de humedad agregado fino. ....	- 129 -
<b>Figura 56:</b> Ensayo de contenido de sulfato agregado grueso.....	- 130 -
<b>Figura 57:</b> Ensayo de sulfato agregado fino. ....	- 131 -
<b>Figura 58:</b> Ensayo de abrasión. ....	- 132 -
<b>Figura 59:</b> Ensayo de gravedad específica agregado grueso. ....	- 133 -
<b>Figura 60:</b> Ensayo de gravedad específica agregado fino. ....	- 134 -
<b>Figura 61:</b> Ensayo de peso específico agregado grueso. ....	- 135 -
<b>Figura 62:</b> Ensayo de peso unitario agregado fino.....	- 136 -
<b>Figura 63:</b> Ensayo de granulométrico agregado grueso. ....	- 137 -
<b>Figura 64:</b> Ensayo de granulométrico agregado fino. ....	- 138 -
<b>Figura 65:</b> Asentamiento para diseño de hormigón. ....	- 139 -
<b>Figura 66:</b> Ensayo de coeficiente de varianza.....	- 140 -
<b>Figura 67:</b> Ensayo de relación agua cemento. ....	- 141 -
<b>Figura 68:</b> Ensayo de contenido de aire. ....	- 142 -
<b>Figura 69:</b> Ensayo de diseño de hormigón. ....	- 143 -
<b>Figura 70:</b> Asentamiento para diseño de hormigón. ....	- 144 -
<b>Figura 71:</b> Ensayo de coeficiente de varianza.....	- 145 -
<b>Figura 72:</b> Ensayo de relación agua cemento. ....	- 146 -
<b>Figura 73:</b> Ensayo de contenido de aire.....	- 147 -
<b>Figura 74:</b> Ensayo de diseño de hormigón. ....	- 148 -
<b>Figura 75:</b> Asentamiento para diseño de hormigón. ....	- 149 -
<b>Figura 76:</b> Ensayo de coeficiente de varianza. ....	- 150 -
<b>Figura 77:</b> Ensayo de relación agua cemento. ....	- 151 -
<b>Figura 78:</b> Ensayo de contenido de aire.....	- 152 -
<b>Figura 79:</b> Ensayo de diseño de hormigón. ....	- 153 -
<b>Figura 80:</b> Ensayo de rotura a la compresión de hormigón con ripio.....	- 155 -
<b>Figura 81:</b> Ensayo de rotura a flexión de hormigón con ripio. ....	- 156 -
<b>Figura 82:</b> Ensayo de rotura a la compresión de hormigón tradicional. ....	- 158 -
<b>Figura 83:</b> Ensayo de rotura a flexión de hormigón tradicional.....	- 159 -
<b>Figura 84:</b> Resumen de los ensayos. ....	- 160 -



## INTRODUCCIÓN

El presente desarrollo investigativo, busca analizar y comparar las características mecánicas del resultado obtenido de los dos diseños de hormigón propuesto y así determinar su resistencia establecida, a partir del empleo del ripio como agregado y su homólogo de carácter tradicional.

El autor busca identificar las cualidades mecánicas y físicas del hormigón compuesto con ripio como agregado, y determinar si tienen parecidos coeficientes que resulte útil su utilización para ciertos elementos que así lo requieran y pueda remplazarse contra el tradicional como medida alterna, en elementos o construcciones cuyo acceso a materiales para la composición tradicional sea nula, escasa o limitada.

Este trabajo de investigación se ha dividido y estructurado bajo 4 ejes y capítulos, iniciando con el diseño de la investigación propuesta, el desarrollo de un marco teórico compuesto de tres subáreas, antecedentes, marco conceptual y marco legal, el tercer apartado será la metodología empleando a lo largo de la investigación y finalmente los resultados que se denominará propuesta. La temática al tratarse de una investigación de carácter experimental basa su mayor información en la elaboración de las pruebas realizadas para determinar los coeficientes requeridos.

# CAPÍTULO I

## 1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Tema

Análisis Comparativo de Mezclas de Hormigón con ripio y mezclas de hormigón tradicional.

### 1.2. Planteamiento del Problema

El Instituto Norteamericano del Hormigón (A.C» I.), en su Norma 211.2-69, define al hormigón liviano estructural como un hormigón de áridos livianos que cumplen la Norma ASTM 330; que su resistencia a compresión supere a  $173 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días y posee un peso de la unidad de volumen, seco al aire, inferior a  $1840 \text{ kg/m}^3$ ; esto nos indica que se puede utilizar distintos tipos de materiales tales como el ripio.

En nuestro país Ecuador existe material de ríos o canto rodado que se lo conoce que muchos lo utilizan como parte de los agregados para la elaboración del hormigón, sobre todo los sectores rurales del Ecuador. La utilización de este material no está considerada dentro de las Norma Ecuatoriana de la Construcción, que es la que recomienda el tipo de agregado para su dosificación que debe tener un hormigón estructural. Esto conlleva a que se sigan empleando sistemas constructivos que afectan las características mecánicas del hormigón.

El problema de su utilización es que es un material redondeado de arista no viva que no permite una buena adherencia en su elaboración provocando deterioro con el tiempo, el material idóneo es la piedra triturada con aristas vivas que permite una buena adherencia. En la fabricación del hormigón.

### **1.3. Formulación del Problema**

¿Cómo se comportan las características mecánicas de las mezclas de hormigón con ripio con respecto a las características de las mezclas de hormigón tradicional?

### **1.4. Sistematización del Problema**

¿Cuáles son las dosificaciones requeridas para hormigón con ripio con resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>?

¿Cuáles son las características mecánicas del hormigón con ripio para las resistencias 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>?

¿Cómo se comporta las características mecánicas del hormigón tradicional para las resistencias 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>?

¿Cuál sería el comportamiento de las característica mecánicas del hormigón tradicional con las características mecánica del hormigón con ripio para las resistencias 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>?

### **1.5. Objetivo General**

Comparar las características mecánicas de las mezclas de hormigón con ripio, con las características mecánicas de las mezclas de hormigón tradicional.

### **1.6. Objetivos Específicos**

- Determinar las dosificaciones requeridas para hormigón con ripio con resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>.

- Identificar las características mecánicas del hormigón con ripio para las resistencias  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$
- Determinar las características mecánicas del hormigón tradicional para las resistencias  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$
- Comparar las características mecánicas del hormigón tradicional con las características mecánicas del hormigón con ripio para las resistencias  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$

### **1.7. Justificación**

El desarrollo del presente trabajo de investigación se fundamenta en cinco pasos fundamentales siendo estos de carácter teórico, práctico, metodológico, social y legal. Como es la necesidad del hormigón en el sector de la construcción.

Realizar los análisis de los materiales alternos, que estén dentro de los parámetros requeridos en las especificaciones técnicas para su utilización en la construcción local o nacional. Debido a la obtención de los agregados para la elaboración del hormigón tradicional, es a veces limitado en ciertos lugares por sus escasos y a veces hay que recurrir a otros agregados pero debe cumplir con las especificaciones requeridas para su utilización.

Ante la falta de materiales alternativos, es loable el desarrollo del presente análisis. El estudio de este tema nace en la aplicación de los conocimientos adquiridos en las aulas de la universidad para realizar una investigación del uso del ripio en el hormigón y que este cumpla los parámetros necesarios recomendados en las especificaciones respectivas, objetivo de identificar las mejoras que se deben ejecutar para su obtención.

Este estudio como guía para los constructores, Ingenieros Civiles, maestros albañiles, contratistas o empresas contratantes para utilizar el ripio como parte de la dosificación de los agregados para el hormigón y cumplan con lo establecido en las normas

Desde la visión práctica este estudio refleja resultados que con certeza indican si la mezcla con ripio, evidentemente más económica, cumple con lo solicitado o con las resistencias que se requieren, optimizando recursos económicos y materiales, brindando

importantes beneficios a los constructores, Ingenieros Civiles, maestros albañiles, contratistas y/o empresas contratantes.

Desde una perspectiva metodológica este estudio proporciona aspectos relevantes al uso metodológico del paradigma cuantitativo aplicado a temas constructivos, que podrán ser utilizados replicados o mejorados en futuras investigaciones.

Y finalmente basándonos en los objetivos planteados en el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 que indica entre sus ejes temáticos y de acción:

A incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada. Promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo, la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, para impulsar el cambio de la matriz productiva mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades. Implementar sistemas constructivos seguros y energéticamente eficientes en zonas de alta exposición a amenazas de origen natural y antrópico.

Resulta imprescindible el desarrollo de nuevas alternativas cumpliendo con todos los estándares establecidos en la Normas Técnica Ecuatoriana de la Construcción.

Por lo expuesto es necesario realizar trabajos alternativos que ayuden a contribuir materiales innovadores que contribuyan a la comunidad.

## 1.8. Delimitación del Problema

<b>Campo:</b>	Educación Superior. Tercer nivel de grado
<b>Área:</b>	Ingeniería civil
<b>Aspecto:</b>	Investigación experimental
<b>Tema:</b>	Análisis Comparativo de Mezclas de Hormigón con ripio y mezclas de hormigón tradicional.
<b>Delimitación Espacial:</b>	Los Ríos - Quevedo
<b>Delimitación Temporal:</b>	6 meses.

## 1.9. Hipótesis o Idea a Defender

Las características mecánicas de las mezclas de hormigón con ripio son similares a las características mecánicas de las mezclas de hormigón tradicional.

## 1.10. Línea de Investigación Institucional/Facultad.

**Tabla 1**

*Línea de Investigación Institucional/Facultad*

Dominio	Línea de investigación institucional	Sub línea
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Materiales de construcción

Fuente: (ULVR, 2020)

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Marco teórico

##### 2.1.1. Antecedentes

Se analizan temas correspondiendo al proyecto de titulación con el fin de adquirir conocimientos de las experiencias de los diferentes autores, los cuales trataron de alguna forma el análisis de los materiales a utilizar.

Para la primera variable mezcla de hormigón con ripio analizaremos las siguientes tesis:

Para la variable de mezcla de hormigón con ripio utilizando la siguiente investigación titulada “Estudio de los materiales piedra y arena utilizados para la elaboración del hormigón en el cantón la troncal provincia del cañar” realizado por Oswaldo Amay Carchi, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, presentada en la fecha Guayaquil Ecuador 2018.

Amay (2018), en su tema de tesis. El propósito de este trabajo es hacer el estudio de estos materiales piedra y arena mediante ensayos de laboratorio, para conocer sus resistencias tanto físicas, mecánicas y mineralógicas. Se propone tres diseños de hormigón de resistencia 240 Kg/cm<sup>2</sup>, 350 Kg/cm<sup>2</sup> y de 450 Kg/cm<sup>2</sup>, utilizando el método ACI, con materiales de canto rodado (ripio) extraídos de dos minas del río Bulu bulu. Se propone también diseñar un hormigón con material triturado y comparar resistencias tanto a flexión como a compresión con un hormigón fabricado con ripio.

Esta tesis nos sirve para comparar los ensayos y la resistencia del ripio y del material triturado con el tema de investigación planteado en esta tesis, tendremos datos de guía para la elaboración de todos los ensayos y los diseños respectivos.

Continuando con la variable utilizamos la siguiente investigación titulada “Comprobación de las propiedades físico - mecánicas de un hormigón elaborado con agregados gruesos de origen triturado y zarandeado” realizado por Chacón Espín Jonatan Alexander y Torres Obando Freddy Ricardo, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL, presentada en la fecha Quito-Ecuador en el 2016.

Chacón y Torres (2016) , en su tema de tesis. El presente trabajo consiste en hacer un análisis comparativo de las características físico - mecánicas de los agregados gruesos como son: el ripio triturado y el ripio zarandeado procedentes de la mina Rooka Pelufo. Y elaborar mezclas de hormigón con cada uno de los agregados gruesos antes mencionados en forma separada, considerando la misma arena para todas los casos, diseñados para las resistencias especificadas de 21MPa y 28MPa; y determinar los costos estimados y cantidades necesarias de los materiales para realizar 1m<sup>3</sup> de hormigón, para las mezclas realizadas con ripio triturado y las mezclas realizadas con ripio zarandeado, y compararlos entre sí y determinar si es posible utilizar el ripio zarandeado, sin ningún tipo de preparación previa, para la realización de hormigones hasta resistencias de 28MPa.

Esta tesis aporta con la utilización del ripio como parte del diseño de hormigón en cuanto a su resistencia, la cual podemos realizar una comparativa con la que proponemos y así contar con más datos de resistencia para el tema de investigación.

Continuando con la variable utilizamos la siguiente investigación titulada “Diseño de hormigones ligeros con diferentes materiales locales y análisis comparativo con un hormigón ordinario” realizado por Katherine Nicole Carrera Paredes y Santiago Ramiro Changoluisa Yunda, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA INGENIERÍA CIVIL, presentada en la fecha Quito-Ecuador en el 2019.



Carrera y Changoluisa (2019) , en su tema de tesis. El presente trabajo de investigación da a conocer, principalmente, la caracterización y propiedades de los agregados livianos seleccionados, en este caso, arcilla expandida y piedra pómez; de igual manera establece un método de diseño para su dosificación bajo la aplicación de normas ACI correspondientes. En la caracterización de los agregados ligeros, específicamente en la determinación del peso específico se realizaron varias pruebas para obtener, a manera de recomendación, un procedimiento estable con resultados óptimos, debido a la flotabilidad que presentan los agregados seleccionados por sus bajas densidades. Durante el proceso experimental se variaron las proporciones de los materiales y se emplearon dos aditivos, uno incorporador de aire y otro, superplastificante. Éstos permitieron mejorar las condiciones de densidad y resistencia a la compresión de los hormigones. En esta tesis compararemos el peso específico, la capacidad de absorción, la abrasión y densidad seca y compactada que tendrá el agregado ripio que es parte comparativa con los materiales livianos que presenta esta tesis.

Para la segunda variable mezcla de hormigón tradicional analizaremos las siguientes tesis:

Para la variable de mezcla de hormigón tradicional utilizando la siguiente investigación titulada “Optimización del diseño de una mezcla de hormigón permeable a partir de tres distintas graduaciones” realizado por León Altamirano Cristian Andres y Rosero Sangucho Gina Elizabeth, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, presentada en la fecha Quito - Ecuador 2016.

León y Rosero (2016), en su tema de tesis. Su objetivo es que el hormigón permeable es una mezcla conformada por cemento, agua, agregado grueso y en ocasiones puede contar o no con agregado fino, con la finalidad de obtener una permeabilidad aceptable. Se considera a este tipo de hormigón como un material de construcción ecológico porque

facilita el manejo del agua lluvia, ya que en la actualidad las inundaciones generan inconvenientes en ciudades y el medio ambiente. Debido a los beneficios que presenta este hormigón, la presente investigación permite optimizar una mezcla de hormigón permeable enfocándose en su resistencia y permeabilidad, ya que estas deben de ser equilibradas para que este hormigón tenga un comportamiento adecuado; para esto se analizó cada una de sus propiedades tanto físicas como mecánicas y sobre todo el efecto que tiene variar la relación agua/cemento en cada una de las mezclas realizadas, a su vez se estudia la incidencia que tienen la variación de la granulometría en las propiedades de la mezcla.

El agregado tradicional que es el utilizado en esta tesis nos aporta para verificar los ensayos de este material grueso triturado con el material tradicional grueso que vamos a utilizar en el diseño de investigación que realizamos, como son: abrasión, densidad, adsorción y sulfato.

Continuando con la variable utilizamos la siguiente investigación titulada “Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón al emplear zeolita natural en reemplazo parcial del cemento” realizado por Yadira Guadalupe Valenzuela Romero, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, presentada en la fecha Ambato-Ecuador en el 2017.

Valenzuela (2017) , en su tema de tesis. El presente trabajo experimental trata sobre la elaboración de hormigones con zeolita y la mezcla zeolita-cal como materiales sustitutos parciales del cemento, en los niveles de 10%, 20% y 30%, y un hormigón tradicional con una resistencia a la compresión de 240 kg/cm<sup>2</sup>. En primer lugar se efectuaron ensayos de laboratorio a los materiales, con la finalidad de realizar el diseño de la mezcla de hormigón tradicional, empleando el método de la densidad óptima el cual permite obtener la dosificación de los materiales. En las mezclas de hormigón en estado fresco se evaluó las propiedades de trabajabilidad consistencia y densidad, en estado

endurecido se evaluó la resistencia a la compresión y su densidad. En estado fresco, el hormigón elaborado con los materiales sustitutos demostró conservar la trabajabilidad, variar el asentamiento y disminuir la densidad con respecto al hormigón tradicional.

Esta tesis aporta en la dosificación que tendrá este hormigón tradicional que podremos compararlo con el diseño propuesto y comparar sus ensayos.

Continuando con la variable utilízanos la siguiente investigación titulada “Comparar el diseño estructural de viviendas modelo entre las urbanizaciones ciudad palmera y ciudad verde de la ciudad de machala” realizado por Yaguana Medina Patricio Bolivar, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, presentada en la fecha Machala-Ecuador en el 2016.

Yaguana (2016) , en su tema de tesis. El presente trabajo En el análisis comparativo de los diseños estructurales del modelo de viviendas en estudio, se pudo verificar el diseño estructural más adecuado que nos permitirá tener el tiempo suficiente para salvaguardarse en una eventualidad sísmica y al mismo tiempo comprobar si estos diseños se encuentran enmarcados en el cumplimiento de los requerimientos básicos de sismorresistencia descritos en las NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-15). Al analizar y comparar estos dos diseños estructurales de las viviendas modelo ya antes mencionada en el que para su modelación fue necesario utilizar el software de cálculo y diseño estructural SAP 2000.V15 en donde los resultados obtenidos en el análisis dieron valores de derivas inferiores al establecido en la norma que es de 0.02, lo cual muestra que la estructura de pórtico de hormigón armado del sistema tradicional en su diseño estructural cumple con los requisitos mínimos de sismorresistencia propuestos por la norma ecuatoriana de la construcción NEC-15 (peligro sísmico) por lo tanto la estructura es confiable ante un evento sísmico.

Esta tesis nos aporta y nos guía a proponer a utilizar las varias alternativas o va alternativas o variantes en la que se lo puede utilizar como en este caso en las viviendas como hormigón armado.

## **2.1.2. MARCO TEÓRICO**

Para la construcción teórica de la variable mezcla de hormigón con ripio, utilizamos el documento de sitio web, en la revista El Oficial información que construyen, con el tema materiales pétreos que se usan en la construcción, de los autor Laura Naranjo público en febrero del año 2019 sobre el ripio conceptos, en la revista Sistema constructivo, en el tema Tipo de Materiales por el autor Fausto Robles público en abril del año 2016 obtención, ventajas y desventajas del ripio y en la revista Cantera la chola , con el tema Especificaciones para el uso de los áridos, elaborado por grupo La Chola II, publicado en el año 2016.

## **2.1.3. RIPIO**

### **2.1.3.1. Ripio concepto**

Es un tipo de piedra dura, granular, libre de impurezas y de uso variado, perteneciente al grupo de las piedras machacadas dentro de la clasificación de rocas por su función. Proviene de la recolección de rocas de canteras (habitualmente) o basálticas para su posterior trituración y cribado hasta alcanzar un tamaño más manejable o útil para su destino (Naranjo, 2019).

Poseen caras angulares, permitiendo emplearlas como agregado pétreo para fabricación de hormigón asfáltico. También sirve como material de fundición, para pavimentación de carreteras, como capa filtrante en vías carrozables, para concretos estructurales y demás obras civiles (columnas, losas, etc) (Naranjo, 2019).



**Figura 1** Arcilla negra  
**Fuente:** (Naranjo, 2019)  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

### 2.1.3.2. Obtención del ripio

El ripio es por medio de un proceso de trituración de las rocas grandes por medio de explosivo y después pasan a una trituradora hasta obtener piedras del tamaño deseado como son las gravillas y gravas (Robles, 2016).

- En geología y en construcción, se denomina grava y gravilla a las rocas formadas por clastos de tamaño comprendido entre 2 y 64 milímetros.
- USO. - Decoración del jardín - Decoración de viveros, Textura del jardín, Para formar senderos, Reemplazar al césped por gravilla

Tamaño máximo	Uso general
51 mm (2")	Estructuras de concreto en masa: muros, losas y pilares de más de 1 m de espesor.
38 mm (1½")	Muros, losas, vigas, pilares, etc., de 30 cm a 1 m de espesor.
19 mm (¾")	Muros delgados, losas, alcantarillas, etc., de menos de 30 cm de espesor.

**Figura 2:** Ripio uso general  
**Fuente:** (Robles, 2016)  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

### **2.1.3.3. Descripción general del ripio**

Material elaborado para hormigones y para toda obra civil; se obtiene de la trituración y cribado de la roca basáltica, técnicamente preparada que permite la graduación de varios tamaños de color gris, encontrándose así libre de impurezas, con un rango granulométrico de 4.75 a 25mm. PESO UNITARIO SUELTO 1.40 Tn/m<sup>3</sup> (Factor de conversión). (Robles, 2016).

### **2.1.3.4. Producción de ripio**

- 1. Obtención:** Exploración de los yacimientos y selección los depósitos de ripio natural en mejor estado en la cantera. Luego clasificarlos, generalmente en 3 tipos: ripios colorados, r. arcillosos y r. arenosos. Este proceso permite mayor selectividad y calidad de ripios para construcción y mantenimiento de calles, caminos y rutas. (Cantera la chola II, 2016)
- 2. Destape:** Remoción completa de la capa superficial de tierra negra presente en los campos, evitando la contaminación de los ripios con este subproducto.
- 3. Almacenamiento y carga:** Es ideal que el ripio permanezca en su estado natural hasta el momento de ser cargados y transportados; de lo contrario, una extracción muy anticipada lo expone más a la humedad y precipitaciones, pudiendo sufrir modificaciones irreparables en sus características técnicas de plastic

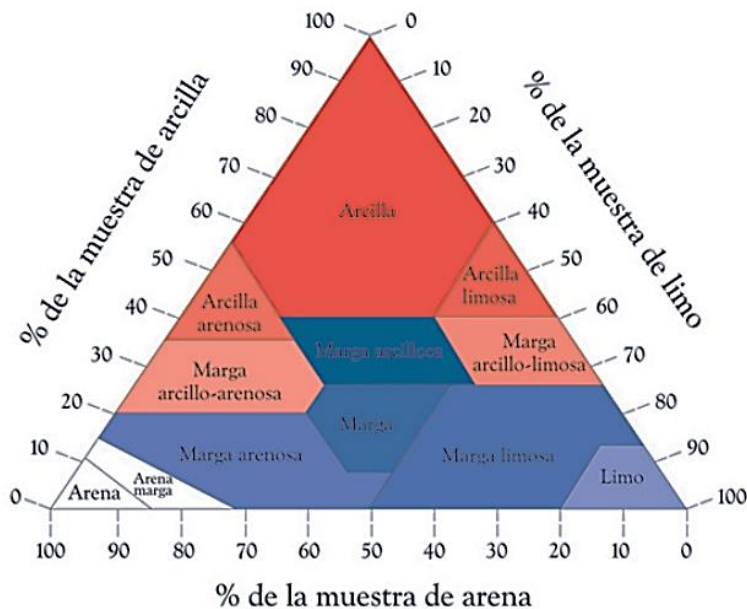
### **2.1.3.5. Características del ripio**

Los ripios debe tener una correcta angularidad y efectividad: (Cantera la chola II, 2016)

- ❖ **Índice de plasticidad:** Rango de contenido de agua a través del cual el suelo se encuentra en estado plástico. Es la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico de dicho material.

Una proporcionada cantidad de arcilla conferirá al ripio un mayor o menor índice de plasticidad, comportándose como material aglomerante de los agregados finos, intermedios y gruesos (a mayor cantidad, crearán superficies suaves, ideales para circulación vehicular). Para sub bases, deben usarse ripios arenosos que faculten el drenaje exitoso del agua de precipitaciones (Cantera la chola II, 2016).

El índice de plasticidad ideal del ripio (más en obras extensas) es uno **bajo**.



**Figura 3:** Análisis de un suelo con proporciones ideales en su material ripiol

**Fuente:** (Cantera la chola II, 2016)

**Elaborado por** Bustamante, C. (2021)

- ❖ **Contenido natural de humedad:** Relación entre el peso de agua contenida en los espacios vacíos de una muestra completamente saturada y el peso de la muestra seca.

$P_s$ : Peso muestra saturada

$P$ : Peso muestra seca

$$cnh = \frac{P_s - P}{P} \times 100$$

Lo ideal es que el contenido natural de humedad del ripio no supere el 15% en condiciones normales.

❖ **Peso específico:** El peso específico ideal de ripios empleados en construcción y carreteras estás entre 2,5 y 2,8 tn/m<sup>3</sup>.

❖ **Densidad aparente:** Es la magnitud aplicada en materiales porosos (forman cuerpos con intersticios de una sustancia más ligera). Es decir, la densidad aparente del cuerpo (donde se toma un volumen aparente) es menor que la densidad del material poroso al ser compactado (densidad real).

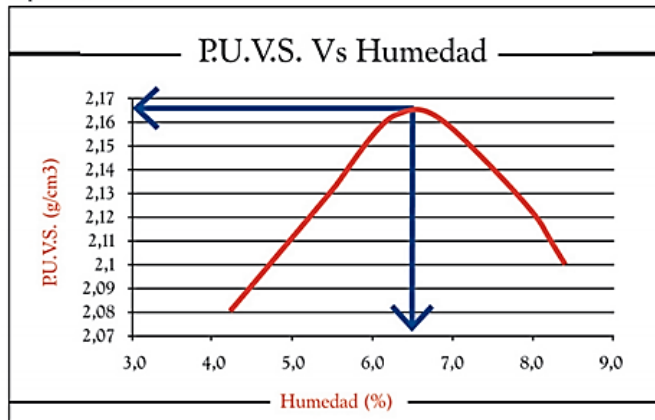
La densidad aparente ideal de los ripios estaría alrededor de 1,65 tn/m<sup>3</sup> (Cantera la chola II, 2016)

❖ **Ensayo Proctor modificado:** La compactación es el proceso de densificación de un material mediante medios mecánicos, se incrementa la densidad al reducir el aire dentro del material. Sirve para mejorar las propiedades ingenieriles del material en algunos aspectos: aumentar capacidad de carga de cimentaciones y bases para caminos, disminuir la compresibilidad, disminuir la relación de vacíos y, por consiguiente, reducir la permeabilidad y reducir el potencial de expansión, contracción o expansión por congelamiento, etc. (Cantera la chola II, 2016)

Estos ensayos en ripios ideales deberían arrojar resultados como los siguientes:



## Ripio Colorado



**Figura 4:** Curva densidad vs contenido de humedad (proctor)

**Fuente:** (Cantera la chola II, 2016)

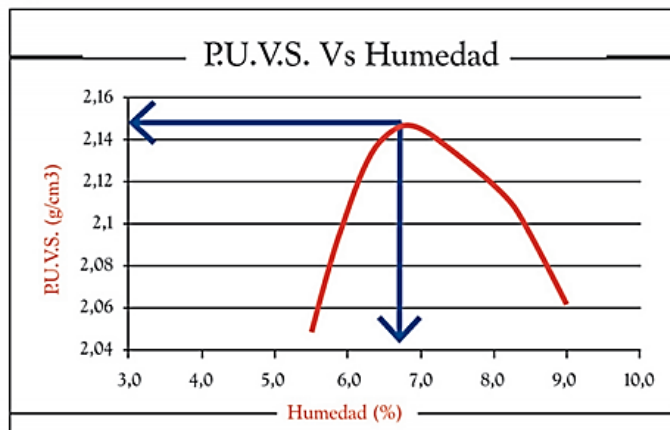
**Elaborado por** Bustamante, C. (2021)

Estos valores se corrigen luego por absorción y peso específico de material retenido en tamiz 19,0 mm (3/4”), obteniéndose los valores:

P.U.V.S. 2.236 g/cm<sup>3</sup>

Humedad Óptima 5,6%

## Ripio Arcilloso



**Figura 5:** Curva densidad vs contenido de humedad (proctor)

**Fuente:** (Cantera la chola II, 2016)

**Elaborado por** Bustamante, C. (2021)

Estos valores se corrigen luego por absorción y peso específico de material retenido en tamiz 19,0 mm (3/4”), obteniéndose los valores:

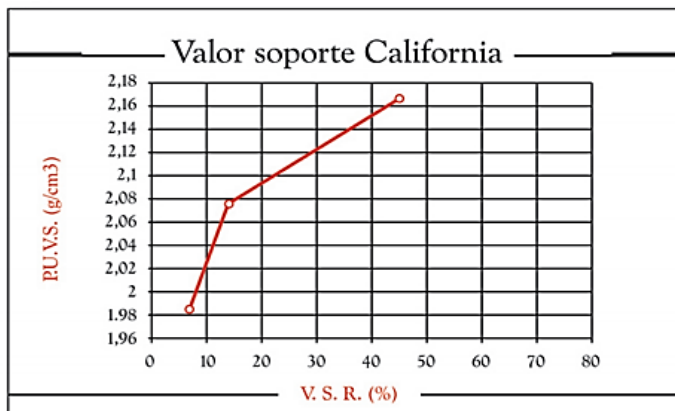
P.U.V.S. 2.184 g/cm<sup>3</sup>

Humedad Óptima 6,6%

- ❖ **Ensayo de valor soporte (con densidades de proctor dinámico):** Con el ensayo de compactación dinámica de suelos se llega a la Densidad Máxima Seca (Peso por Unidad de Volumen Seco PUVS - Kg/m<sup>3</sup>) y a la Humedad Óptima (%) del mismo (bajo cierta energía). La compactación aumenta la resistencia y reduce la compresibilidad de los suelos; además, añadiendo cierta energía a un suelo para compactarlo, variará la densidad con el contenido de agua (Cantera la chola II, 2016)

Los ripios en condiciones ideales obtendrían resultados aproximados a:

Ripio Colorado



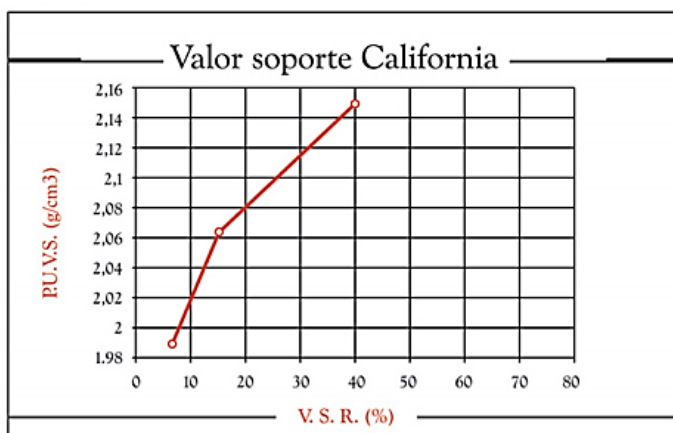
**Figura 6:** Curva densidad vs contenido de humedad (proctor)

**Fuente:** (Cantera la chola II, 2016)

**Elaborado por** Bustamante, C. (2021)

P.U.V.S.	2.166 g/cm <sup>3</sup>	2.075 g/cm <sup>3</sup>	1.086 g/cm <sup>3</sup>
Compactación 5 capas	56 golpes	25 golpes	12 golpes
% P.U.V.S. Proctor	100,0	95,8	91,7

## Ripio Arcilloso



**Figura 7:** Curva densidad vs contenido de humedad (proctor)

**Fuente:** (Cantera la chola II, 2016)

**Elaborado por** Bustamante, C. (2021)

P.U.V.S.	2.150 g/cm <sup>3</sup>	2.064 g/cm <sup>3</sup>	1.993 g/cm <sup>3</sup>
Compactación 5 capas	56 golpes	25 golpes	12 golpes
% P.U.V.S. Proctor	100,0	96,0	92,7

### 2.1.3.6. Calidad en obras con ripio

El adecuado diseño y mantenimiento de obras de ripio depende principalmente de:

- ✓ El buen uso de los equipos niveladores. Por ejemplo: uso correcto de la motoniveladora para conformar un camino.
- ✓ Emplear áridos de gran calidad. Por ejemplo: calcular el tipo, cantidad y volumen específicos de ripio necesarios para la obra.
- ✓ Tomar en cuenta la exposición a la que estará el material. Por ejemplo: fortalecer las bases y espesor del material ante la creciente circulación de equipos y camiones pesados en carreteras y caminos que incluyan ripio.

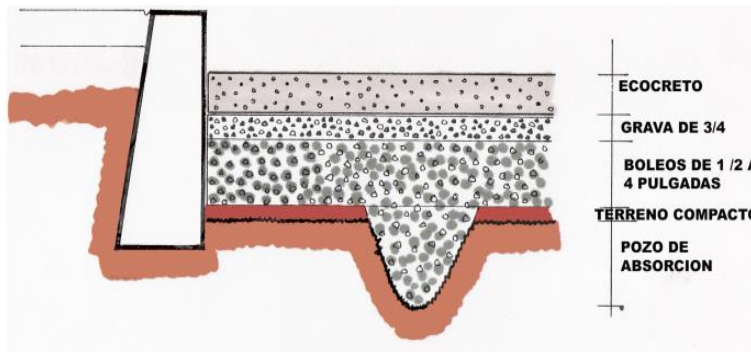
- ✓ Estudio y ensayo previo de las obras. Por ejemplo: previsión e inclusión de un drenaje bien planificado en obras de caminos de ripio. (Cantera la chola II, 2016).

### 2.1.3.7. Ventajas:

En mezclas de concreto disminuye en gran proporción el consumo de cemento, debido a que su graduación le permite dejar menores espacios vacíos que tengan que ser llenados por la pasta cementante (cemento y agua). (Robles, 2016).

### 2.1.3.8. Aplicaciones:

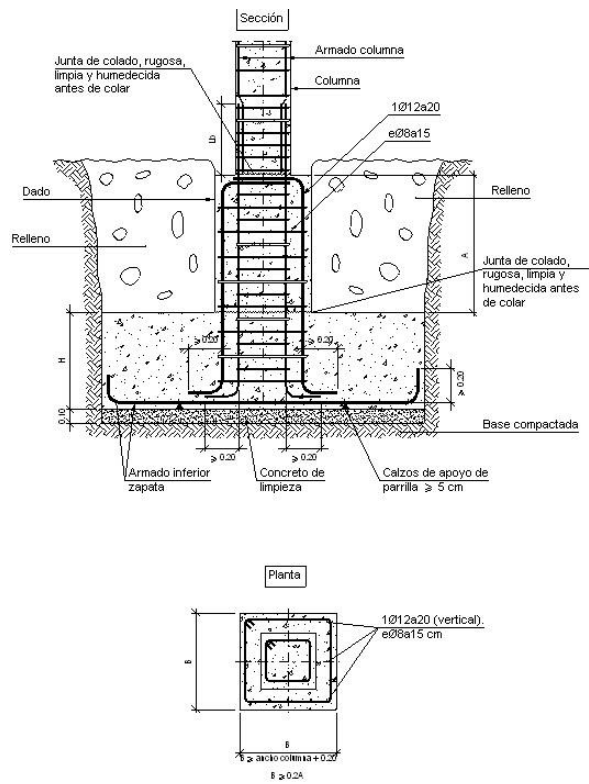
Esta especialmente recomendada para concretos estructurales, bases asfálticas y toda obra civil (Robles, 2016).



**Figura 8:** Sistema constructivo básico.

**Fuente:** (Robles, 2016)

**Elaborado por** Bustamante, C. (2021)



**Figura 9:** Detalle constructivo de un cimiento.  
**Fuente:** (Robles, 2016)  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

#### **2.1.4. Mezcla de hormigón Tradicional**

Para la construcción teórica de la variable mezcla de hormigón tradicional, utilizamos el documento de sitio web, en la revista Definición de, con el tema Definición de hormigón, elaborado por de los autores, Julián Pérez y María Merino público en febrero del año 2020, en la revista Estructura del hormigón, con el tema Propiedades del hormigón, elaborado por M. Troyano de la universidad de Málaga público en febrero del año 2019, en la revista PaviConj, con el tema Conoce los tipos de hormigón. Sus propiedades y aplicaciones, elaborado por equipos paviconj en el año 2019, en la revista Rocas y Minerales, con el tema Cemento, elaborado por el grupo Rocas y Minerales en el año 2018 y en la revista Concreto Supermix, con el tema agregados para la elaboración del concreto, elaborado por el grupo Supermix en el año 2018.

##### **2.1.4.1. Hormigón tradicional**

Es un material que se utiliza en la construcción. Se lo mezcla con cal o cemento, arena, grava y agua, cuando se seca y fragua, se endurece y gana resistencia, también llamado concreto. En ocasiones se recurre también a diversos aditivos para modificar sus características (Perez & Merino, 2020).

Según la variación de las proporciones de los distintos componentes, el hormigón tiene diferentes propiedades. Puede diferenciarse, en este marco, entre el hormigón ligero (con una densidad de  $1800 \text{ kg/m}^3$ ), el hormigón normal (densidad de unos  $2200 \text{ kg/m}^3$ ) y el hormigón pesado (densidad de más de  $3200 \text{ kg/m}^3$ ) (Perez & Merino, 2020).

Aunque presenta una muy buena resistencia a los esfuerzos de compresión, el hormigón no reacciona de igual forma ante otras clases de esfuerzos (de flexión, tracción, etc.). Por lo tanto, muchas veces se lo asocia a estructuras de acero, dando lugar al llamado hormigón armado (Perez & Merino, 2020)

#### **2.1.4.2. Propiedades el hormigón.**

Hay que tomar en cuenta lo requerido para su utilización en la fabricación de un hormigón que cumpla las condiciones de calidad que se le exige en el proyecto de una estructura de hormigón armado. la calidad del hormigón obedecerán tanto a criterios de resistencia y rigidez, como a criterios de durabilidad, hasta alcanzar las características que se le exige como material de construcción (Troyano, 2019).

#### **2.1.4.3. Durabilidad**

El hormigón armado es un material mixto de arena piedra cemento y acero. La finalidad del hormigón es doble, específicamente resistente (con gran capacidad para resistir, con bajo costo y resistente a la compresión), y a su vez la protección de las armaduras de acero. El fenómeno de degradación más importante de las estructuras de hormigón armado es el de la corrosión de las armaduras, que se produce por ausencia, escasez o calidad del recubrimiento de hormigón para las condiciones ambientales a las que ha estado expuesto el elemento estructural. (Troyano, 2019).

#### **2.1.4.4. Definición de la agresión exterior**

##### **2.1.4.4.1. Tipos de ambiente**

Hay que tener en cuenta las condiciones físicas y químicas a las que va estaré expuesta la estructura, y poder así incorporar en el proyecto medidas destinadas a garantizar la durabilidad deseada (Troyano, 2019).

- Clase general de exposición del hormigón frente al fenómeno de corrosión de las armaduras.
- Clases específicas de exposición frente a otros procesos de degradación como la corrosión de las armaduras.

Una estructura puede estar a una o varias clases específicas de exposición, pero no podrá estarlo simultáneamente a más de una de las ya definidas. La clasificación de la agresividad del ataque químico se realizará de acuerdo a los criterios estudiados (Troyano, 2019).

#### **2.1.4.4.2. Obtención de la durabilidad.**

Para su durabilidad en su estructura se procederá de la siguiente forma:

- Utilizando técnicas preventivas en el momento de proyecto. En función del tipo de agresión ambiental al que van a estar sometidos los distintos elementos estructurales, se deciden los siguientes aspectos: Las formas y detalles estructurales. (Troyano, 2019)
- El tipo de hormigón (incluyendo sus constituyentes, cemento y aditivos). Se recogen las limitaciones de contenido de cemento y relación agua/cemento que establece en función de la clase de exposición ambiental (Troyano, 2019)



Clase de exposición				Máxima relación agua/cemento	Contenido de cemento (kg/m³)		Resistencia mínima (N/mm²) $\ominus$
Clase	Subclase	Designación	Tipo de ataque		Mínimo	Máximo $\omin�$	
No agresiva		<b>I</b>	Ninguno	0,65	250	400	25
Normal	Humedad alta	<b>II a</b>	Corrosión de origen diferente de los cloruros	0,60	275		25
	Humedad media	<b>II b</b>		0,55	300		30
Marina	Aérea	<b>III a</b>	Corrosión por cloruros	0,50	300		30
	Sumergida	<b>III b</b>		0,50	325		30
	En zona de mareas	<b>III c</b>		0,45	350		35
Con cloruros de origen no marino		<b>IV</b>		0,50	325		30
Química agresiva	Débil	<b>Qa</b>	Ataque químico	0,50	325		30
	Mediana	<b>Qb</b>		0,50	350		30
	Fuerte	<b>Qc</b>		0,45	350		35
	Sin sales fundentes	<b>H</b>	Ataque hielo-deshielo	0,55	300		30

**Figura 10** Criterio de dosificación y criterio del hormigón.

**Fuente:** (Troyano, 2019)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm²]	Vida útil de proyecto ( $t_d$ ), [años]	
			50	100
<b>I</b>	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
<b>Ila</b>	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
<b>Ilb</b>	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

**Figura 11:** Recubrimiento mínimo (mm) para las clase generales I y II.

**Fuente:** (Troyano, 2019)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

### 2.1.4.5. Propiedades del hormigón fresco

Hormigón	Cemento	Vida útil de proyecto ( $t_d$ ) (años)	Clase general de exposición			
			IIIa	IIIb	IIIc	IV
Armado	CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D, CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, u hormigón con adición de microsilice superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	50	25	30	35	35
		100	30	35	40	40
	Resto de cementos utilizables	50	45	40	0	0
		100	65	0	0	0
Pretensado	CEM II/A-D o bien con adición de humo de sílice superior al 6%	50	30	35	40	40
		100	35	40	45	45
	Resto de cementos utilizables, según el Artículo 26º	50	65	45	0	0
		100	0	0	0	0

**Figura 12:** Recubrimiento mínimo (mm) para las clase generales III y IV.

**Fuente:** (Troyano, 2019)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

El hormigón fresco es un material formado por elementos sólidos (áridos y cemento), líquidos (agua) y gaseosos (aire ocluido). Además, los elementos sólidos son muy heterogéneos entre sí ya que están constituidos por granos de distinto tamaño y naturaleza. En general se denomina amasada a la cantidad de hormigón fabricada de una sola vez. Entre las propiedades del hormigón fresco figuran (Troyano, 2019)

- La homogeneidad. Corresponde con el mantenimiento de características similares dentro de una misma amasada (Troyano, 2019)
- La uniformidad. Corresponde con el mantenimiento de características similares entre distintas amasadas (Troyano, 2019)

- La densidad. El procedimiento de ensayo viene recogido en la Norma UNE-EN 12350-6:2006 “Ensayos de hormigón fresco. Parte 6: Determinación de la densidad” (Troyano, 2019).
- La docilidad. Se define como la aptitud de un hormigón para ser puesto en obra con los medios de compactación de que se dispone. Depende, entre otros, de los siguientes factores (Troyano, 2019).
- De la cantidad de agua de amasado. A menor cantidad de agua menor docilidad (Troyano, 2019).
- De la granulometría y naturaleza de los áridos. Los áridos grandes y los procedentes de machaqueo presentan una menor docilidad que los áridos pequeños y naturales de aristas redondeadas (Troyano, 2019).
- Del contenido de cemento. A mayor contenido de cemento menor docilidad (Troyano, 2019)
- La consistencia. La docilidad del hormigón es un concepto cualitativo. Para cuantificar este concepto surge el de consistencia, cuyo valor se obtiene mediante los ensayos oportunos, entre los cuales destaca el método del cono de Abrams. Es éste un molde troncocónico de 30 cm de altura que se rellena con el hormigón a ensayar. La pérdida de altura que experimenta la masa fresca del hormigón una vez desmoldada, expresada en centímetros, da una medida de su consistencia (Troyano, 2019).



**Figura 13:** Ensayo de cono de Abrams para la medida de la consistencia.

**Fuente:** (Troyano, 2019)

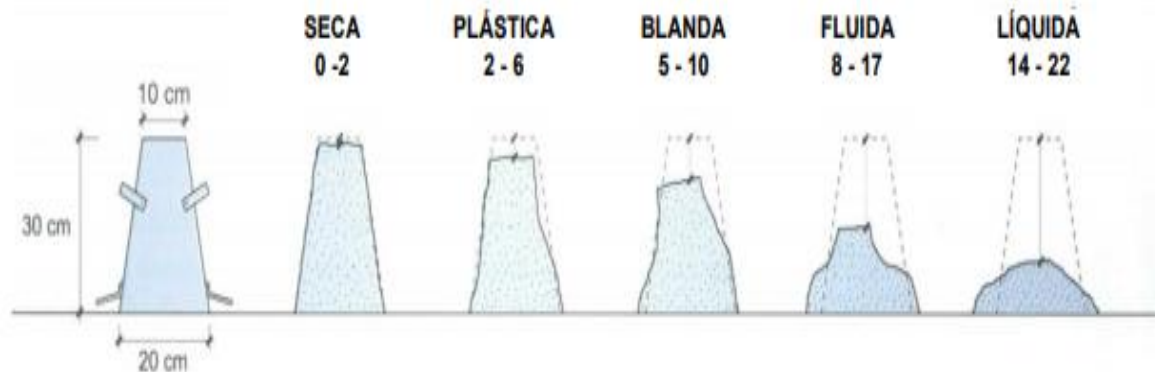
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

Consistencia	Asiento en cm	Tolerancia
Seca <sup>2</sup>	0-2	0
Plástica	3-5	±1
Blanda	6-9	±1
Fluida	10-15	±2
Líquida	16-20	±2

**Figura 14:** Valores límites de los asientos según la consistencia

**Fuente:** (Troyano, 2019)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)



**Figura 15:** Valores límites de los asientos según su consistencia.

**Fuente:** (Troyano, 2019)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

#### 2.1.4.5.1. Retracción del hormigón

La retracción es el fenómeno que se produce durante el proceso de fraguado y endurecimiento en contacto con el aire, el hormigón contrae de volumen. La retracción puede explicarse por la pérdida paulatina de agua en el hormigón. Los factores que influyen en la retracción son, con su respectiva influencia (Troyano, 2019)



**Figura 16:** Fisuras de retracción

**Fuente:** (Troyano, 2019)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

#### **2.1.4.6. Tipos de hormigón**

Pocos conocen la gran variedad existente de hormigón, los cuales han sido diseñados para hacerle frente a una gran variedad de problemas en la construcción. Todo gracias a la versatilidad del hormigón, cuya mezcla de agua, cemento, grava, arena, aditivos, fibras o pigmentos nos proporcionan un material duradero, resistente el cual lo podemos usar para muchos fines. (Equipo PaviConj, 2019).

El hormigón es un material que ha sido utilizado para todo, y en la mayoría de las veces con las mismas descripciones. Es decir, sin tener presente si lo que nos interesa es la resistencia, el peso, la textura, el color. Sencillamente los constructores modifican algún árido, la cantidad de agua o se le agrega pigmentos para cambiarle el color (Equipo PaviConj, 2019).

Sin buscar la adaptación exacta a las necesidades que se presentan. Como expertos en hormigón entendemos lo importante que es tener el hormigón correcto para su edificación, por lo que a continuación, te presentaremos varios tipos de hormigón, sus aplicaciones y sus propiedades que quizás no conoces (Equipo PaviConj, 2019).

Existe una gran variedad de hormigón, pero destacaremos los que nos parecen más interesantes

##### **2.1.4.6.1. Hormigón anti bacterias:**

El Hormigón antibacterial es una nueva modalidad de hormigón, por llamarlo de alguna forma es una versión de un tipo de hormigón higiénico. Pero este no se hace con un líquido que se impregne en su superficie, sino que es un material incorporado en la fabricación del hormigón el cual evita el desarrollo de microorganismos en su superficie (Equipo PaviConj, 2019).

Es bastante interesante, la materia prima es el hormigón tradicional, pero enriquecido con aditivos singulares que otorgan su propiedad antibacterial. Este tipo de hormigón antibacteriano se emplea en la industria de comestibles, en los centros de salud y clínicas, los mataderos y granjas de cría de pollos y cerdos (Equipo PaviConj, 2019).

#### **2.1.4.6.2. Hormigón drenante**

Su masa granular, con una red muy pequeña de canales, lo dota de gran capacidad para evacuar el agua eficientemente, evitando la generación de charcos. El hormigón drenante un material poroso muy conveniente para la recogida de aguas pluviales y su correcta canalización (Equipo PaviConj, 2019)



*Figura 17: Hormigón drenante.*

*Fuente:* (Equipo PaviConj, 2019)

*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021)

### **2.1.4.6.3. Hormigón autocompactante**

No debemos confundir este tipo de hormigón con un hormigón fluido, pues sus propiedades no son las mismas. El hormigón autocompactante se obtiene al agregar aditivos superplastificantes, estos le confieren la principal propiedad de este tipo de hormigón: no necesita compactación. Esta propiedad es una ventaja ante otros tipos de hormigones (Equipo PaviConj, 2019).



*Figura 18: Hormigón autocompactante.*

*Fuente:* (Equipo PaviConj, 2019)

*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021)

### **2.1.4.6.4. Hormigón proyectado reforzado con fibras**

Este tipo de hormigón se ha vuelto mucho más importante gracias al desarrollo de fibras más eficaces. Con este tipo de hormigón nos evitamos sufrir las fisuraciones en la solera por una mala colocación del armado para absorber los esfuerzos de la retracción del fraguado por los cambios de temperatura (Equipo PaviConj, 2019).

La fibra de acero es, por lo general, la más apropiada. Por otro lado, la fibra de carbono tiene excelentes propiedades, pero es costosa. La fibra de vidrio es adecuada solo para



aplicaciones de partículas finas especiales, además estas deben cumplir con los requisitos de comportamiento a largo plazo (Equipo PaviConj, 2019).

#### **2.1.4.6.5. Hormigón de alta resistencia**

Este tipo de hormigón es muy utilizado en la ejecución de grandes estructuras o rascacielos. No suele usarse en edificaciones, a pesar de que aporta grandes ventajas. Posee una alta resistencia, la cual puede ser superior a 70 MPa. En fin, cada uno de los elementos que componen este tipo de hormigón debe ser de alta resistencia (Equipo PaviConj, 2019)

Su baja relación agua cemento hace que el hormigón resultante tenga una elevada compacidad.

#### **2.1.4.6.6. Hormigón ligero**

Este tipo de hormigón no solo se fabrican con arcilla expandida, estos pueden fabricarse con una gran variedad de áridos que incluso pueden otorgarle una resistente capacidad. Aunque la resistencia a tracción y cortante se ven reducidas frente a los hormigones convencionales es posible fabricar hormigones ligeros de hasta 80 MPa de resistencia a la compresión (Equipo PaviConj, 2019).

Entre las ventajas del hormigón ligero está, por supuesto, el aligeramiento de las estructuras, lo que ayuda a reducir el volumen de hormigón utilizado o bien reducir la carga permanente sobre las estructuras. Su utilidad más popular es la de reforzar forjados en rehabilitación de edificios. También permite regularizar suelos irregulares, muy desnivelados para la colocación de pavimentos (Equipo PaviConj, 2019).

Otra aplicación para considerar es la de aportar aislamiento térmico y acústico a los elementos estructurales gracias al aire contenido en su estructura porosa que reduce la conductividad térmica. (Equipo PaviConj, 2019)



*Figura 19: Hormigón ligero.*

*Fuente:* (Equipo PaviConj, 2019)

*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021)

#### **2.1.4.6.7. Hormigón traslúcido**

Este tipo de hormigón deja pasar la luz, con el que se consigue un efecto parecido a un biombo. Sumamente estético. Se obtiene al mezclar el hormigón convencional con fibra óptica, permitiendo el paso de luz a través de su masa (Equipo PaviConj, 2019).

#### **2.1.4.6.8. Hormigón excavable**

Éste es un tipo de hormigón pensado para ser usado en el relleno de zanjas y huecos, lo que permite sustituir al tradicional relleno de zahorras. Una vez endurecido, facilita excavar, ya que no adquiere una gran dureza e incluso permite abrir rozas a mano sobre él. Esta facilidad para ser excavado es de gran utilidad, la gran ventaja de este tipo de

hormigón es la rapidez con la que se puede rellenar una zanja y su buena propiedad autocompactante (Equipo PaviConj, 2019).

El coste de este tipo de hormigón puede llegar a ser inferior a un HM100 tradicional.

#### **2.1.4.6.9. Hormigón pretensado (pretesado)**

La resistencia a la tracción del hormigón tradicional es inferior a su resistencia a la compresión. Teniendo esto en cuenta, si deseamos emplear el hormigón en elementos estructurales que bajo cargas de servicio resistan tracciones es necesario suplir esta falta de resistencia a la tracción. En el hormigón pretensado el cable no se encamisa, sino que este se deja libre dentro el concreto para que, a través de la fricción o adherencia del cable dentro del hormigón, este le transmita un esfuerzo de compresión después de haber adquirido su resistencia inicial (Equipo PaviConj, 2019).

Este procedimiento genera un vínculo excelente entre el acero y el hormigón, el que resguarda las barras de la oxidación, y deja la transferencia directa de tensión. El hormigón se fija a las barras, y cuando la tensión se libera es transferida al hormigón a compresión a través de la fricción. No obstante, se requieren fuertes puntos de anclaje exteriores para estirar en línea recta las barras de acero (Equipo PaviConj, 2019).

Por tanto, la mayor parte de elementos pretensados son prefabricados en laboratorio y han de ser llevados al sitio de construcción. Los elementos pretensados pueden ser en pilotes, elementos balcón, losas de piso, vigas doble T para cubrir grandes luces en parquin y edificios, etc. Gracias a su gran capacidad, las estructuras pretensadas pueden ser empleadas en grandes luces y con elevadas sobrecargas. También una gran ventaja es que se controlan las grietas o fisuras (Equipo PaviConj, 2019).

#### **2.1.4.6.10. Hormigón postensado (postesado)**

El hormigón postensado es aquel hormigón sometido, después del vertido y fraguado, a esfuerzos de tracción por medio de cables de acero montados dentro de vainas o tuberías para encamisarlo, y así no transmitirle esfuerzos de compresión al concreto. Esta es la diferencia que existe entre el hormigón pretensado y el postensado. Los esfuerzos se transmiten hacia los apoyos, logrando de esta forma cubrir una mayor luz de apoyo a apoyo. Esto podemos verlo mayormente en los puentes y estructuras de grandes luces (Equipo PaviConj, 2019).

El curado de este tipo de hormigón es de suma importancia en el parque de fabricación, de ahí va a depender en parte la resistencia inicial que vaya adquiriendo y el control de grietas (Equipo PaviConj, 2019).

#### **2.1.4.6.11. Hormigón ciclópeo**

Este tipo de hormigón se realiza añadiendo piedras del lugar mientras se va hormigonando para economizar material. Este tipo contiene en su interior piedras mayores a los 30 cm. Se utiliza donde sea preciso ahondar las excavaciones bajo la cota proyectada para conseguir una cimentación de soporte conforme con lo solicitado por las estructuras. Esperamos que te haya parecido interesante este listado de hormigones especiales. Si quieres agregar alguna información o comentar sobre alguno de ellos, siéntete libre de dejar un comentario (Equipo PaviConj, 2019).

#### **2.1.4.7. Propiedades mecánicas**

##### **2.1.4.7.1. Resistencia a compresión.**

Desde el punto de vista estructural, la resistencia a compresión simple es sin duda la característica mecánica más importante de un hormigón. Su determinación se realiza

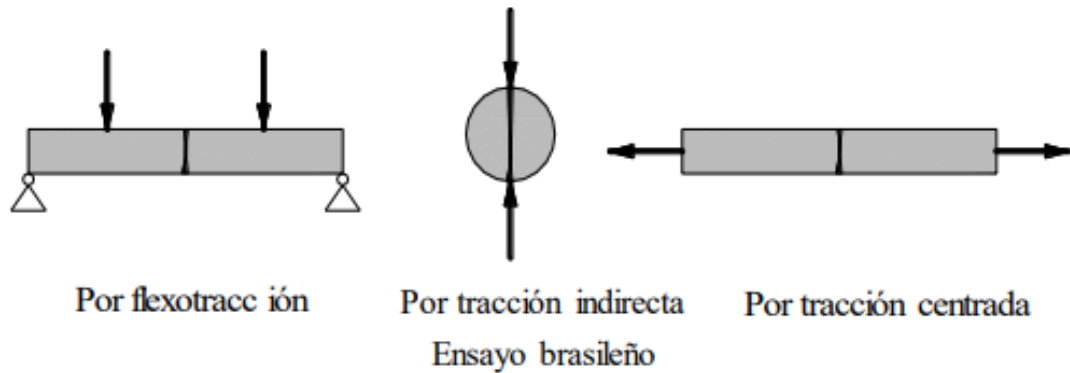
mediante ensayos normalizados sobre probetas cilíndricas o cúbicas. En la figura 5-1 se muestran las distintas etapas necesarias para la obtención de la resistencia a compresión del hormigón por rotura de probetas cilíndricas (Troyano, 2019).

La resistencia del hormigón a compresión establecida en la Instrucción EHE se refiere a la resistencia de la unidad de producto o amasada. Se obtiene, a partir de los resultados de los ensayos de rotura a compresión, en número igual o superior a dos, realizados sobre probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, de 283 días de edad, fabricadas, conservadas, refrentadas y rotas por compresión según métodos normalizados (Troyano, 2019).

#### **2.1.4.7.2. Resistencia a tracción**

Desde un principio se sabe que el hormigón resiste bien los esfuerzos de compresión y mal los de tracción, por lo que no suele contarse con su colaboración para esta sollicitación, que es absorbida en su totalidad por las armaduras. No obstante, al estar ligada la resistencia a tracción con otros fenómenos distintos del resistente, como pueden ser la fisuración (y por lo tanto con la durabilidad) o la posibilidad de rotura frágil en secciones muy débilmente armadas (ductilidad), es necesario conocer dicha resistencia (Troyano, 2019).

Como ocurre con la resistencia a compresión, la resistencia a tracción es un valor un tanto convencional que depende del tipo de ensayo. Existen tres formas de obtener la resistencia a tracción: por flexotracción, por tracción indirecta<sup>6</sup> (ensayo brasileño) y por ensayo directo de tracción (Troyano, 2019).



**Figura 20:** Ensayo para la obtención de la resistencia a tracción del hormigón

**Fuente:** (Troyano, 2019)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

#### 2.1.4.8. Propiedades reológicas

La Reología es la rama de la Mecánica que estudia la evolución de las deformaciones de un material, producidas por causas tensionales, a lo largo del tiempo.

##### 2.1.4.8.1. Deformaciones del hormigón

Para clasificar las deformaciones que se producen en el hormigón, realizaremos dos procesos de carga y descarga de una probeta de hormigón, y observaremos la evolución de sus deformaciones en el tiempo. El primero de ello se realizará con carga instantánea y el segundo con carga mantenida. (Troyano, 2019).

- Carga y descarga instantánea. Supongamos que en el instante inicial  $t = 0$  cargamos la probeta a una tensión  $\sigma_0$ : aparecerá entonces una deformación  $OA$  instantánea. Si descargamos inmediatamente la probeta, la deformación no se anula totalmente; se recupera la mayor parte,  $O'A$ , y queda una deformación remanente,  $OO'$ . Hay dos partes en la deformación instantánea del hormigón: la deformación elástica,  $AO'$ , y la deformación remanente,  $OO'$ . La primera es recuperable y la segunda no. A partir de este primer ciclo de carga (carga noval), la deformación remanente no vuelve a presentarse, siempre que la tensión a la que se someta la probeta no

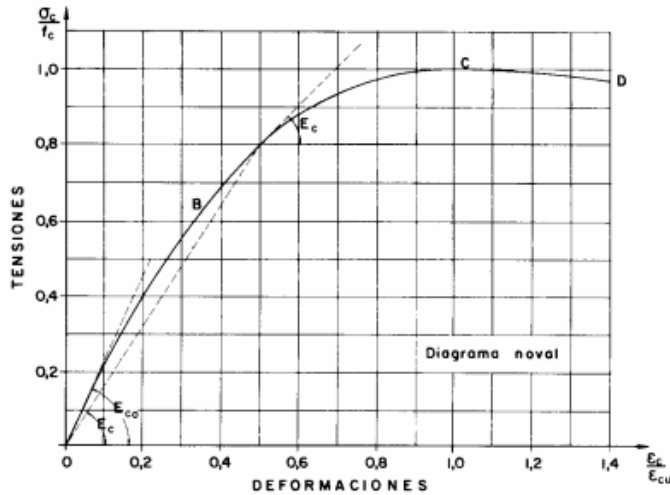
supere a la ya aplicada,  $\sigma_0$ . Dicho de otro modo, el hormigón se comporta frente a las cargas sucesivas (no noval) como perfectamente elástico (Troyano, 2019).

- Carga mantenida. Carguemos ahora la probeta, en el instante  $t_1$ , de manera que se produzca en ella una tensión  $\sigma_1 < \sigma_0$ : aparecerá una deformación elástica BC. Si se mantiene la carga, la deformación irá creciendo con el tiempo según la curva CD, debido al comportamiento plástico del hormigón. Si al llegar al instante  $t_2$  se descarga la probeta, se recupera instantáneamente la deformación elástica (DE = BC); y si se deja transcurrir el tiempo con la probeta descargada, se va recuperando una parte creciente de la deformación, según la curva EF. Quedan así puestas de manifiesto las tres deformaciones fundamentales del hormigón, la deformación elástica instantánea, la deformación elástica diferida y la deformación plástica diferida. Estas mismas deformaciones pueden ponerse de manifiesto en un instante  $t_i$  anterior a la descarga, sin más que dibujar la rama plástica CC' simétrica de la EF (Troyano, 2019).

#### **2.1.4.9. Diagrama tensión-deformación del hormigón**

El diagrama característico tensión deformación del hormigón depende de numerosas variables: edad del hormigón, duración de la carga, forma y tipo de la sección, naturaleza de la sollicitación, etc. (Troyano, 2019)

Puede considerarse, a título puramente cualitativo, que el diagrama noval tensión-deformación del hormigón presenta una parte final parabólica y otra inicial aproximadamente rectilínea, el diagrama noval corresponde a una cierta duración del proceso de carga. Si esta duración se hace variar se obtienen otras curvas (Instrucción EHE, figuras 39.3.a y 39.3.b), donde claramente se observa la influencia de la duración del proceso de carga sobre el diagrama tensión-deformación, o lo que es lo mismo, sobre la deformación producida por un determinado estado de cargas (Troyano, 2019).



**Figura 21:** Diagrama noval tensión-deformación del hormigón

**Fuente:** (Troyano, 2019)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

#### 2.1.4.10. Dosificación

El proceso mediante el cual se determinan las cantidades de cemento, agua y áridos necesarias para la obtención de un hormigón, recibe el nombre de dosificación. Para dosificar correctamente un hormigón hay que tener en cuenta tres factores fundamentales: (Troyano, 2019).

- Las características de resistencia y rigidez de la estructura, para lo cual será necesario indicar la resistencia que debe tener el hormigón (Troyano, 2019)
- Las condiciones de ejecución de la estructura, para lo cual será necesario indicar la consistencia del hormigón para ser puesto en obra y el tamaño máximo del árido, que permitan garantizar la ejecución de la estructura con un hormigón adecuadamente compactado, sin formación de coqueras, nidos de grava (Troyano, 2019).
- La agresión ambiental que condiciona la durabilidad de la estructura, para lo cual será necesario indicar el Tipo de ambiente, y, si es necesario, la necesidad de emplear un cemento con las características adicionales de resistencia a los sulfatos (SR) o al agua de mar (MR). En este sentido será necesario respetar las limitaciones que se recogieron (Troyano, 2019).



Aunque hay muchos métodos para dosificar teóricamente un hormigón, las cantidades de los distintos componentes debe establecerse mediante los oportunos ensayos en laboratorio, con objeto de asegurarse de que el hormigón obtenido satisfaga las condiciones o características de calidad exigidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto (Troyano, 2019).

### **2.1.5. Cemento**

El cemento es la argamasa o mezcla de materiales empleados en el campo de la construcción para cohesionar, fijar o cubrir pisos y paredes. El aglomerante -generalmente presentado en fino polvo- está compuesto por clinker, yeso y ciertos aditivos químicos. Mezclado con agua fragua y endurece. Se caracteriza por ser un material rígido y resistente a la compresión (rocas y minerales, 2018).

El clinker, elemento principal del cemento, se obtiene sometiendo a altas temperaturas rocas calizas, arcilla y mineral de hierro. La mezcla expuesta a 1.450°C se calcina, muele y combina con el yeso y otros aditivos. El polvo resultante, junto a cantidades adecuadas de agua y áridos, adquiere uniformidad y puede ser moldeado o trabajado con facilidad. Una vez endurecido es compacto, estable y resistente.

La cal, producto de la descomposición de rocas calizas, así como el yeso o sulfato cálcico deshidratado, tienen propiedades adhesivas. Sin embargo, los materiales utilizados por separado presentan ciertos inconvenientes o limitantes. La cal se contrae durante el fraguado y al endurecerse podría dar lugar a grietas. El yeso por ser una sustancia higroscópica no es funcional en exteriores, junto a estructuras de hierro o madera (rocas y minerales, 2018).

### 2.1.5.1. Compuestos del cemento

El cemento es un concentrado de óxido de calcio, dióxido de silicio, óxidos de aluminio y hierro, y el trióxido de azufre aportado por el yeso. Todos estos compuestos, excepto el trióxido de azufre, son sometidos a un proceso de sinterización del que se obtiene el clinker. Los elementos se convierten en minerales: alita (silicato tricálcico), belita (silicato bicálcico), ferrita (modificación alotrópica del hierro) y celita (aluminato tricálcico) (rocas y minerales, 2018).

El clinker molido constituye el cemento casi en su totalidad. Solo un 5% de la composición corresponde al yeso agregado durante la molienda. La presencia de los iones SO<sub>4</sub> retarda la hidratación inicial del cemento, controla el fraguado, permitiendo su manipulación o instalación (rocas y minerales, 2018).

El polvo mineral mezclado con agua, arenilla, gravilla o grava es llamado hormigón o concreto. El agua es un elemento esencial en su preparación, hidrata el material cementicio, permite su maleabilidad, y sirve de conglomerado a los agregados. Para añadir dureza y resistencia a los agentes ambientales, en pequeñas y grandes edificaciones se emplea el hormigón armado o el pretensado (rocas y minerales, 2018).

**Hormigón armado.** Es el concreto reforzado en su interior con barras de hierro o acero. El hormigón y el acero comparten características como la resistencia a las elevadas temperaturas, dilatación; y también a las vibraciones (rocas y minerales, 2018).

**Hormigón pretensado.** Es una variedad del hormigón armado, en la que las barras de acero son tensadas con alambres de acero especial. Mejora la resistencia a la tracción en secciones requeridas. Compensa la dilatación elástica y mantiene intacto el concreto (rocas y minerales, 2018).

El cemento con agua y arena sin grava es llamado mortero, y se emplea para fijar ladrillos y recubrir paredes. Es considerado un conglomerado inorgánico, constituido por agregados finos y agua. En ocasiones se agrega al mortero aditivos químicos y adiciones minerales que mejoran las propiedades, resistencia y durabilidad del material (rocas y minerales, 2018).

### 2.1.5.2. Tipos de cemento

El cemento básico es de origen arcilloso y/o puzolánico, este último de fraguado más lento. El primero de ellos constituido a partir de la arcilla y la roca caliza; el segundo, una mezcla de puzolana y cal hidratada. La puzolana del cemento es de origen volcánico, es una roca basáltica, compuesta de silicio o aluminio-silíceos (rocas y minerales, 2018).

En el campo de la construcción y la ingeniería civil se distinguen diversos tipos de cemento, aunque el más conocido es el cemento portland.

**Cemento Portland:** Resulta de la pulverización del clinker portland (de origen arcilloso) y sulfato de calcio. Adquiere una consistencia plástica práctica y de fraguado lento, tarda hasta tres semanas para endurecer completamente. Se emplea en bloques de hormigón y argamasas (rocas y minerales, 2018).

**Cemento de fraguado o endurecimiento rápido:** Es cemento portland de textura más fina. Contiene cantidades mayores de silicato tricálcico (C3S) y solo amerita ser mezclado con agua. En tres días alcanza alta resistencia a la compresión. Ahorra tiempo y dinero, especialmente en la construcción de carreteras y prefabricados que ameritan material de encofrado (rocas y minerales, 2018).

**Cemento blanco:** Su color se debe a la falta de hierro, contiene un porcentaje bajo del óxido de hierro y en su defecto lleva fluorita y criolita. Sus componentes principales son la roca caliza y la arcilla. El cemento blanco presenta la misma textura del portland, pero por su color es utilizado para acabados más delicados. Es empleado para decoraciones en interiores y elementos artísticos (rocas y minerales, 2018).

**Cemento de bajo calor:** Es ideal para la construcción de hormigón en grandes cantidades, es de fraguado muy lento. Es cemento portland de bajo calor de hidratación,

se concibe alterando la composición química, reduciendo el silicato tricálcico y el aluminato tricálcico (rocas y minerales, 2018).

**Cemento resistente a los sulfatos:** Tiene bajo contenido de aluminato tricálcico y grandes proporciones de sulfato. Se caracteriza por su resistencia y durabilidad. Es utilizado en locaciones expuestas a las sales o éteres del ácido sulfúrico y la reconstrucción de cimientos (rocas y minerales, 2018).

El cemento, cualquiera que sea su tipo, se caracteriza por la multiplicidad de propiedades y usos. Es resistente, de naturaleza hidráulica y estética. Además, puede ser utilizado como aislante acústico (rocas y minerales, 2018).

#### **2.1.6. Agregados para la elaboración del concreto**

Los agregados son un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados. Pueden tener tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra, junto con el agua y el cemento, conforman el trío de ingredientes necesarios para la fabricación de concreto (Supermix, 2018).

La importancia del uso, tipo y calidad correcta del agregado no se puede subestimar. Los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto, e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las propiedades de la mezcla del concreto (Supermix, 2018).

Los agregados deben de ser transportados y acopiados de manera que se evite su segregación y contaminación, debiendo mantener las características granulométricas de cada una de sus fracciones hasta su incorporación a la mezcla, tienen que cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en la norma ASTM C33 y NTP 400.037 (Supermix, 2018).

### 2.1.6.1. Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción que pase el tamiz de 4.75 mm (N° 4). Proviene de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas. El porcentaje de arena triturada no podrá constituir más del 30% del agregado fino. El agregado fino deberá cumplir con los requisitos que se indican (Supermix, 2018).

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9.5 mm (3/8 in.)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10



**Figura 22:** Granulometría de la arena..

**Fuente:** (Supermix, 2018)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

CARACTERÍSTICAS	REQUISITO		UNIDAD
	MIN	MAX	
Módulo de finura	2.3	3.1	N.A.
Pasante de la malla N° 200	N.A.	5	%
Cloruros solubles	N.A.	1000	ppm
Sulfatos solubles	N.A.	12000	ppm
Terrones de arcilla y partículas deleznable	N.A.	3	%
Impurezas orgánicas	N.A.	3	Plato de Color
Inalterabilidad por sulfato de magnesio	N.A.	15	%

**Figura 23:** Límites de sustancias nocivas en el agregado fino.

**Fuente:** (Supermix, 2018)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

### 2.1.6.2. Agregado grueso

Se denomina agregado grueso a la porción del agregado retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4). Dicho agregado deberá de proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas: sus fragmentos deben de ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar la calidad de la mezcla de concreto (Supermix, 2018).

El agregado fino deberá cumplir con los requisitos que se indican en la tabla 03.y 04



**Figura 24:** Agregado grueso.

**Fuente:** (Supermix, 2018)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO MONIMAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 in.)	90 mm (3 ½ in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2 1/2 in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1 ½ in.)	25 mm (1 in.)	19 mm (¾ in.)	12.5 mm (½ in.)	9.5 mm (¾ in.)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 ½ in.)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 in.)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25 mm (2 a 1 in.)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 mm a 4.75 mm (2 in. a N° 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37.5 mm a 9 mm (1 1/2 a ¾ in.)	-	-	-	-	100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 in. a N° 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25 mm a 9.5 mm (1 a ¾ in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25 mm a 4.75 mm (1 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19 mm a 9.5 mm (¾ a ¾ in.)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19 mm a 4.75 mm (¾ in. a N° 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12.5 mm a 4.75 mm (½ in. a N° 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9.5 mm a 2.56 mm (¾ in. a N° 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9.5 mm a 1.18 mm (¾ in. a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

**Figura 25:** Requisito granulométrico del agregado grueso.

**Fuente:** (Supermix, 2018)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

CARACTERÍSTICAS	REQUISITO		UNIDAD
	MIN	MAX	
Pasante de la malla N° 200	N.A.	1	%
Cloruros solubles	N.A.	1000	ppm
Sulfatos solubles	N.A.	10000	ppm
Terrones de arcilla y partículas deleznales	N.A.	5	%
Abrasión por la máquina de los ángeles	N.A.	50	%
Inalterabilidad por sulfato de magnesio	N.A.	18	%

**Figura 26:** Límites de sustancias nocivas en el agregado grueso.

**Fuente:** (Supermix, 2018)

**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)



## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1. Canto rodado.**

Un canto rodado, a su vez, es una piedra que, a partir del impulso que le da el agua, rueda y se va alisando, adquiriendo una forma redondeada. Los guijarros, por lo tanto, son trozos de roca sueltos que las corrientes de agua trasladan por diversos medios.

### **2.2.2. Granulometría**

La granulometría es el estudio de la distribución estadística de los tamaños de una colección de elementos de un material sólido fraccionado o de un líquido multifásico. El análisis granulométrico es el conjunto de operaciones cuyo fin es determinar la distribución del tamaño de los elementos que componen una muestra.

### **2.2.3. Finura del cemento**

Finura. Es una de las propiedades más importantes del cemento, ya que ella determina en gran medida la velocidad de hidratación.

### **2.2.4. Densidad**

La densidad es una magnitud escalar que permite medir la cantidad de masa que hay en determinado volumen de una sustancia. La palabra, como tal, proviene del latín densitas, densitatis. La fórmula para calcular la densidad de un objeto es:  $\rho = m/v$ , es decir: densidad es igual a masa entre volumen.

### **2.2.5. Cantidad de aire en el hormigón**

Contenido de Aire en el Concreto, a veces son elementos pasivos que no se toma en cuenta; sin embargo, en construcciones modernas tiene mucha importancia en la actualidad.

### **2.2.6. Abrasión**

Se denomina abrasión a la acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material o tejido. En geología, la abrasión marina es el desgaste causado a una roca por la acción mecánica del agua cargada por partículas procedentes de los derrubios.

### **2.2.7. Dosificación.**

La dosificación es establecer las proporciones adecuadas de los materiales que componen el hormigón, para obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o adherencia correctos. Generalmente expresado en gramos por metro cúbico ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

### **2.2.8. Humedad.**

Es el aumento del nivel de agua que tiene la mezcla y en el caso que no esté medida correctamente provocara una elevada humedad en el mortero

### **2.2.9. Agua para hormigón.**

El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas.

### **2.2.10. Módulo de finura.**

Módulo de finura, es un índice que sirve para clasificar los agregados pétreos en función de su granulometría. Es la suma de los porcentajes retenidos acumulados de un árido, dividido por 100.

### **2.2.11. Mezcla de concreto.**

El concreto es la mezcla que se obtiene de porciones equilibradas de cemento, agua y aditivos de forma opcional, básicamente describe una estructura plástica-moldeable que al ser trabajado toma la forma consistente de una pasta resistente, convirtiéndolo en el material adecuado para la construcción

### **2.2.12. Aditivo plastificante.**

Producto para incorporar a la mezcla de hormigones que, sin oclusión de aire, permite reducir el agua de amasado e incrementar la docilidad del hormigón para una misma consistencia

### **2.2.13. Probeta.**

Las probetas de hormigón son un muestreo que se utiliza para realizar ensayos mecánicos del hormigón endurecido. Se realizan en moldes metálicos cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura rígidos, indeformables y no absorbentes untados en aceite mineral que no ataque al cemento y evite su adherencia.

### **2.2.14. Fraguado.**

El **fraguado** es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón (o mortero de cemento), producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos procedentes de la reacción química del agua de amasado con los óxidos metálicos presentes en el Clinker que compone el cemento. Este proceso se realiza en encofrado para su moldeado o adopción de forma.

### **2.2.15. Temperatura del hormigón.**

Una vez colocado el **concreto**, de acuerdo con el ACI-207.2R, a nivel general las especificaciones exigen **temperaturas** del elemento por debajo de 70°C, y especial cuidado en los gradientes de **temperatura** entre el núcleo y el exterior del elemento (ambiente), que debe ser inferior a 20°C.

### **2.2.16. Exudación del hormigón**

Tecnología del Concreto EXUDACIÓN DEL CONCRETO Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. ... 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de mezcla. Una mala dosificación de la mezcla. } Exceso de agua

### **2.2.17. Curado.**

Básicamente el curado de hormigón consiste en mantener la humedad de la mezcla para evitar que se evapore el agua que se necesita para mantener la proporción de agua y de cemento y se complete la reacción química de endurecimiento.

### **2.2.18. Retracción del hormigón.**

La pérdida de algo del exceso de esta “agua de conveniencia” de una matriz de concreto a medida que se endurece resulta en una reducción de volumen que se conoce como retracción. Si la reducción de volumen ocurre antes de que el concreto se endurezca, se llama retracción plástica.

### **2.2.19. Hormigón bombeado**

El hormigón bombeado es aquel que es conducido a presión por medio de un tubo rígido o flexible y vaciado directamente sobre el elemento a hormigonar

### **2.2.20. Compresión.**

La compresión puede ser un proceso físico o mecánico que consiste en someter a un cuerpo a la acción de dos fuerzas opuestas para que disminuya su volumen.

### **2.2.21. Flexión.**

En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras

## **2.3. Marco Legal**

### **2.4.1. Normativa nacional**

2.4.1.1. Constitución de la República del Ecuador (**Ecuador, Constitución Del Ecuador, 2008**), en los siguientes artículos nos habla del derecho que tienen todas las personas.

**Art. 30 y 31.-** nos indica el derecho de contar con una vivienda de manera segura, así como el respeto a cualquier ideología que puede tener el ser humano.

**Art. 264. 7 y 281. 8.** Nos habla sobre los implementos de salud, educación, los espacios públicos deportivos y el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica que debemos contar.

**Art. 350 y 385.-** la educación superior será una formación académica superior con visión científica, tecnológica, humanista e impulsar la producción nacional que sea eficiente y productiva.

#### **Reglamento general a la ley orgánica de educación superior.**

Estado garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales (decreto ejecutivo 742, 2019).

Artículo 26 establece que la educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal

Artículo 27 establece que la educación es el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente y a la democracia.

Artículo 28 nos indica que la educación responderá al interés público, y no estará al servicio de intereses individuales y corporativos

5 y 13 del artículo 147, establecen que corresponde al Presidente de la República dirigir la administración pública en forma desconcentrada y expedir los decretos necesarios para su organización (decreto ejecutivo 742, 2019).

Artículo 344 es sobre el Régimen del Buen Vivir, determina que el sistema nacional de educación, así como acciones en los niveles de educación inicial, básica y bachillerato, y estará articulado con el Sistema de Educación Superior.

Artículo 350 señala que el Sistema de Educación Superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y

Artículo 351 el Sistema de Educación Superior estará articulado al sistema nacional de educación y al Plan Nacional de Desarrollo; la ley establecerá los mecanismos de coordinación del Sistema de Educación Superior REGLAMENTO GENERAL A LA LEY ORGANICA DE EDUCACION SUPERIOR (decreto ejecutivo 742, 2019)

Artículo 352 el Sistema de Educación Superior estará integrado por universidades y escuelas politécnicas; institutos superiores técnicos, tecnológicos y pedagógicos; y conservatorios superiores de música y artes, debidamente acreditados y evaluados.

### **Reglamento de titulación de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.**

Que la unidad de titulación es la unidad curricular que incluye las asignaturas, cursos o sus equivalentes, que permiten la validación académica de los conocimientos, habilidades y desempeños adquiridos en la carrera para la resolución de problemas, dilemas o desafíos de una profesión (Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 2019).

Que el resultado final de esta unidad curricular es:

- a) el desarrollo de un trabajo de titulación, o,
- b) la preparación y aprobación de un examen de grado de carácter complejo, con los cuales se realiza la validación académica de los conocimientos, habilidades y desempeños adquiridos en la carrera por los estudiantes (Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 2019).

Que en ambas modalidades el estudiante deberá demostrar el manejo integral de los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación profesional, así como las destrezas alcanzadas al término de la misma, sin que le sea permitido realizar otra unidad curricular distinta a las señaladas en la Ley (Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 2019)

Que en ejercicio de la autonomía universitaria establecida en el Art. 351 de la Constitución de la República y al amparo de la potestad reglamentaria ejercida por el

Órgano Colegiado Superior (OCAS) de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

Art.17.-Proyecto de Investigación. - Es una propuesta que pretende encontrar resultados que den respuesta a un problema que surja de las prácticas pre-profesionales, vinculación con la sociedad o de su experiencia laboral. En esta opción se puede hacer uso de cualquiera de los métodos y tipos de investigación existentes que apliquen al tema motivo de la propuesta, una investigación exploratoria y diagnóstica, la base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta (Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 2019)

### **Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida**

Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada.

Incentivar la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, impulsar el cambio mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades.

Implementar sistemas constructivos seguros y energéticamente eficientes en zonas de alta exposición a amenazas de origen natural y antrópico.

### **Normas del proceso para realizar los diversos ensayos para el tema investigativo.**

El estudio y trabajos a realizar emplearemos los criterios emitidos por MTOP Ministerio de Transporte y Obras Publicas de acuerdo MOP - 001-F 2002 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES en el capítulo 800 materiales, secciones 801 – 802 – 803 y 804, donde se emiten los lineamientos en cuanto al uso, procedimientos de trabajos, tipo de materiales a emplearse, de acuerdo a la medidas consideradas para obtener un diseño acorde a las normas establecidas para esta investigación.

Todos los ensayos se los realiza, mediante sus normas respectivas como son la Norma A.S.T.M. (Asociación Americana de Ensayos de Materiales), AASHTO (La Asociación

Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes), NLT (No Less Than, no menor a) y INV (Instituto Nacional de Vías):

### **Ministerio y Transporte de Obras Publicas en sus capítulos.**

- |               |                                 |         |
|---------------|---------------------------------|---------|
| • SECCION 801 | Hormigón de Cemento Pórtland    | VIII-1  |
| • SECCION 802 | Cemento Pórtland                | VIII-22 |
| • SECCION 803 | Agregados para Hormigón         | VIII-26 |
| • SECCION 804 | Agua para Hormigones y Morteros | VIII-45 |

### **Normas Técnicas Ecuatorianas**

- INEN NTE 696 y 697 Ensayos granulométricos.
- INEN NTE 0860 Ensayos de Abrasión.
- INEN NTE 0858 Determinación de la masa unitaria en agregado.
- INEN NTE 0857 Determinación del peso específico en agregado grueso.
- INEN NTE 0856 Determinación del peso específico en agregado fino.
- NTE INEN 0695 Muestreo de agregados
- NTE INEN 0154 Designación de tamices
- NTE INEN 0691 Limite Líquido
- NTE INEN 0692 Limite Plástico



## **Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM)**

- ASTM C 136            Ensayos Granulométricos
- ASTM C 131            Ensayo de Abrasión
- ASTM C 127            Determinación del peso específico en agregado grueso
- ASTM C 128            Determinación del peso específico en agregado fino
- ASTM C 29             Determinación de la masa unitaria en agregado
- ASTM C 88             Sulfato
- ASTM C 172            Toma de muestra de concreto.
- ASTM C 192            Elaboración y curado de muestra de concreto
- ASTM C 39             Resistencia a la compresión.

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Metodología.

La investigación se lleva a cabo por medio de la aplicación de un método científico, nuestro trabajo será el método inductivo y deductivo porque será una comparación entre dos diseños de hormigón como se indica a continuación.

**Método inductivo.-** E método inductivo parte de casos particulares para llegar a una proposición general. El uso del razonamiento inductivo fue y es de gran importancia en el trabajo científico en general, ya que consiste en la recolección de datos sobre casos específicos y su análisis para crear teorías o hipótesis (Arrieta, 2019).

#### **Características del método inductivo**

- Sigue la dirección de abajo hacia arriba, de lo particular a lo general.
- Parte de observaciones empíricas y luego construye teorías sobre lo observado.
- Aún es utilizado en las ciencias, pero dentro del método hipotético-deductivo.
- Está limitado a la observación de los fenómenos.
- Sus conclusiones son probables y pueden llegar a ser falsas (Arrieta, 2019).

**Método deductivo. -** El método deductivo es más de razonamiento usado para aplicar leyes o teorías a casos singulares. Es el método utilizado en las ciencias formales, como la lógica y la matemática. Además, el razonamiento deductivo es clave en la aplicación de leyes a fenómenos particulares que se estudian en la ciencia (Arrieta, 2019).

Es una forma jerárquica de razonamiento, ya que se parte de generalizaciones, que poco a poco se aplican a casos particulares. Esto hace al método deductivo muy útil para producir conocimiento de conocimientos anteriores. También es práctico cuando es imposible o muy difícil observar las causas de un fenómeno, pero sí aquellas consecuencias que produce (Arrieta, 2019).

#### **Características del método deductivo**

- Sigue la dirección de arriba hacia abajo, de lo general a lo particular.

- Es el método utilizado en las ciencias formales.
- Se basa en la teoría para predecir fenómenos observables por medio de hipótesis.
- La conclusión está contenida en las premisas.
- Si las premisas son válidas y verdaderas, la conclusión también lo es.
- Sus conclusiones deben llevar a consecuencias lógicas y rigurosas.
- Por sí mismo no produce nuevo conocimiento (Arrieta, 2019).

La investigación va a ser inductiva y deductiva porque se seguirá un análisis de la elaboración de cada ensayo y se recopilarán los cálculos realizados, hasta obtener la dosificación requerida para cada resistencia, por lo tanto serán conclusiones válidas y verdaderas, obteniendo un nuevo conocimiento del comportamiento mecánico que tendrá el hormigón con ripio al compararlo con el hormigón.

### **3.2. Tipo de investigación.**

Según Hernández, Baptista, & Fernández los proyectos de diseño experimental pueden ser una excelente manera de probar algo diferente. Son una excelente alternativa al trabajo diario habitual que se trata más de crear, pudiendo decir que es un estudio de tipo experimental si al final del mismo se ha identificado.

La investigación es experimental debido a que se realizarán ensayos de laboratorio con condiciones controladas, a los agregados que componen el diseño de hormigón como son las arenas, agregado grueso y ripio, todos los ensayos de clasificación, densidad, abrasión, sulfato, etc. y el diseño para resistencias de 210, 250, y 280 kg/cm<sup>2</sup> esto se realizará en un laboratorio calificado y con normas específicas para realizar cada ensayo de acuerdo a lo requerido para el diseño a desarrollar, por eso es considerado de tipo experimental..

Así mismo como se va a comparar los resultados del hormigón tradicional con el hormigón con ripio su análisis es también comparativo.

### **3.3. Enfoque**

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis. (Fernandez, 2016).

La investigación se enfocará en determinar valores como la resistencia a la compresión, el revenimiento y su resistencia a flexión, que van a describir el comportamiento mecánico del hormigón con ripio respecto con el tradicional, estos datos son numéricos por lo tanto esta tesis es cuantitativa.

### **3.4. Técnicas de la investigación.**

Las técnicas de investigación son unos procesos de instrumentos que se utilizan al iniciar el estudio de un fenómeno determinado. Estos métodos permiten recopilar, examinar y exponer la información, de esta forma se logra el principal objetivo de toda investigación, que es adquirir nuevos conocimientos. La elección de la técnica de investigación más adecuada depende del problema que se desea resolver y de los objetivos planteados, motivo por el cual esta elección resulta ser un punto fundamental en todos los procesos investigativos. (lifeder, 2020).

El ripio será traído de las canteras o yacimiento que están ubicadas al pie del río Quevedo en la Provincia de los Ríos. El primer paso, obtener el ripio de las canteras, proceder a realizar su ensayo de clasificación, peso específico, absorción, abrasión, sulfato, el diseño para hormigón con resistencia de 210, 250, y 280 kg/cm<sup>2</sup>, una vez

obtenida el diseño se procede a elaborar los cilindros respectivo para luego realizar su rotura a la edad establecida 7, 14, 28 días y testigos su comparación con el diseño patrón seleccionado que es el hormigón tradicional.

### **3.4.1. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO**

#### **OBJETO**

Este ensayo no es aplicable cuando el concreto contiene una cantidad apreciable de agregado grueso de tamaño mayor a 37.5 mm (1½") o cuando el concreto no es plástico o cohesivo. Si el agregado grueso es superior a 37.5 mm (1½"), el concreto deberá tamizarse con el tamiz de este tamaño según la Norma INV E - 401 "Muestras de Concreto Fresco" (Dueñas, 2016).

#### **EQUIPO**

**Molde.-** Debe ser metálico, Su forma interior debe ser la superficie lateral de un tronco de cono de  $200 \pm 2$  mm ( $8" \pm 1/8"$ ) de diámetro en la base mayor,  $100 \pm 2$  mm ( $4" \pm 1/8"$ ) de diámetro en la base menor y  $300 \pm 2$  mm ( $12" \pm 1/8"$ ) de altura. Las bases deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde debe estar provisto de agarraderas y de dispositivos para sujetarlo con los pies. La costura de la lámina debe ser esencialmente. El interior del molde debe estar libre de abolladuras, ser liso y sin protuberancias (Dueñas, 2016).

**Varilla compactadora.-** Debe ser de hierro liso, cilíndrica, de 16 mm ( $5/8"$ ) de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm (24"); el extremo compactador debe ser hemisférico con radio de 8 mm ( $5/16"$ )

## **MUESTRA**

La muestra que se utiliza en el ensayo debe ser representativa del concreto..

## **PROCEDIMIENTO**

Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente. Se sujeta firmemente con los pies y se llena con la muestra de concreto en tres.

Un tercio del volumen del molde corresponde aproximadamente a una altura de 65 mm; dos tercios del volumen corresponden a una altura de 155 mm.

Cada capa debe compactarse con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre su sección transversal. Para la capa del fondo es necesario inclinar ligeramente la varilla dando aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y avanzando con golpes verticales en forma de espiral, hacia el centro. La capa del fondo debe compactarse en todo su espesor; las capas intermedia y superior en su espesor respectivo, de modo que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediatamente inferior.

Al llenar la capa superior debe apilarse concreto sobre el molde antes de compactar. Si al hacerlo se asienta por debajo del borde superior, debe agregarse concreto adicional para que en todo momento haya concreto sobre el molde. Después de que la última capa ha sido compactada debe alisarse a ras la superficie del concreto. Inmediatamente se retira el molde, alzándolo cuidadosamente en dirección vertical.

El alzado del molde debe hacerse en un tiempo aproximado de 5 a 10 segundos, mediante un movimiento uniforme hacia arriba, sin que se imparta movimiento lateral o de torsión al concreto.

La operación completa, desde que se comienza a llenar el molde hasta que se retira, debe hacerse sin interrupción en un tiempo máximo de 2 minutos 30 segundos (Dueñas, 2016).

El ensayo de asentamiento debe comenzarse a más tardar 5 minutos después de tomada la muestra.

Inmediatamente después se mide el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del espécimen.

Si ocurre un derrumbamiento pronunciado o desprendimiento del concreto hacia un lado del espécimen, debe repetirse el ensayo sobre otra porción de la muestra. Si dos ensayos consecutivos sobre una muestra de concreto dan este resultado, el concreto carece probablemente de la plasticidad y cohesión necesarias para que el ensayo de asentamiento sea aplicable (Dueñas, 2016).

### **3.4.2. RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO**

Es para determinar la resistencia de los cilindros de hormigón moldeados, aplicando una carga axial a una velocidad de carga normada, hasta que se presente fallas en el espécimen que es la resistencia a la compresión del cilindro elaborado (W, Carrillo., 2016).

#### **USO Y SIGNIFICADO**

Los resultados de este ensayo pueden usarse como control de calidad.

## APARATOS UTILIZADOS

**Máquina a compresión.-** consiste en una máquina que tenga la capacidad y su velocidad que pueda comprimir estos elementos diseñados para diversas resistencias, previamente tiene que ser calibrada y presentar su hoja de calibración para poder realizar los ensayos a compresion,de acuerdo con la Norma ASTM E-4-83a. "Ensayo normalizado para la verificación de la carga de las máquinas de Ensayo" (W, Carrillo., 2016).

Precisión.- Para obtener una precisión debe cumplir con:

- a) El porcentaje de error no excederá del  $\pm 1.0\%$  de la carga indicada.
- b) se comprobara la máquina para el ensayo a compresión aplicando cinco cargas de incrementos variados. La diferencia entre dos cargas no excederá en más de un tercio.
- c) Cada carga debe registrarse según el elemento registrado para cada uno.

$$E = A - B$$

$$E_p = 100 (A - B)/B$$

Donde:

A = Carga, N (o lbf) indicada en la maquina a compresión.

B = Carga aplicada, N (o lbf) por la calibración.

- d) La carga indicada no debe corregirse ni utilizando diagramas de varias roturas.

La máquina consta de dos bloques de carga, de acero con caras endurecidas, uno de los cuales es un bloque con rótula el cual descansa sobre la superficie superior



de la muestra, y el otro un bloque sólido sobre el cual se colocará el espécimen (W, Carrillo., 2016).

Para el bloque de carga debe cumplir:

.El diámetro máximo no debe exceder los valores que se dan a continuación:

Diámetro del espécimen de ensayo (mm)	Diámetro máximo de la cara de carga (mm)
51	102
76	127
102	165
152	254
203	279

## **MUESTRAS**

Las muestras no deben ensayarse si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más del 2%. Ninguna de las muestras ensayadas a compresión debe separarse de la perpendicularidad del eje en más de 0.5° (equivalentes a 3 mm en 300 mm aproximadamente (W, Carrillo., 2016).

## PROCEDIMIENTO

El ensayo debe hacerse inmediatamente después de que éstas han sido extraídas del cuarto de curado. Su rotura a compresión su tiempo de tolerancia es:

**Tabla 2**

*Tolerancia permitida.*

Edad del Ensayo	Tolerancia Permisible
24 horas	$\pm 0.5$ horas ó 2.1%
3 días	2 horas ó 2.8%
7 días	6 horas ó 3.6%
28 días	20 horas ó 3.0%
90 días	2 días ó 2.2%

*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021)

## CALCULOS Y RESULTADOS

Se divide la carga máxima soportada por el promedio del área de la sección transversal determinada (W, Carrillo., 2016)

Si la relación entre la longitud del espécimen y el diámetro es menor a 1.8, corríjase el resultado obtenido por el indicado a continuación:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

### **3.4.3. RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO METODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ**

**I.N.V. E - 414**

#### **OBJETO**

Esta norma tiene por objeto establecer el procedimiento que se debe seguir para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto. El valor del módulo de rotura indicado en MPa (lb/pulg<sup>2</sup>) se considerará como el normalizado (K., Carvajal., 2020).

#### **APARATOS**

La máquina de ensayo deberá cumplir con los requerimientos del apéndice "Bases de verificación, Correcciones, e Intervalos de tiempo entre verificaciones". Las máquinas de ensayo operadas a mano con bombas que no suministren una carga continua en un recorrido, no serán permitidas. Se permitirán bombas con motor u operadas a mano, con desplazamiento positivo, que tengan suficiente volumen en un golpe continuo, para completar el ensayo sin requerir una nueva carga, siempre y cuando sean capaces de aplicar las cargas a una rata uniforme, sin interrupciones o discontinuidades. El método de carga en los tercios deberá utilizarse en la realización de ensayos de flexión, empleando bloques de carga, los cuales asegurarán que las fuerzas aplicadas a la viga sean perpendiculares a la cara del espécimen y sin excentricidad.

Todos los aparatos utilizados en el ensayo de flexión del concreto deben ser capaces de mantener la longitud especificada de la luz entre apoyos, y las distancias entre los bloques de aplicación de carga y los bloques de apoyo, constantes, con una tolerancia de + 1.3 mm (+ 0.05").

Las reacciones deberán ser paralelas a la dirección de las fuerzas aplicadas en todo momento durante el ensayo y la relación entre la distancias del punto de aplicación de la carga a la reacción más cercana y la altura de la viga no deberá ser menor que uno (1) (K., Carvajal., 2020)

a) Los bloques de aplicación de carga y de apoyo no tendrán más de 64 mm (2.5") de altura, medida desde el centro o eje del pivote, y debe extenderse completamente a través o más allá del ancho completo del espécimen.

Cada superficie endurecida de carga en contacto con la muestra no debe separarse del plano en más de 0.05 mm (0.002") y debería ser una porción de un cilindro, el eje del cual deberá coincidir con el eje de la barra o el centro de la esfera en el cual el bloque se encuentre pivoteado. El ángulo sustentado por la superficie curva de cada bloque debe ser de  $45^{\circ}$  (0.79 rad), como mínimo.

b) Los bloques de aplicación de carga y de apoyo deberán mantenerse en posición vertical y en contacto con la barra o esfera por medio de tornillos cargados con resortes, que los mantienen en contacto con la barra o esfera de pivotaje.

c) El plato de carga superior y la esfera del punto central pueden omitirse cuando se use un bloque apoyado sobre una rótula, ya que una barra y una esfera se usan como pivotes para los bloques superiores de aplicación de carga (K., Carvajal., 2020).

## **MUESTREO**

Los especímenes de ensayo deben cumplir con los requerimientos de la Norma INV E - 402 "Elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio".

Las muestras deben tener una distancia libre entre apoyos de al menos tres veces su altura,

## **PROCEDIMIENTO.**

Gírese la muestra sobre un lado con respecto a su posición de moldeo y céntrese sobre los bloques de carga. Céntrese el sistema de carga con relación a la fuerza aplicada. Pónganse los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en los puntos tercios, entre los soportes. Si no se obtiene

contacto completo sin carga entre el espécimen, los bloques de aplicación de carga y los soportes, de forma que se presente una separación de 0.1 mm (0.004") en una longitud de 25 mm (1") o más larga, púlanse o refréntense las superficies de contacto de la muestra, o rellénense con láminas de cuero.

Úsese láminas de cuero sólo cuando la superficie de la muestra se separe del plano en más de 0.38 mm (0.015"). Las láminas de cuero deben tener un espesor uniforme de 6.4 mm (0.25") y un ancho de 25 a 50 mm (1 a 2"), y deben extenderse el ancho total de la muestra. La carga debe aplicarse rápidamente, hasta aproximadamente el 50% del valor esperado de rompimiento. A continuación, aplíquese la carga en forma continua a una rata que incremente constantemente el esfuerzo de la fibra extrema, entre 861 y 1207 kPa/min (125 a 175 lb/pulg<sup>2</sup>), cuando se calcule de acuerdo con el numeral 6.1, hasta que ocurra la rotura (K., Carvajal., 2020).

#### **MEDICION DE LA MUESTRA DESPUES DEL ENSAYO.**

Tómense tres medidas de cada dimensión (una en cada borde y en el centro) con una precisión de 1.3 mm (0.05") para determinar el ancho promedio, la altura promedio y la localización de la línea de fractura del espécimen en la sección de falla (K., Carvajal., 2020).

#### **CALCULOS**

Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, calcúlese el módulo de rotura de la siguiente forma:

$$R = Pl/bd^2$$

donde:

R = Módulo de rotura MPa, (lb/pulg<sup>2</sup>),

P = Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo N, (lbf)

l = Longitud libre entre apoyos mm, (pulg),

b = Ancho promedio de la muestra mm, (pulg),

d = Altura promedio de la muestra, mm, (pulg).

a) Si la fractura ocurre en la sección refrentada, incluya el espesor del recubrimiento en la altura de la muestra.

b) El peso de la viga no se incluye en los cálculos anteriores.

Si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, en menos del 5% de la luz libre, calcúlese el módulo de rotura de la siguiente forma:

$$R = 3Pa/bd^2$$

Donde:

a = Distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medido sobre la zona de tensión de la viga, mm,(pulg).

Si la fractura ocurre en la de tensión y fuera del tercio medio de la luz libre, en más del 5% de la luz libre, no tenga en cuenta los resultados del ensayo (K., Carvajal., 2020).

## **INFORME Y RESULTADOS**

El informe de los resultados debe incluir lo siguiente:

a) Número de identificación de la muestra.

b) Ancho promedio con una precisión de 1.3 mm (0.05")

c) Altura promedio con precisión de 1.3 mm (0.05")

d) Longitud de la luz, en mm (pulg)

e) Máxima carga aplicada en N (lbf),

f) Módulo de rotura calculado con una precisión de 0.03 MPa (Lb/pulg<sup>2</sup>).

- g) Datos relativos al curado y condición de humedad aparente en el momento del ensayo,
- h) Datos relativos al pulimento, refrentado, o uso de láminas de cuero.
- i) Defectos del espécimen
- j) Edad del espécimen (K., Carvajal., 2020).

### **3.5. Población**

Es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado. Cuando se vaya a llevar a cabo alguna investigación debe de tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse la población bajo estudio.

Entre éstas tenemos:

**Homogeneidad** - que todos los miembros de la población tengan las mismas características según las variables que se vayan a considerar en el estudio o investigación.

**Tiempo** - se refiere al período de tiempo donde se ubicaría la población de interés. Determinar si el estudio es del momento presente o si se va a estudiar a una población de cinco años atrás o si se van a entrevistar personas de diferentes generaciones.

**Espacio** - se refiere al lugar donde se ubica la población de interés. Un estudio no puede ser muy abarcador y por falta de tiempo y recursos hay que limitarlo a un área o comunidad en específico.

**Cantidad** - se refiere al tamaño de la población. El tamaño de la población es sumamente importante porque ello determina o afecta al tamaño de la muestra que se vaya a seleccionar, además que la falta de recursos y tiempo también nos limita la extensión de la población que se vaya a investigar.

Debido a la naturaleza de la investigación, la población es de carácter limitada por lo que abarca tres tipos de dosificaciones/de resistencias por cada universo, es decir se analizará el hormigón tradicional en sus resistencias de 210, 250, y 280 kg/cm<sup>2</sup> y de igual manera se realizará el estudio sobre las mismas resistencias en el hormigón con ripio.

### **3.6. Muestra**

La muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población. Hay diferentes tipos de muestreo. El tipo de muestra que se seleccione dependerá de la calidad y cuán representativo se quiera sea el estudio de la población.

**ALEATORIA** - cuando se selecciona al azar y cada miembro tiene igual oportunidad de ser incluido.

**ESTRATIFICADA** - cuando se subdivide en estratos o subgrupos según las variables o características que se pretenden investigar. Cada estrato debe corresponder proporcionalmente a la población.

**SISTEMÁTICA** - cuando se establece un patrón o criterio al seleccionar la muestra. Ejemplo: se entrevistará una familia por cada diez que se detecten.

El muestreo es indispensable para el investigador ya que es imposible entrevistar a todos los miembros de una población debido a problemas de tiempo, recursos y esfuerzo. Al seleccionar una muestra lo que se hace es estudiar una parte o un subconjunto de la población, pero que la misma sea lo suficientemente representativa de ésta para que luego pueda generalizarse con seguridad de ellas a la población.

El tamaño de la muestra depende de la precisión con que el investigador desea llevar a cabo su estudio, pero por regla general se debe usar una muestra tan grande como sea posible de acuerdo a los recursos que haya disponibles. Entre más grande la muestra mayor posibilidad de ser más representativa de la población.



**En la investigación experimental**, por su naturaleza y por la necesidad de tener control sobre las variables, se recomienda muestras pequeñas que suelen ser de por lo menos 30 sujetos.

**En la investigación descriptiva** se emplean muestras grandes y algunas veces se recomienda seleccionar de un 10 a un 20 por ciento de la población accesible.

Debido al alcance de la investigación, la muestra está plenamente delimitada. El conjunto de población de estudio responde a dos grupos de tres características:

La muestra es de tipo no probabilístico y está de acuerdo a lo especificado en las normas del ACI 318 capítulo 5, que por cada diseño y producción diaria se hará 3 tomas de cilindros para cada día de rotura.

<b>OBJETO</b>	<b>RESISTENCIA</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>21 días</b>	<b>28 días</b>	<b>Testigos</b>
<b>Hormigón tradicional</b>	210 Kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	3	3
	250 Kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	3	3
	280 Kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	3	3
<b>Hormigón con ripio</b>	210 Kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	3	3
	250 Kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	3	3
	280 Kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	3	3

*Figura 27: Grupo de estudio.*  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021)

Por cada elemento de estudio se realizarán 5 ensayos, para medir la resistencia progresiva durante intervalos de 7 días, más una toma adicional como testigo o comprobación.

**Total Muestra**= Objetos de prueba x Variantes x Cantidad de Ensayos

**Total Muestra**= 6 Mezclas x 3 resistencias x 5 Ensayos.

**Total Muestra= 90 unidades de análisis de rotura de cilindros y 90 para ensayos a flexión (vigas), el ensayo de asentamiento será uno por cada diseño ósea 6 tomas.**

**Total Muestra= 186**

**Nota:**

**6 mezclas: son los diseños que se realizaron 3 del hormigón tradicional y 3 del hormigón con ripio.**

**3 resistencias: son los cilindros que se realizan la rotura a compresión 3 cilindros por día de prueba.**

**Cantidad de ensayos: son los días donde toca la rotura de los elementos que sería a los 7, 14, 21. 28 días y testigos, total 5**

**Total sería 90 cilindros a realizar la rotura a compresión y 90 vigas a flexión, (las vigas se las realiza con el mismo sistema de los cilindros) y como son 6 diseños el asentamiento será en total 6, un asentamiento por cada diseño.**

### **3.7. Análisis de resultados.**

El análisis consiste básicamente en dar respuesta a los objetivos o hipótesis planteadas a partir de las mediciones efectuadas y los datos resultantes. Para plantear el análisis es conveniente plantear un plan de análisis o lo que se conoce como un plan de explotación de datos. En él se suele detallar de manera flexible cómo vamos a proceder al enfrentarnos a los datos, cuáles serán las principales líneas de análisis, qué orden vamos a seguir, y qué tipo de pruebas o técnicas de análisis aplicaremos sobre los datos. (técnica de investigación social, 2017).

Los análisis a realizar serán los estipulados para este tipo de diseño de acuerdo a las Especificaciones del Ministerio y Transporte de Obras Públicas, de la misma manera se obtendrá y evaluará la diferencia entre los diseños propuesto, determinando como se lo puede utilizar en la construcción.

En nuestro caso procedimos a obtener la muestra de ripio la misma que fue extraída en un brazo del río de Quevedo, por el cantón Valencia, esta muestra fue llevada al laboratorio de suelo de la Universidad Estatal, para realizar los ensayos de clasificación, peso unitario, densidad, absorción, abrasión y sulfato con los valores obtenidos de estos ensayos procedimos a realizar los diseños de hormigón, de 210, 250, y 280 kg/cm<sup>2</sup>, tanto el hormigón tradicional como el hormigón con ripio. El material de ripio fue necesario separar el agregado grueso y el fino por medio del tamiz N° 4 (4.75 mm) para poder realizar los ensayos respectivos.

Los procesos de los ensayos realizados lo presentamos a continuación:

## **PROCESO GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS**

Es para determinar los tamaños de las partículas de los materiales a tamizar por medio de diversos tamices de diferentes diámetros de aberturas cuadradas, ahí determinamos su curva granulométrica que nos indican los tamaños de las partículas de suelo (Castañeda, G, 2017).

### **EQUIPOS UTILIZADOS:**

Balanza, con precisión de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que va a ser ensayada.

Tamices.- Son seleccionados de acuerdo a las especificaciones de los materiales a utilizar para el ensayo.

Horno, con una temperatura uniforme de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

### **MUESTRA**

Se las obtiene por medio del cuarteo de la muestra previamente seleccionada ya sea manual o mecánico (según la Norma INV E-104) (Castañeda, G, 2017).

**Agregado fino.** Pa su análisis debe considerarse los siguientes pesos:

- Agregados en que por lo menos el 95%  
pasa el tamiz de 8.36 mm (No.8)\_\_\_\_\_ 100 gr.
  
- Agregados en que por lo menos el 85%  
pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4), y más  
del 5% queda retenido en el tamiz de  
2.36 mm (No.8)\_\_\_\_\_ 500 gr.

**Agregado grueso:** debe considerarse los siguientes pesos:

Máximo Tamaño Nominal con Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Peso mínimo de la Muestra de Ensayo Kg
9.5 (3/8)	1
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	5
25.0 (1)	10
37.5 (1½)	15
50.0 (2)	20
63.0 (2½)	35
75.0 (3)	60
90.0 (3½)	100
100.0 (4)	150
112.0 (4½)	200
125.0 (5)	300
150.0 (6)	500

Para mezclas de agregados gruesos y finos, la muestra será separada en dos tamaños, por el tamiz de 4.75 mm (No.4), que es el caso del canto rodado o material granular de río (Castañeda, G, 2017).

## **PREPARACION DE LA MUESTRA**

Séquese la muestra a una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$ ), hasta obtener peso constante.

- a) El tamaño máximo será menor de 12.5 mm ( $\frac{1}{2}$ ").
- b) El agregado grueso tenga una cantidad apreciable de finos menores de 4.75 mm (No.4).
- c) El agregado grueso sea altamente absorbente (por ejemplo un agregado ligero).

## **PROCEDIMIENTO**

Selecciónese un grupo de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar. Colóquense los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura. Efectúese la operación de tamizado a mano o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado.

Limítese la cantidad de material en un tamiz dado, de tal forma que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación del tamizado (Castañeda, G, 2017).

El peso retenido en tamices menores al de 4.75 mm (No.4) cuando se complete la operación de tamizado, no debe ser mayor de 6 kg/m<sup>2</sup> de superficie tamizada. Para tamices de 4.75 mm (No.4) y mayores, el peso en kg/m<sup>2</sup> por superficie de tamizado no excederá el producto de 2.5 x abertura del tamiz (mm).

En ningún caso, el peso debe ser tan grande que cause deformación permanente en la malla del tamiz (Castañeda, G, 2017).

- a) La introducción de un tamiz con abertura más grande antes de éste.
- b) Probando la muestra en un número de incrementos.

Continúese el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase más del 1% de la cantidad en peso retenida en cada tamiz, durante un (1) minuto de tamizado continuo a mano, realizado de la siguiente manera:

Tómese individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo que ajuste sin holgura, con la mano en una posición ligeramente inclinada. Se golpea secamente el lado del tamiz, con un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, girando el tamiz aproximadamente 1/6 de vuelta en cada intervalo de 25 golpes. Se considerará satisfactorio el tamizado para tamaños mayores al tamiz de 4.75 mm (No.4), cuando el total de las partículas del material sobre la malla forme una sola capa. Si el tamaño de los tamices hace impracticable el movimiento de tamizado recomendado, utilícense tamices de 203 mm (8") de diámetro para su comprobación (Castañeda, G, 2017).

### **CALCULOS**

El cálculo lo determinamos en porcentaje de cada material retenido en cada tamiz utilizado en su ensayo granulométrico, con una aproximación de 0.1%, con base en el peso total de la muestra inicial seca (Castañeda, G, 2017).

### **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS**

Es para determinar los pesos específicos aparentes y real a 23/23°C (73.4/73.4°F) y también su absorción que tendrá al estar sumergido por 24 horas (Calle, J, 2016)

## **DEFINICIONES**

**Volúmenes aparentes y nominales** – Son los sólidos permeable, se define como el volumen aparente; si no consideramos el volumen de vacíos el volumen resultante se lo conoce como nominal.

**Peso específico aparente y nominal** – Es la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente, el peso específico nominal es la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal (Calle, J, 2016).

## **EQUIPO A UTILIZAR**

Balanza, con capacidad mínima de 1000 g y sensibilidad de 0.1 g.

Matraz o picnómetro, para introducir la muestra para determinar su volumen con una exactitud de  $\pm 0.1 \text{ cm}^3$ .

Molde cónico truncado. Son construido con una chapa metálica de 0.8 mm de espesor como mínimo, y de  $40 \pm 3$  mm de diámetro interior en su base menor,  $90 \pm 3$  mm de diámetro interior en una base mayor y  $75 \pm 3$  mm de altura.

Varilla para apisonado, recta, con un peso de  $340 \pm 15$  g y terminada por uno de sus extremos en una superficie circular plana para el apisonado, de  $25 \pm 3$  mm de diámetro (Calle, J, 2016).

Bandejas.

## **ELABORACION:**

Hay que homogeneizar y tamizar la muestra (tamiz No.4), se realiza el cuarteo y una cantidad de 1000 g, se seca en el horno a  $110^\circ\text{C}$ .,. Una vez fría se pesa, hasta obtener un peso constante. A continuación se cubre la muestra completamente con agua y se la deja así sumergida durante  $24 \pm 4$  horas.

Luego procedemos a colocar el material saturado en el cono truncada colocado previamente en una superficie lisa se lo apisona con 25 golpes de la varilla, levantando a continuación, con cuidado, verticalmente el molde. Si la superficie de las partículas conserva aún exceso de humedad, el cono de agregado mantendrá su forma original, por lo que se continuará agitando y secando la muestra, realizando frecuentemente la prueba del cono hasta que se produzca un primer desmoronamiento superficial, indicativo de que finalmente ha alcanzado el agregado la condición de superficie seca.

El peso total del picnómetro enrasado será: (Calle, J, 2016)

$$C = 0.9975.V_a + S + M$$

Donde:

- C= Peso total del picnómetro con muestra y agua hasta el enrase, en gramos.
- S = Peso de la muestra saturada.
- V<sub>a</sub>= Volumen de agua añadida.
- M = Peso del picnómetro vacío.

El valor 0.9975 como promedio del peso específico del agua.

Se saca el agregado fino del matraz y se deseca en el horno a 110°C, hasta peso constante; se enfría al aire a temperatura ambiente durante 1 a 1-1/2 horas y se determina finalmente su peso seco (Calle, J, 2016).

## **RESULTADOS**

Determinamos:

- A = Peso al aire de la muestra desecada, en gramos.
- B = Peso del picnómetro lleno de agua, en gramos.



C = Peso total del picnómetro, muestra y lleno de agua, en gramos.

S = Peso muestra saturada, en gr.

Se calculan los pesos específicos aparente, a 23/23°C (73.4/73.4°F), saturado superficie seca, y real, y la absorción:

$$\begin{array}{l} \text{Peso} \\ \text{Específico} = \frac{A}{B + S - C} \\ \text{Aparente} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Peso específico} \\ \text{Aparente} = \frac{S}{B + S - C} \\ \text{(S.S.S)} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Peso} \\ \text{Específico} = \frac{A}{B + A - C} \\ \text{Nominal} \end{array}$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} \times 100$$

NOTA: S.S.S. = Saturado con Superficie Seca.

Cuando se usa el frasco de Le Chatelier:

R<sub>1</sub> = Lectura inicial del nivel del agua en el frasco.

R<sub>2</sub> = Lectura final del nivel del agua en el frasco.

$S_1$  = Peso de la muestra saturada con superficie seca empleando el frasco de Le Chatelier. (g)

se tiene:

$$\begin{array}{l} \text{Peso específico} \\ \text{Aparente} \\ \text{a } 23/23^\circ\text{C} \end{array} = \frac{S_1 (1 - [(S-A)/A])}{0.9975 (R_2 - R_1)}$$

$$\begin{array}{l} \text{Peso específico} \\ \text{Aparente (S.S.S)} \\ \text{a } 23/23^\circ\text{C} \end{array} = \frac{S_1}{0.9975 (R_2 - R_1)}$$

## **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**

Para determinar los pesos específicos aparente y nominal, y la absorción, después de 24 horas de inmersión (Toro. C, 2016).

### **CONCEPTOS**

**Volúmenes aparentes y nominales** - Son los sólidos permeables, se define como el volumen aparente; si no consideramos el volumen de vacíos el volumen resultante se lo conoce como nominal.

**Peso específico aparente y nominal** - Es la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente, el peso específico nominal es la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal (Toro. C, 2016).

### **EQUIPO A UTILIZAR**

Balanzas, con capacidad superior a 5000 g, con sensibilidad de 0.5

Canastillas metálicas, para material grueso sumergidas.

Dispositivo de suspensión - dispositivo que permita suspender las canastillas de la balanza, una vez sumergida (Toro. C, 2016).

## PREPARACIÓN.

Se mezcla el material realizando el cuarteo respectivo hasta obtener una muestra homogénea. Las cantidades mínimas requerida son:

**Tabla 3**

*Tamaño nominal.*

Tamaño máximo nominal		Cantidad mínima de muestra
mm	(pulg)	kg
hasta 12.5	1/2	2
19.0	3/4	3
25.0	1	4
37.5	1 1/2	5
50.0	2	8
63.0	2 1/2	12
75.0	3	18
90.0	3 1/2	25

*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021)

## ELABORACIÓN

La muestra se lava hasta desaparecer el polvo, se seca en un horno a 110°C y se enfría. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante, y se sumerge en agua, también a temperatura ambiente, durante  $24 \pm 4$  horas.

A continuación, se determina el peso de la muestra en el estado de saturada con superficie seca (S.S.S.). Estas y todas las pesadas subsiguientes se realizarán con una aproximación de 0.5 g para pesos hasta 5000 g y de 0.0001 veces el peso de la muestra para pesos superiores.

Después se coloca la muestra en la canastilla metálica y se determina su peso sumergida en el agua (Toro. C, 2016).

Se seca entonces la muestra en horno 110°C, se enfría al aire.

## RESULTADOS

A = Peso en el aire de la muestra seca en gramos.

B = Peso en el aire de la muestra saturada, en gramos.

C = Peso sumergido en agua de la muestra saturada, en gramos.

Se calculan los pesos específicos aparente, saturado con superficie seca y nominal y la absorción,

$$\begin{array}{r} \text{Peso} \\ \text{Específico} = \frac{A}{\text{Aparente}} \\ B - C \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Peso específico} \\ \text{Aparente} = \frac{B}{\text{(S.S.S)} \quad B - C} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Peso} \\ \text{Específico} = \frac{A}{\text{Nominal} \quad A - C} \end{array}$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Para obtener el verdadero valor, tanto del peso específico como de la absorción, se aplica las expresiones:

$$G_{pr} = \frac{1}{\frac{P_1}{100 G_1} + \frac{P_2}{100 G_2} + \frac{P_n}{100 G_n}}$$

$$A = \frac{P_1 A_1}{100} + \frac{P_2 A_2}{100} + \frac{P_n A_n}{100}$$

Donde:

$P_1, P_2, \dots, P_n =$  Porcentajes respectivos del peso de cada fracción con respecto al peso total de la muestra.

$G_1, G_2, \dots, G_n =$  Pesos específicos (aparente, saturado con superficie seca o real, el que se esté calculando) de cada fracción de la muestra total.

$A_1, A_2, \dots, A_n =$  Porcentajes de absorción de cada fracción de la muestra total.

$G_{pr} =$  Verdadero valor del peso específico correspondiente (aparente, saturado superficie seca o real) a la muestra total.

$A =$  Valor del porcentaje de absorción de la muestra total

## **TOMA DE MUESTRAS DE CONCRETO FRESCO**

Para obtener una muestra representativas del hormigón hay que contar con mezcladoras adecuadas que permita una buena distribución de los agregados y así obtener una consistencia que cumpla con el diseño elaborado previamente (Santiago, D, 2016).

### **TOMA DE MUESTRAS**

La toma de las muestras y su elaboración no podrá ser mayor a un tiempo de 15 minutos.

La toma se las realizara en el lugar que se ejecute su elaboración proporcionada. Los ensayos de asentamiento deberán iniciarse dentro de los 5 minutos siguientes a la terminación de la toma de las muestras individuales.

La elaboración de especímenes para ensayos de resistencia deberá iniciarse dentro de los 20 minutos siguientes a la terminación de la toma de las muestras individuales. (Santiago, D, 2016).

### **ELABORACIÓN:**

Tamaño de las muestras.- Las muestras para ensayo deberán tener un volumen mínimo de  $30 \text{ dm}^3$ , ( $1 \text{ pie}^3$ ). Los procedimientos usados se describen a continuación:

. Mezcladoras.- Las muestras individuales se tomarán en dos o más intervalos de tiempo, en ningún caso, se tomarán de las porciones inicial y final.

La toma individual se tomará en un recipiente de descarga del concreto. Se tomarán después de haber adicionado y mezclado toda el agua en el camión mezclador (Santiago, D, 2016).

.

## **ELABORACION Y CURADO EN EL LABORATORIO DE MUESTRAS DE CONCRETO PARA ENSAYOS DE COMPRESION Y FLEXION**

### **OBJETO**

Esta norma tiene por objeto establecer el procedimiento para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto compactado por apisonado o vibración como se describe en la presente norma (Mora. Y, 2016).

### **EQUIPO**

**Moldes en general.** Los moldes para las muestras y los sujetadores de dichos moldes que deben estar en contacto con el concreto deben ser de acero, hierro forjado, o de otro material no absorbente y que no reaccione con el concreto utilizado en los ensayos. Los moldes deben estar hechos conforme a las dimensiones y tolerancias especificadas en el método para el cual deben ser ensayadas. Los moldes deben ser herméticos de tal forma que no se escape el agua de la mezcla contenida. Un sellante apropiado como arcilla, parafina o grasa puede ser utilizado para impedir filtraciones por las uniones. Para fijar el molde a la base del mismo, éste debe tener medios adecuados para ello (Mora. Y, 2016).

**Moldes cilíndricos reutilizables.-** Deben estar hechos de un metal de alta resistencia o de otro material rígido no absorbente. El plano transversal del cilindro debe ser perpendicular al eje del cilindro.

La tolerancia en la medida del diámetro exigido debe ser de  $\pm 2.0$  mm y en la altura la tolerancia será de  $\pm 6.0$  mm

Los moldes de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, deben estar de acuerdo con la especificación ASTM C-470 "Molds For Forming Concrete Test Cylinders Vertically" (Mora. Y, 2016).

**Vigas y moldes prismáticos.-** La superficie interior del molde debe ser lisa, y las caras interiores deben ser perpendiculares entre sí y libres de torceduras u ondulaciones.



La tolerancia en las dimensiones nominales de la sección transversal será de  $\pm 3.2$  mm (1/16") para dimensiones mayores o iguales a 152 mm (6") y de  $\pm 1.6$  mm (1/16") para dimensiones menores de 152 mm (6"). Excepto para muestras destinadas a ensayos de módulos de rotura, la longitud nominal de los moldes debe tener una tolerancia de 1.6 mm. Estas muestras no deberán tener una longitud inferior en 1.6 mm (1/6") con respecto a la longitud especificada, pero puede excederse dicha longitud en más del valor mencionado (Mora. Y, 2016).

**Varilla compactadora.-** Debe ser de acero estructural, cilíndrica, y el extremo compactador debe ser hemisférico con radio igual al radio de la varilla. Según el diámetro y longitud, la varilla compactadora puede ser de dos tipos:

Varilla compactadora larga.- De diámetro igual a 16 mm (5/8"), y aproximadamente 600 mm (24") de longitud.

Varilla compactadora corta.- De diámetro igual a 10 mm (3/8") y aproximadamente 300 mm (12") de longitud

**Martillo.-** Debe ser de caucho, que pese  $0.57 \pm 0.23$  kg. ( $1.25 \pm 0.5$  lb).

#### **Vibradores:**

Vibradores Internos.- Pueden ser de eje rígido o flexible, preferiblemente accionados por motores eléctricos. La frecuencia de vibración debe ser de 7000 rpm o mayor. El diámetro exterior o dimensión lateral del elemento vibratorio no debe ser menor de 19.0 mm (0.75"), ni mayor de 38.0 mm (1.5"). La longitud total de vibrador y brazo deberá exceder a la profundidad máxima del molde en 76.0 mm (3") como mínimo (Mora. Y, 2016).

Vibradores externos.- Pueden ser de mesa o de plancha. La frecuencia de vibración debe ser de 3.600 rpm y su construcción debe ser tal que el molde quede firme sobre la mesa. Se debe usar un tacómetro para controlar la frecuencia de vibración.

**Cono para medir el asentamiento.-** Debe cumplir con la Norma INV E - 404

Recipientes destinados a recibir la mezcla. Deben ser de material no absorbente, y de capacidad suficiente para contener la bachada.

**Aparatos para medir el contenido de aire.-** El aparato para medir el contenido de aire debe cumplir con lo establecido en la Norma INV E - 406.

**Balanzas.-** Las balanzas para determinar el peso de las muestras deben tener una precisión de 0.30%

**Mezcladora de concreto.-** La mezcladora puede ser mecánica o manual. Para concretos con asentamiento inferior a 25 mm (1"), es más apropiado utilizar un recipiente mezclador (mezcla manual) que una mezcladora de tambor inclinable. Es aconsejable, cuando en tal caso tenga que utilizarse esta última, reducir la rata de rotación y el ángulo de inclinación del tambor y trabajarla a una capacidad inferior que la especificada por el fabricante.

**Equipo Misceláneo.-** Tamices, palas, palustres, reglas, etc (Mora. Y, 2016).

## **MUESTRAS**

**Muestras cilíndricas.-** Puede ser de varios tamaños, siendo el mínimo de 50.0 mm (2") de diámetro por 100 mm (4") de longitud.

Las muestras cilíndricas para los ensayos, exceptuando el de flujo plástico bajo carga (creep), deben ser moldeadas con el eje del cilindro vertical y dejándolo en esta posición durante el fraguado (Mora. Y, 2016).

**Muestras prismáticas.-** Las vigas para ensayos de flexión, cubos para compresión, adherencia, cambios de longitud o de volumen, deben ser elaboradas con el eje longitudinal en posición horizontal.

**Otras muestras.-** Otros tipos de muestras deben ser elaboradas de acuerdo con las condiciones generales especificadas en esta norma.

**Tamaño de la muestra de acuerdo con el tamaño del agregado.-** El diámetro de una muestra cilíndrica o la mínima dimensión de una sección transversal rectangular deben ser por lo menos 3 veces mayor que el tamaño máximo del agregado grueso utilizado en la elaboración de la mezcla. Partículas superiores al tamaño máximo deben ser retiradas de la mezcla, durante el moldeo.

**Número de muestras.-** Para cada edad deben elaborarse tres o más muestras. Los especímenes de ensayo que tienen en cuenta el análisis de una variable, deben ser elaborados a partir de tres bachadas separadas, mezcladas en días diferentes. En todas las bachadas debe elaborarse un número igual de especímenes. Cuando sea imposible moldear al menos un espécimen para cada variable en un día

determinado, la mezcla para completar la serie entera de especímenes debe efectuarse tan pronto como sea posible (cuestión de pocos días), y una de las mezclas debe ser repetida cada día, como un estándar de comparación (Mora. Y, 2016).

Generalmente, los ensayos se hacen a edades de 7 a 28 días para compresión a edades de 14 y 28 días para flexión. Los especímenes que contienen cemento tipo III son ensayados frecuentemente a 1, 3, 7 y 28 días. Tanto para el ensayo de compresión como el de flexión, pueden hacerse ensayos de 3 meses, 6 meses y un año. Para otros tipos de probetas pueden necesitarse otras edades (Mora. Y, 2016).

## **PREPARACION DE LOS MATERIALES**

**Temperatura.-** Los materiales deben ser llevados a una temperatura uniforme, preferiblemente entre 20 a 25°C (68 a 77°F), antes de ser mezclados.

**Cemento.-** El cemento debe almacenarse en recipientes impermeables (preferiblemente metálicos) y colocados en un lugar seco. Debe ser mezclado previamente para conseguir su uniformidad durante el ensayo, ser pasado por el tamiz de 850 µm (No.20) para retirar cualquier grumo y ser mezclado de nuevo.

**Agregados.-** Para evitar la segregación del agregado grueso, sepárese el agregado en fracciones de tamaño individual y recombínese luego, para cada bachada, con las proporciones necesarias para producir la gradación deseada. Cuando una fracción de tamaño está presente en cantidad superior al 10%, el cociente entre el tamaño del tamiz superior y el del inferior no debe exceder de 2.0. Se aconsejan grupos aún más cercanos de tamaño (Mora. Y, 2016).

Aunque el agregado fino se separe en fracciones de tamaño individual manténgase en condición húmeda, o devuélvase a su condición húmeda hasta que sea usado, para prevenir la segregación. Si se están estudiando gradaciones inusuales, puede necesitarse secar y separar el agregado fino en fracciones de tamaño individual. En este caso, si la cantidad total requerida de agregado fino es mayor a la que se puede mezclar de forma eficiente como una sola unidad, las fracciones de tamaño individual deben ser pesadas en las cantidades requeridas para cada bachada

individual. Determínese el peso específico y la absorción de los agregados de acuerdo con las Normas INV E - 222 y E – 223 (Mora. Y, 2016).

Antes de incorporarse en el concreto, el agregado debe prepararse a una condición definida y uniforme de humedad. Determínese el peso del agregado que va a ser usado en la bachada por uno de los siguientes procedimientos.

. Los agregados de baja absorción (absorción inferior al 1.0%) pueden ser pesados en un ambiente seco, teniendo en cuenta la cantidad de agua que será absorbida por el cemento. Este procedimiento es particularmente útil para el agregado grueso, el cual debe ser reducido a fracciones de tamaños individuales; debido al peligro de la segregación, este procedimiento puede ser usado en agregados finos únicamente cuando tal agregado se separa en tamaños individuales (Mora. Y, 2016).

. Las fracciones de tamaños individuales pueden ser pesadas separadamente, recombinadas en un recipiente tarado en las cantidades requeridas para la bachada y sumergidas por 24 horas. Antes de su uso. Después de la inmersión se deja decantar el exceso de agua y se determina el peso del agregado combinado junto con el agua de mezcla. Debe tenerse en cuenta la cantidad de agua absorbida por el agregado. El contenido de agua de los agregados puede ser determinado de acuerdo con las Normas INV E - 216 y E - 224

. El agregado puede llevarse hasta y mantenerse en una condición saturada, con una humedad superficial suficiente para evitar pérdidas por secado, al menos 24 horas antes de su uso. Cuando se utiliza este método, la humedad del agregado debe ser determinada para poder calcular las cantidades de agregado saturado que se van a utilizar. La humedad superficial debe considerarse como parte del agua de mezcla. Este método descrito (humedad un poco por encima de la cantidad de absorción), es particularmente útil para agregados finos. Es menos usado para agregados gruesos, debido a la dificultad para encontrar con precisión la humedad,

pero cuando es usado, cada fracción de tamaño individual debe manejarse separadamente para asegurar la obtención de una gradación apropiada.

Los agregados fino y grueso pueden ser llevados hasta y mantenidos en una condición saturada, superficialmente seca, hasta que sean pesados para su uso. Este método se usa principalmente para preparar material para bachadas que no excedan de  $0.007 \text{ m}^3$  ( $\frac{1}{4} \text{ pie}^3$ ) en volumen. Debe tenerse mucho cuidado en evitar el secado durante su pesaje y su uso.

Agregados livianos.- Estos agregados tienen generalmente un grado de absorción tal que ninguno de los procedimientos descritos es aplicable para ellos. La humedad de estos agregados en el momento de mezclado puede tener efectos importantes sobre las propiedades del concreto, fresco y endurecido, como el asentamiento, resistencia a la compresión, etc.

**Aditivos.-** Los aditivos pulverizados que son enteramente o en parte insolubles, que no contienen sales higroscópicas y que tienen que ser agregados en cantidades pequeñas, deben ser mezclados con el cemento antes de introducir la mezcla en la mezcladora.

Los aditivos insolubles que son usados en cantidades excedentes al 10% en peso del cemento, deben ser manejados y adicionados a la mezcla en la misma forma como se maneja el cemento.

Los aditivos pulverizados altamente insolubles pero que contienen sales higroscópicas, deben ser mezclados con la arena antes de introducirlos a la mezcladora.

Los aditivos que son solubles en agua y los aditivos líquidos, deben ser adicionados a la mezcladora en solución con el agua de la mezcla. La cantidad de tal solución usada debe ser incluida en el cálculo del agua de la mezcla.

Los aditivos que son incompatibles en su forma concentrada no deben ser entremezclados antes de ser adicionados al concreto (Mora. Y, 2016).

El tiempo, secuencia y método utilizados para adicionar algunos aditivos a la mezcla de concreto, pueden tener efectos importantes sobre sus propiedades, como en el tiempo de fraguado y en el contenido de aire.

El método seleccionado para la adición de aditivos debe tener uniformidad de mezclada a mezclada (Mora. Y, 2016).

## **PROCEDIMIENTO**

**Mezcla de concreto.-** La mezcla de concreto debe ser tal que deje un 10% de residuo después de haber moldeado la muestra de ensayo.

Los procedimientos de mezclado manual no son aplicables a concretos con aire incluido o a concretos con asentamiento no medible. El mezclado manual debe limitarse a bachadas de  $0.007 \text{ m}^3$  ( $\frac{1}{4} \text{ pie}^3$ ) de volumen o menos (Mora. Y, 2016).

**Mezcla con máquina.-** Antes que empiece la rotación de la mezcladora se debe introducir el agregado grueso con algo de agua que se use en la mezcla y la solución del aditivo cuando ésta se requiera. Se pone en funcionamiento la mezcladora, al cabo de unos cuantas revoluciones se para, o no, para adicionar el agregado fino, el cemento y el agua. Seguidamente se debe mezclar el concreto durante 3 minutos a partir del momento en que todos los ingredientes estén en la mezcladora. Se apaga la mezcladora durante 3 minutos y se pone en funcionamiento durante 2 minutos de agitación final.

Se debe cubrir el extremo abierto de la mezcladora para evitar la evaporación durante la mezcla.

Debe restituirse todo mortero que se pierda por adhesión a la mezcladora para conservar las proporciones.

El concreto se debe recibir en un recipiente limpio y seco para agitarlo con un palustre o pala hasta hacerlo uniforme y evitar la segregación.

Es difícil recobrar todo el mortero impregnado en las partes de las mezcladoras. Para compensar esta dificultad puede seguirse uno de los procedimientos siguientes para asegurar las proporciones finales correctas en la mezcla:

- (1) "Embadurnando la mezcladora".- Justo antes de mezclar la bachada, la mezcladora es "embadurnada" mezclando una bachada proporcionada de tal forma que simule cercanamente la bachada del ensayo. El mortero que se adhiera a la mezcladora después de descargar la bachada intenta compensar la pérdida de mortero de la bachada del ensayo.
- (2) Sobre proporción de la mezcla.- La mezcla de ensayo se proporciona con una cantidad de mortero en exceso, cantidad estimada de antemano, que pretende compensar en promedio aquella que se queda adherida a la mezcladora. En este caso, el tambor es limpiado antes de mezclar la bachada de ensayo.

**Mezcla manual.-** Se debe hacer la mezcla en una vasija limpia y seca utilizando el siguiente procedimiento.

Se debe mezclar el cemento, aditivo pulverizado insoluble, si se va a utilizar, y los agregados finos sin adición de agua hasta que se logre una mezcla homogénea.

Seguidamente se debe adicionar el agregado grueso mezclándolo sin adición de agua hasta que se distribuya uniformemente en la mezcla. Se adiciona agua, y el aditivo soluble si se va a utilizar. Se debe mezclar lo suficiente para obtener una mezcla homogénea y de consistencia deseada. Si se necesita una prolongación del mezclado añadiendo incrementos de agua para ajustar la consistencia, debe descartarse la bachada y efectuar otra en la cual el mezclado no sea interrumpido (Mora. Y, 2016).

**Determinación del asentamiento.-** Se debe medir el asentamiento de cada mezcla de acuerdo con la Norma INV E - 404.

**Determinación del contenido de aire.-** Se debe determinar el contenido del aire de acuerdo con las Normas INV E - 409 ó E - 406.

**Rendimiento.-** Determínese el rendimiento de cada bachada de concreto, si se requiere, de acuerdo con la Norma INV E - 405, El concreto utilizado en los ensayos de asentamiento y de rendimiento puede devolverse al recipiente de la mezcla y remezclarse con la bachada (Mora. Y, 2016).

### **Vaciado del concreto**

Lugar del moldeo.- Se deben moldear las muestras lo más cerca posible al lugar donde se van a guardar para su fraguado en las siguientes 24 horas. Los moldes se llevarán al depósito inmediatamente después de su elaboración. Colóquense los moldes sobre una superficie rígida y libre de vibraciones, evitando inclinaciones y movimientos bruscos. Transpórtense evitando sacudidas, golpes, inclinaciones o raspaduras de la superficie (Mora. Y, 2016).

El concreto se debe colocar en los moldes utilizando un palustre o utensilio similar. Se debe seleccionar el concreto de tal manera que la muestra sea representativa de la mezcla; además, se debe mezclar continuamente la mezcla del concreto durante el llenado del molde con el objeto de prevenir la segregación. En la colocación de la capa final se debe intentar colocar una capa de concreto que complete exactamente el relleno del molde.

El número de capas debe ser el especificado en la Tabla No.1 (Mora. Y, 2016).

**Compactación.-** La selección del método de compactación debe hacerse con base en el asentamiento, a menos que el método sea establecido en las especificaciones bajo las cuales se trabaja (Tabla No.1). Los dos métodos de compactación son: Apisonado y vibración (externa o interna). Si el concreto tiene un asentamiento mayor de 75 mm (3") debe usarse el método de apisonado. Si el asentamiento es de 25 a 75 mm (1 a 3") debe usarse el método de apisonado o el de vibración, prefiriéndose el método usado en la ejecución de la obra. Si el asentamiento es inferior a 25 mm (1") debe usarse el método de vibración. No se debe usar vibración interna para cilindros con diámetro inferior a 100 mm y para prismas de 100 mm de profundidad o menos. Los concretos con contenido de agua tal que no pueden ser compactados por los ensayos aquí descritos no estarán contemplados por la presente norma (Mora. Y, 2016).

- a) Apisonado.- Se coloca el concreto en el molde con el número de capas requeridas (Tabla No.1) aproximadamente del mismo volumen.



Se apisona cada capa con la parte redonda de la varilla, utilizando el número de golpes y el tamaño de la varilla especificado en la Tabla No.2. La capa inicial se apisona introduciendo la varilla hasta el fondo del molde. La distribución de golpes para cada capa debe ser uniforme sobre toda la sección transversal del molde.

Para cada capa superior a la inicial se debe atravesar aproximadamente en 12 mm ( $\frac{1}{2}$ " ) la capa anterior cuando la profundidad de la capa sea menor de 100 mm (4"); aproximadamente en 25 mm (1") cuando la profundidad de la capa sea mayor de 100 mm (4"). En caso de dejar algunos huecos por la varilla se deben golpear ligeramente los lados del molde para cerrar dichos huecos. En los elementos prismáticos, introdúzcase el palustre (o similar) por los costados y extremos después de apisonar cada capa.

- b) Vibración.- Manténgase un mismo tiempo de vibración para un conjunto particular de concreto, vibrador y molde que se esté utilizando.

La vibración se debe transmitir al cilindro durante el tiempo suficiente para lograr la adecuada compactación del concreto, pues un exceso de vibrado puede causar segregación. El molde se debe llenar y vibrar en capas aproximadamente iguales. Todo el concreto para cada capa se debe colocar en el molde antes de iniciar el vibrado. La duración del vibrado depende de la manejabilidad del concreto y la efectividad del vibrador. Se considera suficiente el vibrado, cuando el concreto presente una superficie relativamente lisa.

Vibración interna.- El diámetro del eje o dimensión lateral de un vibrador interno no debe ser mayor de  $\frac{1}{3}$  del ancho del molde en el caso de vigas o prismas. Para cilindros, la relación del diámetro del cilindro al diámetro del vibrador debe ser igual o mayor a 4.0. Al compactar la muestra el vibrador no debe tocar el fondo, las paredes del molde u objetos embebidos en el concreto. El vibrador se debe extraer cuidadosamente de tal manera que no queden bolsas de aire dentro de las muestras. Se deben golpear ligeramente los lados del molde para asegurarse que no queden aprisionadas burbujas de aire en su superficie.

Vibración interna para cilindros.- En cada capa se debe introducir el vibrador en tres sitios diferentes. En cada capa el vibrador debe penetrar en la capa anterior aproximadamente 25 mm.

Vibración interna para vigas y prismas.- Se debe introducir el vibrador en puntos separados por una distancia no mayor a 150 mm (6") a lo largo de la línea central de la mayor dimensión de la muestra. Para moldes de ancho mayor de 150 mm (6") se debe introducir el vibrador en dos líneas alternando las inserciones. Se debe permitir penetrar el eje del vibrador en la capa del fondo aproximadamente 25 mm (1").

Vibración externa.- Cuando se use un vibrador externo debe tenerse el cuidado de que el molde esté rígidamente unido a la superficie o elemento vibrante (Mora. Y, 2016).

**Acabado.-** Después de la compactación, se debe efectuar el acabado con las manipulaciones mínimas, de tal manera que la superficie quede plana y pareja a nivel del borde del cilindro o lado del molde, y no debe tener depresiones o protuberancias mayores de 3.2 mm (1/8")

Acabados de cilindros.- Después de la compactación, se debe efectuar el acabado de la superficie por medio de golpes con la varilla apisonadora cuando la consistencia del concreto lo permita o con un palustre o llana de madera. Si se desea, puede colocarse una capa de pasta de cemento sobre el espécimen a manera de refrentado (ver Norma NTE INEN 2649:2012 - 403).

## **CURADO**

**Cubrimiento después del acabado.-** Para evitar la evaporación de agua del concreto sin endurecer, las muestras deben ser cubiertas inmediatamente después del acabado preferiblemente con una platina no reactiva con el concreto, o con una lámina de plástico dura e impermeable. Se permite el uso de lona húmeda para el cubrimiento de la muestra, pero se evitará el contacto directo de la muestra

con la lona, la cual debe permanecer húmeda durante las 24 horas contadas a partir del acabado de la muestra.

**Extracción de la muestra.-** Las muestras deben ser removidas de sus moldes en un tiempo no menor de 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración cuando no se empleen aditivos; en caso contrario, se podrán emplear tiempos diferentes.

**Ambiente de curado.-** Se deben mantener las muestras en condiciones de humedad con temperatura de  $23.0 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$  ( $73.4 \pm 3^{\circ}\text{F}$ ) desde el momento del moldeo hasta el momento de ensayo.

El almacenamiento durante las primeras 48 horas de curado debe hacerse en un medio libre de vibraciones.

La condición de humedad debe lograrse por inmersión de la muestra sin el molde en agua. Se permite lograr la condición de humedad por el almacenamiento en un cuarto húmedo (Mora. Y, 2016).

Las normas son una traducción del proceso como se realiza cada ensayo que está en las normas en inglés del ASTM.

## CAPITULO IV

### 4. INFORME FINAL

#### 4.1. Origen del informe

Para el desarrollo del informe se propuso los siguientes objetivos:

- Determinar las dosificaciones requeridas para hormigón con ripio con resistencia  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$ .
- Identificar las características mecánicas del hormigón con ripio para las resistencias  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$
- Determinar las características mecánicas del hormigón tradicional para las resistencias  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$
- Comparar las caracterizar mecánicas del hormigón tradicional con las características mecánica del hormigón con ripio para las resistencias  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$

#### 4.2. Detalle del informe final.

Para la elaboración del análisis comparativo del diseño de hormigón, fue necesario conseguir los materiales propuestos, para utilizarlo como parte del diseño del hormigón, así como, los materiales tradicionales y el agredo de ripio, analizar ambos diseños con resistencias de  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$  , con estos seis diseños tendremos una comparación de sus resistencia y su dosificación para considerarlo al utilizar este agregado como es el ripio en las obras que cuenten con este material.

#### **4.3. Resultados según el primer objetivo.**

Con respecto a nuestro primer objetivo como es el diseño con mezcla tradicional se procedió a realizar los ensayos respectivos para obtener los valores para el diseño como es: PESO VOLUMETRICO SUELTO G ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ) ASTM C 29, PESO VOLUMETRICO VARILLADO G ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ) ASTM C 138, DENSIDAD S S S ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ) ASTM C 128, MODULO DE FINURA ASTM C 33, % ABSORCION ASTM C 128 y demás ensayos adicionales para realizar los diseños respectivos de una resistencia a  $210 \text{ kg}/\text{cm}^2$  -  $250 \text{ kg}/\text{cm}^2$  -  $280 \text{ kg}/\text{cm}^2$

Para determinar los análisis de los ensayos realizados a las muestras para elaborar el diseño de hormigón tanto del tradicional como el de ripio estos ensayos los presentamos a continuación.

#### **4.4. Elaboración de los ensayos, para realizar los diseños con el material tradicional de $210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ - $250 \text{ kg}/\text{cm}^2$ - $280 \text{ kg}/\text{cm}^2$ .**

Se presenta el cálculo de los ensayos a la muestra de arena y piedra triturada del diseño tradicional.

**4.4.1. Elaboración y cálculo del contenido de humedad del agregado grueso y fino.**

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO</b>	
NORMA ASTM C 566			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	grava triturada	Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon tradicional	Calculado:	G.V.
Fecha:	abril 26 del 2021	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:		mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)		8,000.0	g
Masa de la muestra seca		7,933.2	g
<b>Contenido de humedad</b>		<b>0.8</b>	<b>%</b>
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4.75	4	0.5	
9.5	3/8"	1.5	
12.5	1/2"	2	
19.0	3/4"	3	
25.0	1"	4	
37.5	1 1/2"	6	
50.0	2"	8	
Laboratorista			

Figura 28: *Contenido de humedad agregado grueso.*  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021)

Es el porcentaje de humedad que tiene la muestra a ser ensayada, se toma una porción de muestra y se la pesa antes de ponerla en el horno a una temperatura de 110°C por 16 horas luego se la pesa y se calcula su humedad, esto nos ayuda al elaborar la mezcla y no pasarnos del contenido de agua optimo del diseño de la mezcla de concreto.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO</b>	
NORMA ASTM C 566			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	arena de rio	Ensayado:	G.V:
Para:	Diseño de hormigon tradicional	Calculado:	G.V.
Fecha:	abril 26 del 2021	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:		mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)		2,000.0	g
Masa de la muestra seca		1,844.5	g
<b>Contenido de humedad</b>		<b>7.8</b>	<b>%</b>
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4.75	4	0.5	
9.5	3/8"	1.5	
12.5	1/2"	2	
19.0	3/4"	3	
25.0	1"	4	
37.5	1 1/2"	6	
50.0	2"	8	
Laboratorista			

**Figura 29:** *Contenido de humedad agregado fino*  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021)

#### 4.4.2. Elaboración y cálculo del contenido de sulfato del agregado grueso y fino.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		RESISTENCIA DE AGREGADOS GRUESOS POR USO DE SULFATO DE SODIO Ó SULFATO DE MAGNESIO				
NORMA ASTM C 88						
Muestra:	1			Solicitante:		
Origen:	Grava triturada			Ensayado:	G.V.	
Para:	Diseño de hormigon tradicional			Calculado:	G.V.	
Fecha:	1 de mayo del 2021			Nº Laborat:		
<b>Descripción:</b>	Grava triturada, color gris					
Fracción Nº	Tamiz Nº	Masa parcial Antes (g)	Masa total Antes (g)	% retenido parc. Original	% que pasa después	Pérdida Peso %
1	21/2" a 2"	2,815.0	4,753.0	22.0	5.4	1.2
	2" a 11/2"	1,938.0				
2	11/2" a 1"	1,002.0	1,507.0	48.0	11.4	5.5
	1" a 3/4"	505.0				
3	3/4" a 1/2"	626.0	939.0	22.0	13.2	2.9
	1/2" a 3/8"	313.0				
4	3/8" a No. 4	278.0	278.0	8.0	11.0	0.9
			Total:	100.0	Total:	10.4
<b>Tipo de solución:</b>	Sulfato de sodio				<b>Pérdida %:</b>	<b>10.4</b>
<b>Examen cualitativo:</b>	12 partículas entre 21/2" y 11/2" fisuradas y 8 partidas 8 partículas entre 11/2" y 3/4" fisuradas y 6 partidas					
Tipos de afectación: desintegración, partición, desmenuzamiento, fisuración, descascaramiento						
Laboratorista						

**Figura 30:** Ensayo de sulfato agregado grueso  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021).

Este ensayo nos ayuda a ver la desintegración del material al estar sometida al sulfato y según las normas para su utilización como parte del agregado para hormigón debe ser menor al 12%, en este caso tiene un desgaste al sulfato de 10.4%



GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>RESISTENCIA DE AGREGADOS FINOS POR USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO</b>			
NORMA ASTM C 88					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Arena de rio			Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon tradicional			Calculado:	G.V.
Fecha:	1 de mayo del 2021			Nº Laborat:	
<b>Descripción:</b>	Arena triturada, color gris verdoso				
Fracción Nº	Tamiz Nº	% retenido parc. Original	Masa Antes (g)	% que pasa después	Pérdida Peso %
1	< No. 100	6.0	0.0	0.0	0.0
2	No. 50 a No. 100	11.0	0.0	0.0	0.0
3	No. 30 a No. 50	26.0	100.0	4.2	1.1
4	No. 16 a No. 30	25.0	100.0	4.8	1.2
5	No. 8 a No. 16	17.0	100.0	8	1.4
6	No. 4 a No. 8	11.0	100.0	11.2	1.2
7	3/8" a No. 4	4.0	100.0	11.2	0.4
Total:		100.0		Total:	5.3
<b>Tipo de solución:</b>	Sulfato de sodio			<b>Pérdida %:</b>	<b>5.3</b>
<b>Observaciones:</b>	El valor de 11.2% después de la prueba en la fracción 7, se toma del inmediato anterior por tener menos del 5% de la muestra original (% original = 4%)				
Laboratorista					

*Figura 31: Ensayo de sulfato agregado fino  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

#### 4.4.3. Elaboración y cálculo del contenido de abrasión del agregado grueso.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE PEQUEÑO TAMAÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE "LOS ANGELES"			
NORMA ASTM C 131					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Grava triturada			Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon tradicional			Calculado:	G.V.
Fecha:	26 de abril del 2021			Informe N°	
Tamaño máximo nominal:	37.5	mm			
Gradación A, B, C ó D, ver tabla				A	
Peso inicial de la muestra con tamaño menor a (37.5 mm)				5,005	g
Número de esferas, ver tabla				12	
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 100 revoluciones				4,875	g
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 500 revoluciones				3,745	g
Relación entre la pérdida a las 100 revoluciones y la pérdida a las 500 revoluciones, uniformidad de desgaste				0.10	
<b>Porcentaje de pérdida</b>				<b>25</b>	<b>%</b>
Tamiz No, mm (plg)		Gradación			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
37.5 (11/2)	25 (1)	1.250 +/- 25	-	-	-
25 (1)	19 (3/4)	1.250 +/- 25	-	-	-
19 (3/4)	12.5 (1/2)	1.250 +/- 10	2.500 +/- 10	-	-
12.5 (1/2)	9.5 (3/8)	1.250 +/- 10	2.500 +/- 10	-	-
9.5 (3/8)	6.3 (1/4)	-	-	2.500 +/- 10	-
6.3 (1/4)	4.75 (No. 4)	-	-	2.500 +/- 10	-
4.75 (No. 4)	2.36 (No. 8)	-	-	-	5.000 +/- 10
Total		5.000 +/- 10	5.000 +/- 10	5.000 +/- 10	5.000 +/- 10
Número de esferas		12	11	8	6
Peso de esferas (carga) g		5.000 +/- 25	4.584 +/- 25	3.330 +/- 20	2.500 +/- 15
Laboratorista					

**Figura 32.** Ensayo de abrasión agregado grueso  
*Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

Con este ensayo determinamos el desgaste que tiene el agregado, el cual para ser utilizado para agregado del hormigón tiene que ser menor al 50%, en este caso tenemos un desgaste del 25% cumpliendo con lo requerido en las normas del MTOP.

**4.4.4. Elaboración y cálculo de la gravedad específica y absorción del agregado grueso y fino.**

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO</b>			
NORMA ASTM C 128					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Arena de rio			Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon tradicional			Calculado:	G.V.
Fecha:	26 de abril del 2021			Informe N°	
<b>Datos:</b>					
A: Peso seco de la muestra en aire				62.0	g
B: Peso del picnómetro lleno con agua				155.0	g
S: Peso en estado sss de la muestra en aire (500+/-10 g)				63.3	g
C: Peso del picnómetro con muestra y agua hasta marca				192.6	g
<b>Densidad y absorción:</b>					
<b>G<sub>s</sub></b> : gravedad específica seca				<b>2,412</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>G<sub>sss</sub></b> : gravedad específica en sss				<b>2,463</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>G</b> : gravedad específica aparente				<b>2,541</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>P<sub>o</sub></b> : porcentaje de absorción de agua				<b>2.10</b>	%
Fórmulas:					
G <sub>s</sub> = A/(B+S-C)		G = A/(A+B-C)			
G <sub>sss</sub> = S/(B+S-C)		P <sub>o</sub> = (S-A)/Ax100			
Laboratorista					

*Figura 33: Ensayo de gravedad específica agregado fino.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

Este ensayo nos sirve para elaborar el diseño de hormigón, aquí determinamos el porcentaje de absorción y gravedad específica del material con esto podemos realizar nuestro diseño de hormigón.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO</b>		
NORMA ASTM C 127				
Muestra:	1		Solicitante:	
Origen:	agregado grueso		Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon tradicional		Calculado:	G.V.
Fecha:	26 de abril del 2021		Informe N°	
Tamaño máximo nominal:			mm	
<b>Datos:</b>				
A: Peso seco de la muestra en aire, ver tabla			3,200.0	g
B: Peso en estado sss de la muestra en aire			3,267.0	g
C: Peso en agua de la muestra saturada			2,007.0	g
<b>Densidad y absorción:</b>				
<b>Gs:</b> gravedad específica seca			<b>2,540</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>Gsss:</b> gravedad específica en sss			<b>2,593</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>G:</b> gravedad específica aparente			<b>2,682</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>Po:</b> porcentaje de absorción de agua			<b>2.09</b>	%
Fórmulas:			Tamaño nominal	Peso mínimo de
$G_s = A/(B-C)$		$G = A/(A-C)$	mm (plg)	muestra (kg)
$G_{sss} = B/(B-C)$		$P_o = ((B-A)/A) \times 100$	12.5 (1/2)	2
			19.0 (3/4)	3
			25.0 (1)	4
			37.5 (1 1/2)	5
			50.0 (2)	8
			63.0 (2 1/2)	12
			75.0 (3)	18
Laboratorista				

**Figura 34:** Ensayo de gravedad específica agregado grueso.  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021).

#### 4.4.5. Elaboración y cálculo del peso específico del agregado grueso y fino

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>PESO UNITARIO EN AGREGADO</b>	
NORMA ASTM C 29			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Arena de rio	Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon tradicional	Calculado:	G.V.
Fecha:	26 de abril del 2021	Informe N°	
Descripción:	arena fina		
V: volumen del recipiente, ver tabla	2,795	cm <sup>3</sup>	
T: masa del recipiente	1,867	g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente	6,133	g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	6,384	g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T	4,266	g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	4,517	g	
<b>Peso unitario suelto</b>	<b>1,526</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	
<b>Peso unitario compactado</b>	<b>1,616</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	
		Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie <sup>3</sup> (lt)
		< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
		25.0 (1)	1/3 (9.3)
		37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
		75.0 (3)	1 (28.0)
Laboratorista			

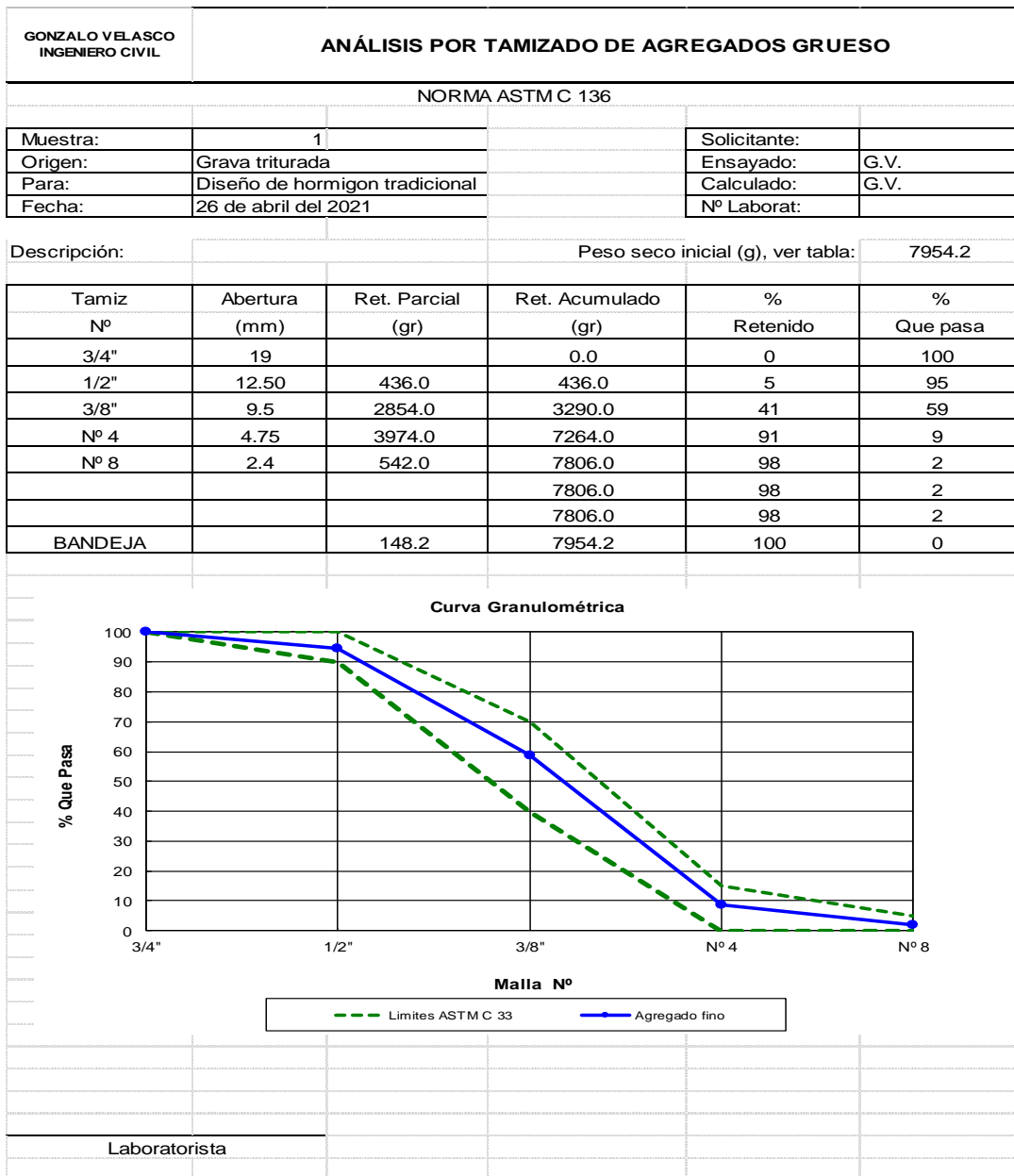
*Figura 35: Ensayo de peso unitario agregado fino.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

Es el peso del material se lo realiza suelto y compactado para la elaboración del diseño de hormigón, es parte del proceso para la elaboración de la dosificación requerida.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>PESO UNITARIO EN AGREGADO</b>	
NORMA ASTM C 29			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	agregado grueso	Ensayado:	G.V.
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	26 de abril del 2021	Informe N°	
Descripción:	Grava triturada gris		
V: volumen del recipiente, ver tabla		2,795	cm <sup>3</sup>
T: masa del recipiente		1,867	g
Msr: masa agregado suelto + recipiente		6,523	g
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		6,658	g
Ms: masa agregado suelto Msr - T		4,656	g
Mc: masa agregado compactado Mcr - T		4,791	g
<b>Peso unitario suelto</b>		<b>1,666</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Peso unitario compactado</b>		<b>1,714</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
		Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie <sup>3</sup> (lt)
		< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
		25.0 (1)	1/3 (9.3)
		37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
		75.0 (3)	1 (28.0)
Laboratorista			

**Figura 36:** Ensayo de peso unitario agregado grueso.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).

#### 4.4.6. Elaboración y cálculo de la granulometría del agregado grueso y fino



**Figura 37:** Ensayo de granulométrico.  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021).

El ensayo granulométrico nos indica que sus partículas deben estar dentro del rango requerido para ser considerado como parte de los agregados para el diseño del hormigón, en nuestro caso esta dentro de los parámetros requeridos en las especificaciones del MTOP. Para ser considerado.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS FINOS</b>							
NORMA ASTM C 136									
Muestra:	1			Solicitante:					
Origen:	arena de rio			Ensayado:	G.V.				
Para:	Diseño de hormigon tradicional			Calculado:	G.V.				
Fecha:	26 de abril del 2021			Nº Laborat:					
Descripción:			Peso seco inicial (g), ver tabla:		1897.5				
Tamiz Nº	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr)	% Retenido	% Que pasa				
3/8"	9.50		0.0	0	100				
Nº 4	4.75	26.0	26.0	1	99				
Nº 8	2.36	112.0	138.0	7	93				
Nº 16	1.18	359.0	497.0	26	74				
Nº 30	0.60	587.0	1084.0	57	43				
Nº 50	0.30	433.0	1517.0	80	20				
Nº 100	0.15	267.0	1784.0	94	6				
BANDEJA		113.5	1897.5	100	0				
<b>Módulo de finura:</b>				<b>2.66</b>					
Tamaño de la muestra agregado con:			Peso mínimo (g)						
Al menos el 95% pasa 2.36 mm (tamiz No. 8)			100						
Al menos el 85% pasa 4.75 mm (tamiz No. 4) y más del 5% es retenido en 2.36 mm (tamiz No. 8)			500						
<b>Curva Granulométrica</b>									
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">-----</td> <td style="text-align: center;">Límites ASTM C 33</td> <td style="text-align: center;">—●—</td> <td style="text-align: center;">Agregado fino</td> </tr> </table>						-----	Límites ASTM C 33	—●—	Agregado fino
-----	Límites ASTM C 33	—●—	Agregado fino						
Laboratorista									

**Figura 38:** Ensayo granulométrico agregado fino.  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021).



#### 4.5. Cálculo del diseño de hormigón $f'c$ 210 k/cm<sup>2</sup>.

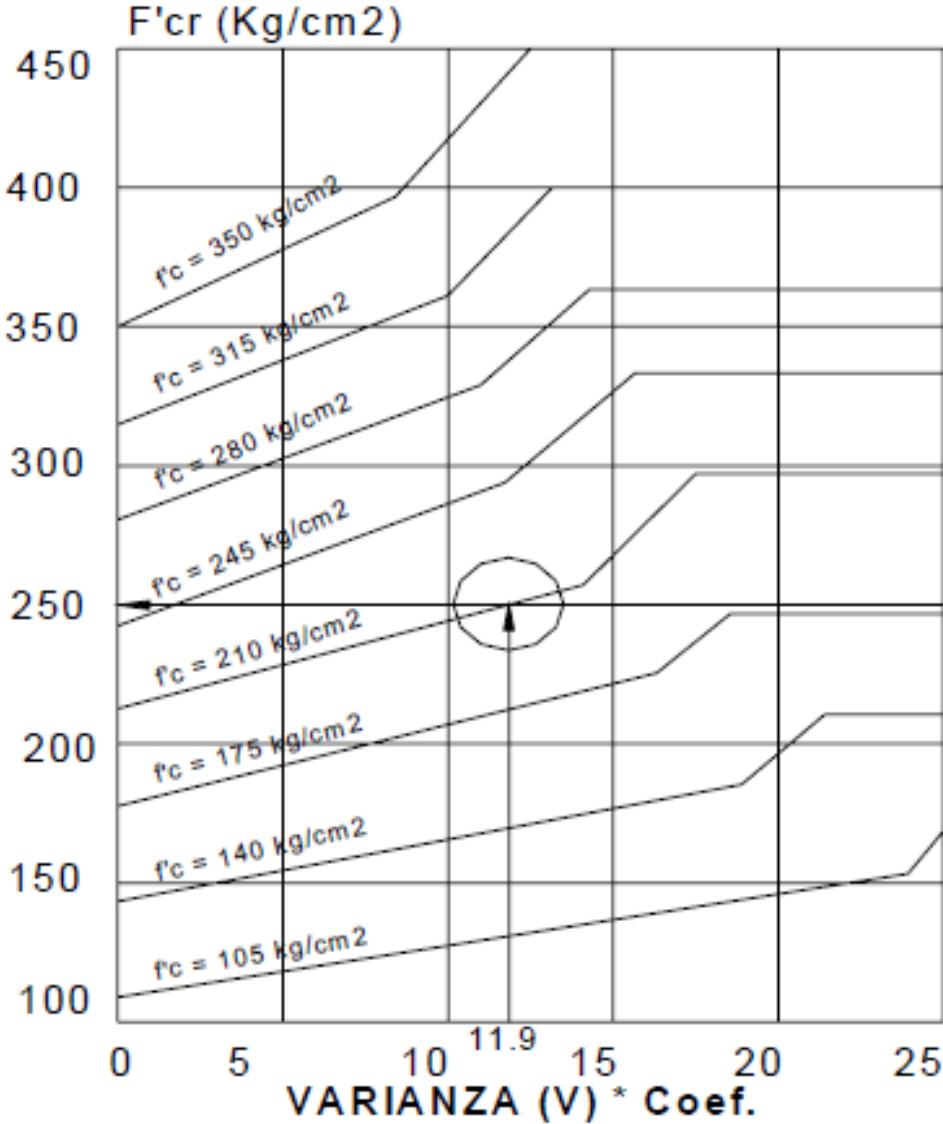
Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción, para nuestro caso utilizamos la media plástica.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO MM.	EJEMPLO DE TIPO DE CONSTRUCCIÓN.	SISTEMA DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COMPACTACIÓN.
MUY SECA	0.0 – 20	prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantalla de cimentación	con vibradores de formaleta, concretos de proyección neumática (lanzados )	secciones sujetas a vibración externa, puede requerirse presión
SECA	20-35	Pavimentos.	Pavimentos con terminadora vibratoria.	secciones sujetas a vibración intensa
SEMISECA	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple, losas poco reforzadas.	colocación con maquinas operadas manualmente	secciones simplemente reforzadas con vibración
<b>MEDIA (PLÁSTICA)</b>	<b>50-100</b>	pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones	colocación manual	secciones simplemente reforzadas con vibración
HUMEDA	100-150	elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo	secciones bastante reforzadas con vibración
MUY HUMEDA	150-200	elementos esbeltos, pilotes fundidos " in situ "	tubo-embudo-tremie	secciones altamente reforzadas con vibración
SUPER FLUIDA	mas de 200	elementos muy esbeltos	Autonivelante, autocompactante.	secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse

*Figura 39: Asentamiento para diseño de hormigón.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

El coeficiente de varianza a un determinado número de muestras ensayadas es de 11,9, para el diseño escogido de  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>, sería de  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>.

*Ensayo de peso unitario agregado fino.*  
*Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*



*Figura 40: Ensayo de coeficiente de varianza.*  
*Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

Relación agua cemento se presenta en el siguiente cuadro, el cual observamos tres tipos de relaciones utilizadas dependiendo del tipo de agregado, pero se recomienda utilizar el decreto 1400 para la estimación de la relación A/C. en nuestro caso sería de 0,50.

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

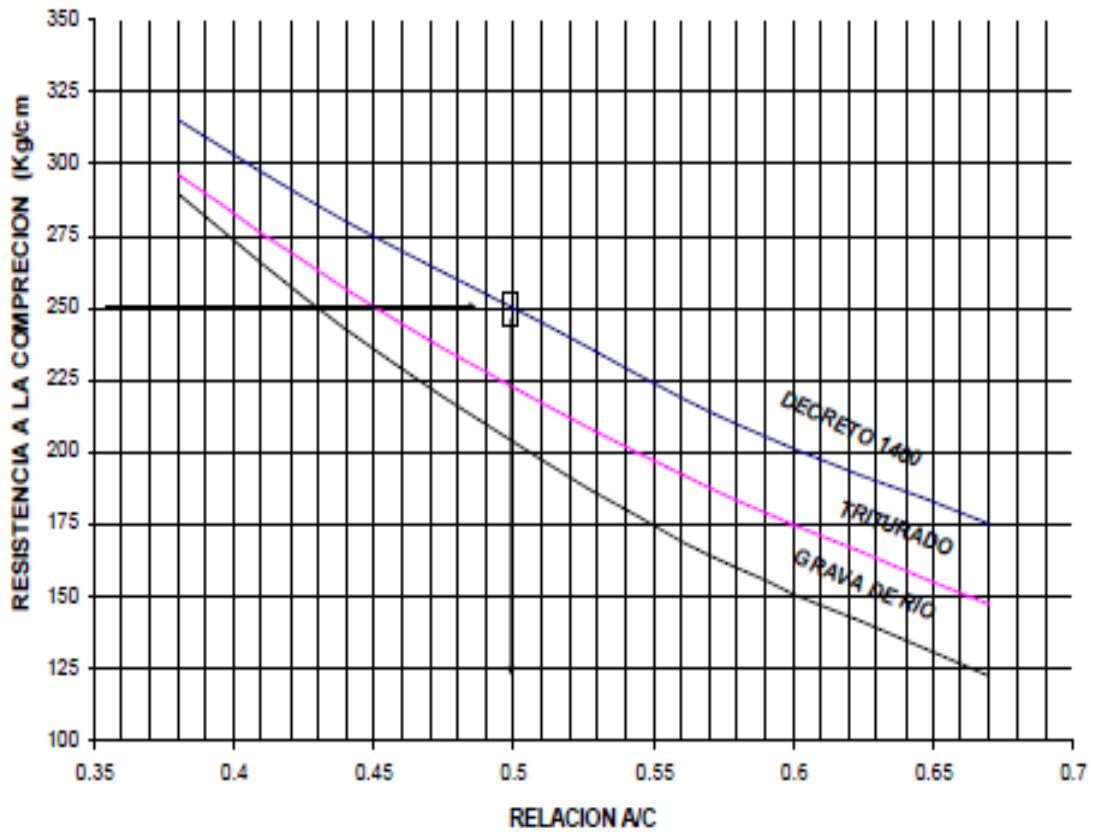


Figura 41: Ensayo de relación agua cemento.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).

ASENTAMIENTO (cm.)	CONCRETOS SIN AIRE INCLUIDO						
	TAMAÑOS MAXIMOS NOMINALES (mm.)						
	10	13	19	25	38	50	75
0.0 – 2.5	185	180	165	160	140	135	125
3.0 – 5.0	205	200	185	180	160	155	145
5.5 – 7.5	215	210	190	185	170	165	155
8.0 – 10.0	225	215	200	195	175	170	165
10.5 – 15.0	235	225	205	200	180	175	170
15.5 – 18.0	240	230	210	205	185	180	175
% CONTENIDO DE AIRE	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3

*Figura 42: Ensayo de contenido de aire.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

**Calculo del contenido de cemento:**

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{200}{0,5} = 400$$

Con los datos obtenidos en los ensayos de los materiales de los agregados gruesos y finos, además de la resistencia solicitada que es de  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo la relación agua cemento y a su vez la cantidad de cemento requerida para esta dosificación, adjuntamos cuadro de cálculo del diseño de hormigón de  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>.

DATOS PROPORCIONADOS		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO			3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m <sup>3</sup> )		1526	1666
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m <sup>3</sup> )			1714
DENSIDAD S S S (Kg/m <sup>3</sup> )		2463	2593
M.F.		2.66	
% ABSORCION		2.1	2.09
<b>DATOS TECNICOS REQUERIDOS</b>			
REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	5 a 10 cm	Cantidad de aire(%)	2.0
RESISTENCIA ESPECIFICA f'c (Kg/cm2)	210	Cantidad de agua(Its)	200
RESISTENCIA REQUERIDA f'r (Kg/cm2)	250	Cantidad de cemento(Kg)	400
coeficiente volumetrico de la piedra	0.66	Relacion agua/cemento (A/C)	0.5
		Densidad cemento (Kr/m3)	2850
<b>CALCULOS</b>			
VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0.2	Agua	200.0
Cemento	0.140	Cemento	400
Aire	0.02	Piedra	1131.24
Piedra	0.436	Arena	500.9
Volumen total	0.797	Masa total	2232.2
Arena	0.203		
PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S. )		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	200	Agua	20.5
Cemento	400.000	Cemento	41.0
Piedra	1154.88	Piedra	115.9
Arena	511.45	Arena	51.3
Masa total	2266.33		
VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMINACION DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0.0696	Piedra	2.2
Arena	0.0336	Arena	1.1

*Figura 43: Ensayo de diseño de hormigón.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

#### 4.6. Cálculo del diseño de hormigón $f'c$ 250 k/cm<sup>2</sup>

Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción, para nuestro caso utilizamos la media plástica.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO MM.	EJEMPLO DE TIPO DE CONSTRUCCIÓN.	SISTEMA DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COMPACTACIÓN.
MUY SECA	0.0 – 20	prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantalla de cimentación	con vibradores de formaleta, concretos de proyección neumática (lanzados )	secciones sujetas a vibración externa, puede requerirse presión
SECA	20-35	Pavimentos.	Pavimentos con terminadora vibratoria.	secciones sujetas a vibración intensa
SEMISECA	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple, losas poco reforzadas.	colocación con maquinas operadas manualmente	secciones simplemente reforzadas con vibración
<b>MEDIA (PLÁSTICA)</b>	<b>50-100</b>	pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones	colocación manual	secciones simplemente reforzadas con vibración
HUMEDA	100-150	elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo	secciones bastante reforzadas con vibración
MUY HUMEDA	150-200	elementos esbeltos, pilotes fundidos " in situ "	tubo-embudo-tremie	secciones altamente reforzadas con vibración
SUPER FLUIDA	mas de 200	elementos muy esbeltos	Autonivelante, autocompactante.	secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse

*Figura 44: Asentamiento para diseño de hormigón.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

El coeficiente de varianza a un determinado número de muestras ensayadas es de 11,9, para el diseño escogido de  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>, sería de  $f'c$  310 Kg/cm<sup>2</sup>.

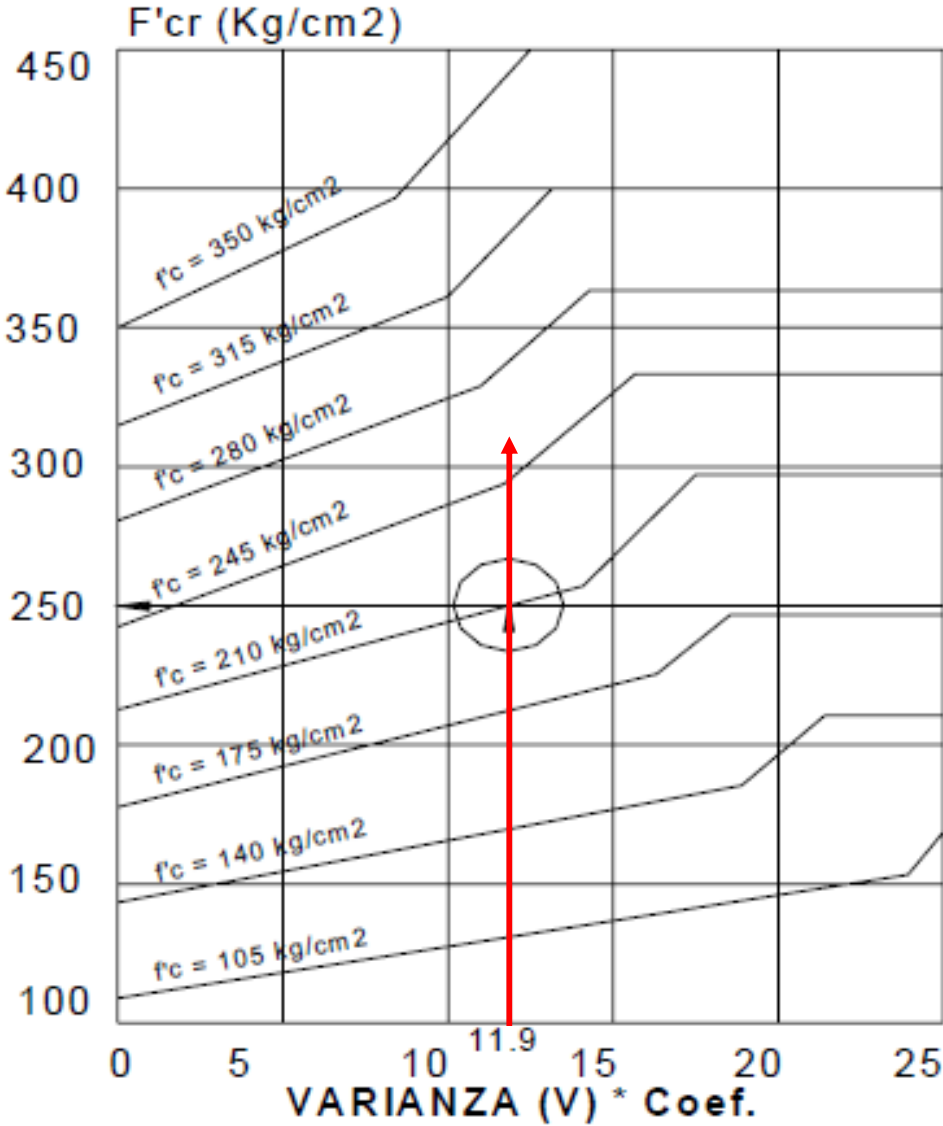


Figura 45: Ensayo de coeficiente de varianza.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).

Relación agua cemento se presenta en el siguiente cuadro, el cual observamos tres tipos de relaciones utilizadas dependiendo del tipo de agregado pero se recomienda utilizar el decreto 1400 para la estimación de la relación A/C. en nuestro caso sería de 0,394.

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

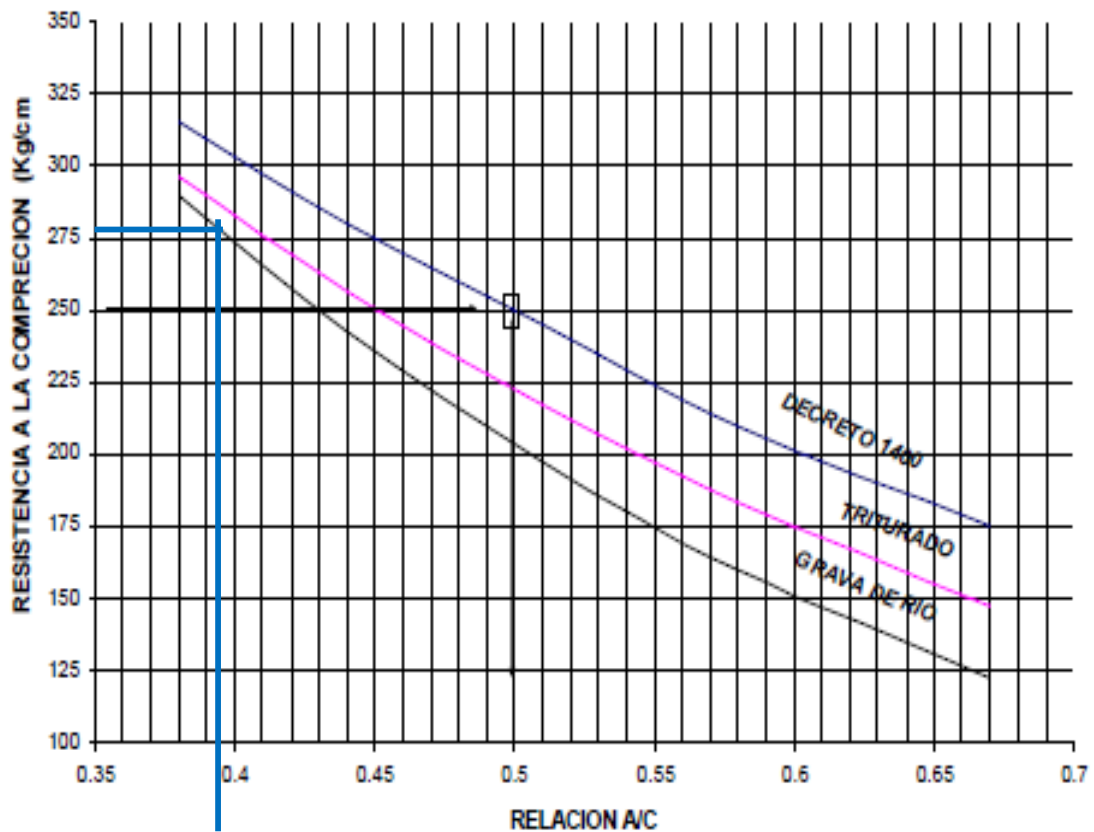


Figura 46: Ensayo de relación agua cemento.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).



ASENTAMIENTO (cm.)	CONCRETOS SIN AIRE INCLUIDO						
	TAMAÑOS MAXIMOS NOMINALES (mm.)						
	10	13	19	25	38	50	75
0.0 – 2.5	185	180	165	160	140	135	125
3.0 – 5.0	205	200	185	180	160	155	145
5.5 – 7.5	215	210	190	185	170	165	155
8.0 – 10.0	225	215	200	195	175	170	165
10.5 – 15.0	235	225	205	200	180	175	170
15.5 – 18.0	240	230	210	205	185	180	175
% CONTENIDO DE AIRE	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3

*Figura 47: Ensayo de contenido de aire.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

**Calculo del contenido de cemento:**

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{200}{0,394} = 507,6$$

Con los datos obtenidos en los ensayos de los materiales de los agregados gruesos y finos, además de la resistencia solicitada que es de f'c 250 Kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo la relación agua cemento y a su vez la cantidad de cemento requerida para esta dosificación, adjuntamos cuadro de cálculo del diseño de hormigón de f'c 250 Kg/cm<sup>2</sup>.

DATOS PROPORCIONADOS		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO			3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m <sup>3</sup> )		1526	1666
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m <sup>3</sup> )			1714
DENSIDAD S S S (Kg/m <sup>3</sup> )		2463	2593
M.F.		2.66	
% ABSORCION		2.1	2.09
<b>DATOS TECNICOS REQUERIDOS</b>			
REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	5 a 10 cm	Cantidad de aire(%)	2.0
RESISTENCIA ESPECIFICA f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	250	Cantidad de agua(lts)	200
RESISTENCIA REQUERIDA f'r (Kg/cm <sup>2</sup> )	310	Cantidad de cemento(Kg)	507.6
coeficiente volumetrico de la piedra	0.66	Relacion agua/cemento (A/C)	0.394
		Densidad cemento (Kr/m <sup>3</sup> )	2850
<b>CALCULOS</b>			
VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0.2	Agua	200.0
Cemento	0.178	Cemento	507.6
Aire	0.02	Piedra	1131.24
Piedra	0.436	Arena	407.9
Volumen total	0.834	Masa total	2246.8
Arena	0.166		
PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S. )		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	200	Agua	20.5
Cemento	507.614	Cemento	52.0
Piedra	1154.88	Piedra	115.9
Arena	416.50	Arena	41.8
Masa total	2278.99		
VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMNACION DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0.0696	Piedra	2.2
Arena	0.0274	Arena	0.9

*Figura 48: Ensayo de diseño de hormigón.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

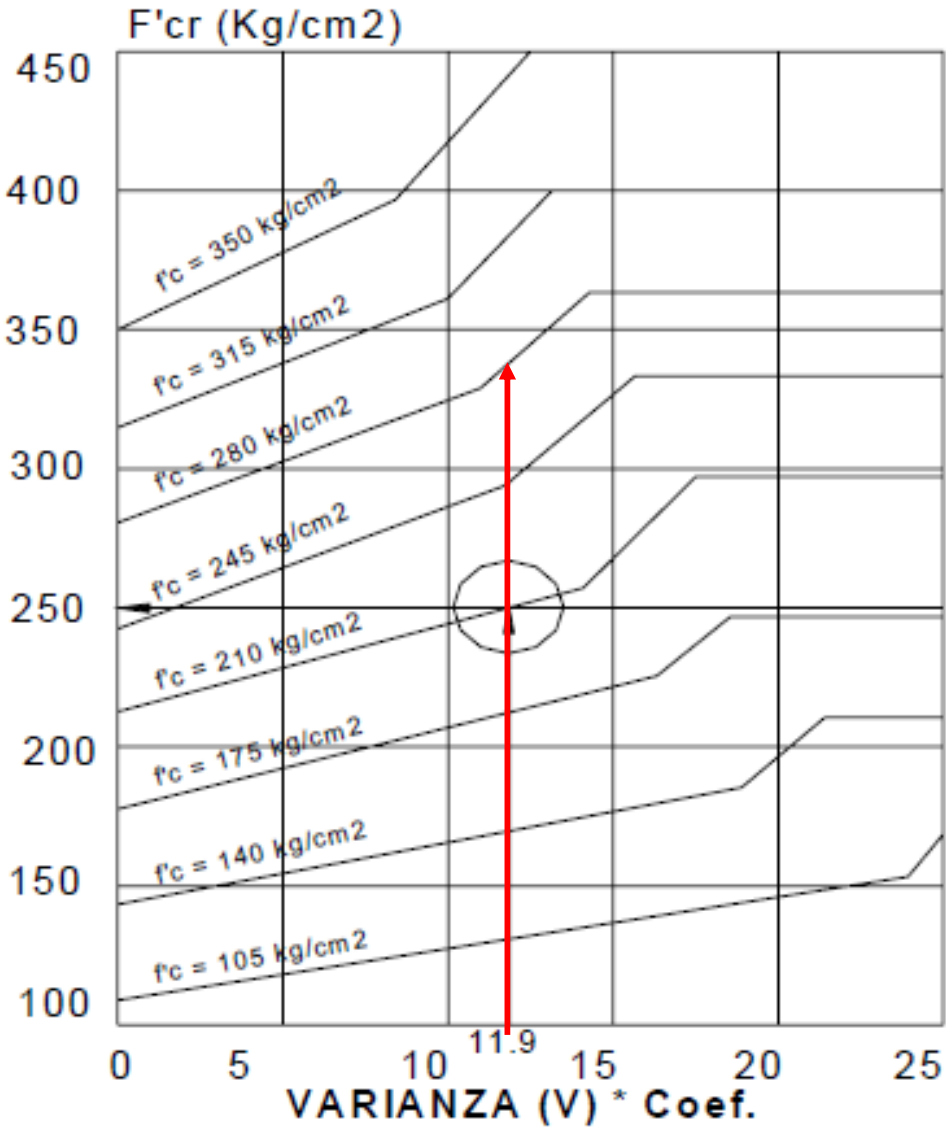
#### 4.7. Cálculo del diseño de hormigón $f'c$ 280 k/cm<sup>2</sup>

Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción, para nuestro caso utilizamos la media plástica.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO MM.	EJEMPLO DE TIPO DE CONSTRUCCIÓN.	SISTEMA DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COMPACTACIÓN.
MUY SECA	0.0 – 20	prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantalla de cimentación	con vibradores de formaleta, concretos de proyección neumática (lanzados )	secciones sujetas a vibración externa, puede requerirse presión
SECA	20-35	Pavimentos.	Pavimentos con terminadora vibratoria.	secciones sujetas a vibración intensa
SEMISECA	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple, losas poco reforzadas.	colocación con maquinas operadas manualmente	secciones simplemente reforzadas con vibración
<b>MEDIA (PLÁSTICA)</b>	<b>50-100</b>	pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones	colocación manual	secciones simplemente reforzadas con vibración
HUMEDA	100-150	elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo	secciones bastante reforzadas con vibración
MUY HUMEDA	150-200	elementos esbeltos, pilotes fundidos " in situ "	tubo-embudo-tremie	secciones altamente reforzadas con vibración
SUPER FLUIDA	mas de 200	elementos muy esbeltos	Autonivelante, autocompactante.	secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse

*Figura 49: Asentamiento para diseño de hormigón.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

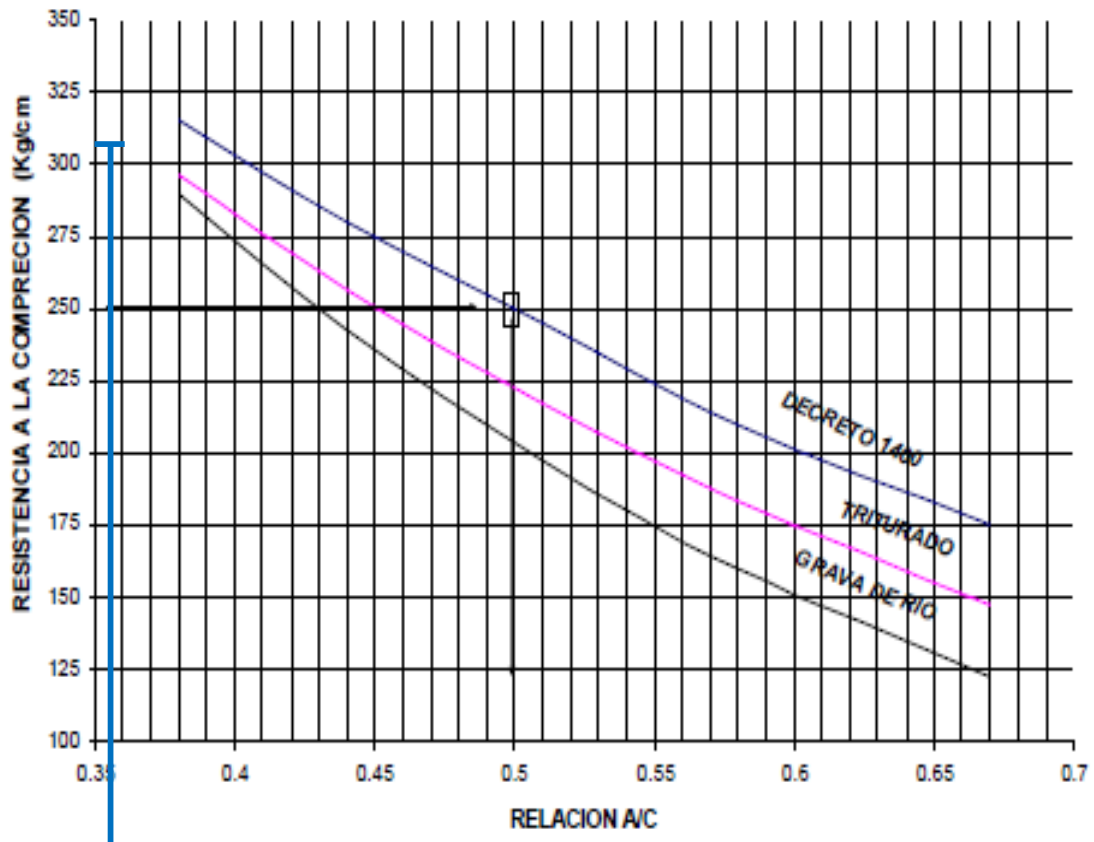
El coeficiente de varianza a un determinado número de muestras ensayadas es de 11,9, para el diseño escogido de  $f'c$  280 Kg/cm<sup>2</sup>, sería de  $f'c$  335 Kg/cm<sup>2</sup>.



*Figura 50:* Ensayo de coeficiente de varianza.  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021).

Relación agua cemento se presenta en el siguiente cuadro, el cual observamos tres tipos de relaciones utilizadas dependiendo del tipo de agregado, pero se recomienda utilizar el decreto 1400 para la estimación de la relación A/C. en nuestro caso sería de 0,356.

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



*Figura 51:* Ensayo de relación agua cemento.  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021).

ASENTAMIENTO (cm.)	CONCRETOS SIN AIRE INCLUIDO						
	TAMAÑOS MAXIMOS NOMINALES (mm.)						
	10	13	19	25	38	50	75
0.0 – 2.5	185	180	165	160	140	135	125
3.0 – 5.0	205	200	185	180	160	155	145
5.5 – 7.5	215	210	190	185	170	165	155
8.0 – 10.0	225	215	200	195	175	170	165
10.5 – 15.0	235	225	205	200	180	175	170
15.5 – 18.0	240	230	210	205	185	180	175
% CONTENIDO DE AIRE	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3

*Figura 52:* Ensayo de contenido de aire.  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021).

**Calculo del contenido de cemento:**

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{200}{0,356} = 561,8$$

Con los datos obtenidos en los ensayos de los materiales de los agregados gruesos y finos, además de la resistencia solicitada que es de f'c 280 Kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo la relación agua cemento y a su vez la cantidad de cemento requerida para esta dosificación, adjuntamos cuadro de cálculo del diseño de hormigón de f'c 280 Kg/cm<sup>2</sup>.

DATOS PROPORCIONADOS		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO			3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m <sup>3</sup> )		1526	1666
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m <sup>3</sup> )			1714
DENSIDAD S S S (Kg/m <sup>3</sup> )		2463	2593
M.F.		2.66	
% ABSORCION		2.1	2.09
<b>DATOS TECNICOS REQUERIDOS</b>			
REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	5 a 10 cm	Cantidad de aire(%)	2.0
RESISTENCIA ESPECIFICA f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	Cantidad de agua(lts)	200
RESISTENCIA REQUERIDA f'r (Kg/cm <sup>2</sup> )	335	Cantidad de cemento(Kg)	561.8
coeficiente volumetrico de la piedra	0.66	Relacion agua/cemento (A/C)	0.356
		Densidad cemento (Kr/m <sup>3</sup> )	2850
<b>CALCULOS</b>			
VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0.2	Agua	200.0
Cemento	0.197	Cemento	561.8
Aire	0.02	Piedra	1131.24
Piedra	0.436	Arena	361.1
Volumen total	0.853	Masa total	2254.1
Arena	0.147		
PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S. )		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	200	Agua	20.5
Cemento	561.798	Cemento	57.6
Piedra	1154.88	Piedra	115.9
Arena	368.69	Arena	37.0
Masa total	2285.37		
VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMINACION DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0.0696	Piedra	2.2
Arena	0.0243	Arena	0.8

*Figura 53:* Ensayo de diseño de hormigón.  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021).

#### 4.8. Elaboración de los ensayos para realizar los diseños con el material de ripio de 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>.

Para la elaboración de los ensayos se tamizo el material de ripio por el tamiz N° 4 para separar los grueso de los finos y realizar los ensayos de los agregados de forma separadas, se presenta el cálculo de los ensayos a la muestra de ripio para elaborar el diseño propuesto.

##### 4.8.1. Elaboración y cálculo del contenido de humedad del agregado grueso y fino

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO	
NORMA ASTM C 566			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Ripio material grueso	Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon ripio	Calculado:	G.V.
Fecha:	abril 26 del 2021	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:		mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)		8,000.0	g
Masa de la muestra seca		7,954.0	g
<b>Contenido de humedad</b>		<b>0.6</b>	<b>%</b>
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4.75	4	0.5	
9.5	3/8"	1.5	
12.5	1/2"	2	
19.0	3/4"	3	
25.0	1"	4	
37.5	1 1/2"	6	
50.0	2"	8	
Laboratorista			

**Figura 54:** Ensayo de contenido de humedad agregado grueso.  
*Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

Es el porcentaje de humedad que tiene la muestra a ser ensayada, se toma una porción de muestra y se la pesa antes de ponerla en el horno a una temperatura de 110°C por 16 horas luego se la pesa y se calcula su humedad, esto nos ayuda al elaborar la mezcla y no pasarnos del contenido de agua optimo del diseño de la mezcla de concreto



GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO</b>	
NORMA ASTM C 566			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Ripio material fino	Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon ripio	Calculado:	G.V.
Fecha:	abril 26 del 2021	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:		mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)		2,000.0	g
Masa de la muestra seca		1,914.0	g
<b>Contenido de humedad</b>		<b>4.3</b>	<b>%</b>
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4.75	4	0.5	
9.5	3/8"	1.5	
12.5	1/2"	2	
19.0	3/4"	3	
25.0	1"	4	
37.5	1 1/2"	6	
50.0	2"	8	
Laboratorista			

**Figura 55:** Ensayo de contenido de humedad agregado fino.  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021).

#### 4.8.2. Elaboración y cálculo del contenido de sulfato del agregado grueso y fino

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		RESISTENCIA DE AGREGADOS GRUESOS POR USO DE SULFATO DE SODIO Ó SULFATO DE MAGNESIO				
NORMA ASTM C 88						
Muestra:	1			Solicitante:		
Origen:	Ripio material grueso			Ensayado:	G.V.	
Para:	Diseño de hormigon ripio			Calculado:	G.V.	
Fecha:	1 de mayo del 2021			Nº Laborat:		
<b>Descripción:</b>	Grava triturada, color gris					
Fracción Nº	Tamiz Nº	Masa parcial Antes (g)	Masa total Antes (g)	% retenido parc. Original	% que pasa después	Pérdida Peso %
1	21/2" a 2"	2,850.0	4,772.0	26.0	5.4	1.4
	2" a 11/2"	1,922.0				
2	11/2" a 1"	1,044.0	1,606.0	34.0	11.4	3.9
	1" a 3/4"	562.0				
3	3/4" a 1/2"	617.0	989.0	27.0	13.2	3.6
	1/2" a 3/8"	372.0				
4	3/8" a No. 4	288.0	288.0	13.0	11.0	1.4
			Total:	100.0	Total:	10.3
<b>Tipo de solución:</b>	Sulfato de sodio				<b>Pérdida %:</b>	<b>10.3</b>
<b>Examen</b>	12 partículas entre 21/2" y 11/2" fisuradas y 8 partidas					
<b>cuantitativo:</b>	8 partículas entre 11/2" y 3/4" fisuradas y 6 partidas					
Tipos de afectación: desintegración, partición, desmenuzamiento, fisuración, descascaramiento						
Laboratorista						

**Figura 56:** Ensayo de contenido de sulfato agregado grueso.

*Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

Este ensayo nos ayuda a ver la desintegración del material al estar sometida al sulfato y según las normas para su utilización como parte del agregado para hormigón debe ser menor al 12%, en este casi tiene un desgaste al sulfato de 10.3%

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>RESISTENCIA DE AGREGADOS FINOS POR USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO</b>			
NORMA ASTM C 88					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Ripio material fino			Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon ripio			Calculado:	G.V.
Fecha:	1 de mayo del 2021			Nº Laborat:	
<b>Descripción:</b>	Arena triturada, color gris verdoso				
Fracción Nº	Tamiz Nº	% retenido parc. Original	Masa Antes (g)	% que pasa después	Pérdida Peso %
1	< No. 100	6.0	0.0	0.0	0.0
2	No. 50 a No. 100	9.0	0.0	0.0	0.0
3	No. 30 a No. 50	24.0	100.0	4.2	1.0
4	No. 16 a No. 30	21.0	100.0	4.8	1.0
5	No. 8 a No. 16	21.0	100.0	8	1.7
6	No. 4 a No. 8	12.0	100.0	11.2	1.3
7	3/8" a No. 4	7.0	100.0	11.2	0.8
Total:		100.0		Total:	5.8
<b>Tipo de solución:</b>	Sulfato de sodio			<b>Pérdida %:</b>	<b>5.8</b>
<b>Observaciones:</b>	El valor de 11.2% después de la prueba en la fracción 7, se toma del inmediato anterior por tener menos del 5% de la muestra original (% original = 4%)				
Laboratorista					

**Figura 57:** Ensayo de sulfato agregado fino.  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021).

#### 4.8.3. Elaboración y cálculo del contenido de abrasión del agregado grueso.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE PEQUEÑO TAMAÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE "LOS ANGELES"			
NORMA ASTM C 131					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Ripio material grueso			Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigón ripio			Calculado:	G.V.
Fecha:	26 de abril del 2021			Informe N°	
Tamaño máximo nominal:	37.5	mm			
Gradación A, B, C ó D, ver tabla				A	
Peso inicial de la muestra con tamaño menor a (37.5 mm)				5,000	g
Número de esferas, ver tabla				12	
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 100 revoluciones				4,934	g
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 500 revoluciones				4,128	g
Relación entre la pérdida a las 100 revoluciones y la pérdida a las 500 revoluciones, uniformidad de desgaste				0.08	
<b>Porcentaje de pérdida</b>				<b>17</b>	<b>%</b>
Tamiz No, mm (plg)		Gradación			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
37.5 (11/2)	25 (1)	1.250 +/- 25	-	-	-
25 (1)	19 (3/4)	1.250 +/- 25	-	-	-
19 (3/4)	12.5 (1/2)	1.250 +/- 10	2.500 +/- 10	-	-
12.5 (1/2)	9.5 (3/8)	1.250 +/- 10	2.500 +/- 10	-	-
9.5 (3/8)	6.3 (1/4)	-	-	2.500 +/- 10	-
6.3 (1/4)	4.75 (No. 4)	-	-	2.500 +/- 10	-
4.75 (No. 4)	2.36 (No. 8)	-	-	-	5.000 +/- 10
Total		5.000 +/- 10	5.000 +/- 10	5.000 +/- 10	5.000 +/- 10
Número de esferas		12	11	8	6
Peso de esferas (carga) g		5.000 +/- 25	4.584 +/- 25	3.330 +/- 20	2.500 +/- 15
Laboratorista					

**Figura 58:** Ensayo de abrasión.  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021).

Con este ensayo determinamos el desgaste que tiene el agregado, el cual para ser utilizado para agregado del hormigón tiene que ser menor al 50%, en este caso tenemos un desgaste del 17% cumpliendo con lo requerido en las normas del MTOP

#### 4.8.4. Elaboración y cálculo de la gravedad específica y absorción del agregado grueso y fino

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO</b>	
NORMA ASTM C 127			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Ripio material grueso	Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon ripio	Calculado:	G.V.
Fecha:	26 de abril del 2021	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:		mm	
<b>Datos:</b>			
A: Peso seco de la muestra en aire, ver tabla		3,500.0	g
B: Peso en estado sss de la muestra en aire		3,655.0	g
C: Peso en agua de la muestra saturada		2,344.0	g
<b>Densidad y absorción:</b>			
G <sub>s</sub> : gravedad específica seca		<b>2,670</b>	kg/m <sup>3</sup>
G <sub>sss</sub> : gravedad específica en sss		<b>2,788</b>	kg/m <sup>3</sup>
G: gravedad específica aparente		<b>3,028</b>	kg/m <sup>3</sup>
P <sub>o</sub> : porcentaje de absorción de agua		<b>4.43</b>	%
Fórmulas:		Tamaño nominal	Peso mínimo de
G <sub>s</sub> = A/(B-C)	G = A/(A-C)	mm (plg)	muestra (kg)
G <sub>sss</sub> = B/(B-C)	P <sub>o</sub> = ((B-A)/A) x100	12.5 (1/2)	2
		19.0 (3/4)	3
		25.0 (1)	4
		37.5 (1 1/2)	5
		50.0 (2)	8
		63.0 (2 1/2)	12
		75.0 (3)	18
Laboratorista			

**Figura 59:** Ensayo de gravedad específica agregado grueso.  
*Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

Este ensayo nos sirve para elaborar el diseño de hormigón, aquí determinamos el porcentaje de absorción y gravedad específica del material con esto podemos realizar nuestro diseño de hormigón

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO</b>			
NORMA ASTM C 128					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Ripio material fino			Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon ripio			Calculado:	G.V.
Fecha:	26 de abril del 2021			Informe N°	
<b>Datos:</b>					
A: Peso seco de la muestra en aire				68.0	g
B: Peso del picnómetro lleno con agua				172.0	g
S: Peso en estado sss de la muestra en aire (500+/-10 g)				70.0	g
C: Peso del picnómetro con muestra y agua hasta marca				212.7	g
<b>Densidad y absorción:</b>					
Gs: gravedad específica seca				<b>2,321</b>	kg/m <sup>3</sup>
Gsss: gravedad específica en sss				<b>2,389</b>	kg/m <sup>3</sup>
G: gravedad específica aparente				<b>2,491</b>	kg/m <sup>3</sup>
Po: porcentaje de absorción de agua				<b>2.94</b>	%
Fórmulas:					
Gs = A/(B+S-C)		G = A/(A+B-C)			
Gsss = S/(B+S-C)		Po = (S-A)/Ax100			
Laboratorista					

**Figura 60:** Ensayo de gravedad específica agregado fino.  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021).

#### 4.8.5. Elaboración y cálculo del peso específico del agregado grueso y fino

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>PESO UNITARIO EN AGREGADO</b>	
NORMA ASTM C 29			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Ripio material grueso	Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon ripio	Calculado:	G.V.
Fecha:	26 de abril del 2021	Informe N°	
Descripción:	Grava triturada gris		
V: volumen del recipiente, ver tabla		2,795	cm <sup>3</sup>
T: masa del recipiente		1,867	g
Msr: masa agregado suelto + recipiente		7,233	g
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		7,452	g
Ms: masa agregado suelto Msr - T		5,366	g
Mc: masa agregado compactado Mcr - T		5,585	g
<b>Peso unitario suelto</b>		<b>1,920</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Peso unitario compactado</b>		<b>1,998</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
		Tamaño máximo nominal	Capacidad del recipiente
		mm (plg)	pie <sup>3</sup> (lt)
		< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
		25.0 (1)	1/3 (9.3)
		37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
		75.0 (3)	1 (28.0)
Laboratorista			

**Figura 61:** Ensayo de peso específico agregado grueso.  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021).

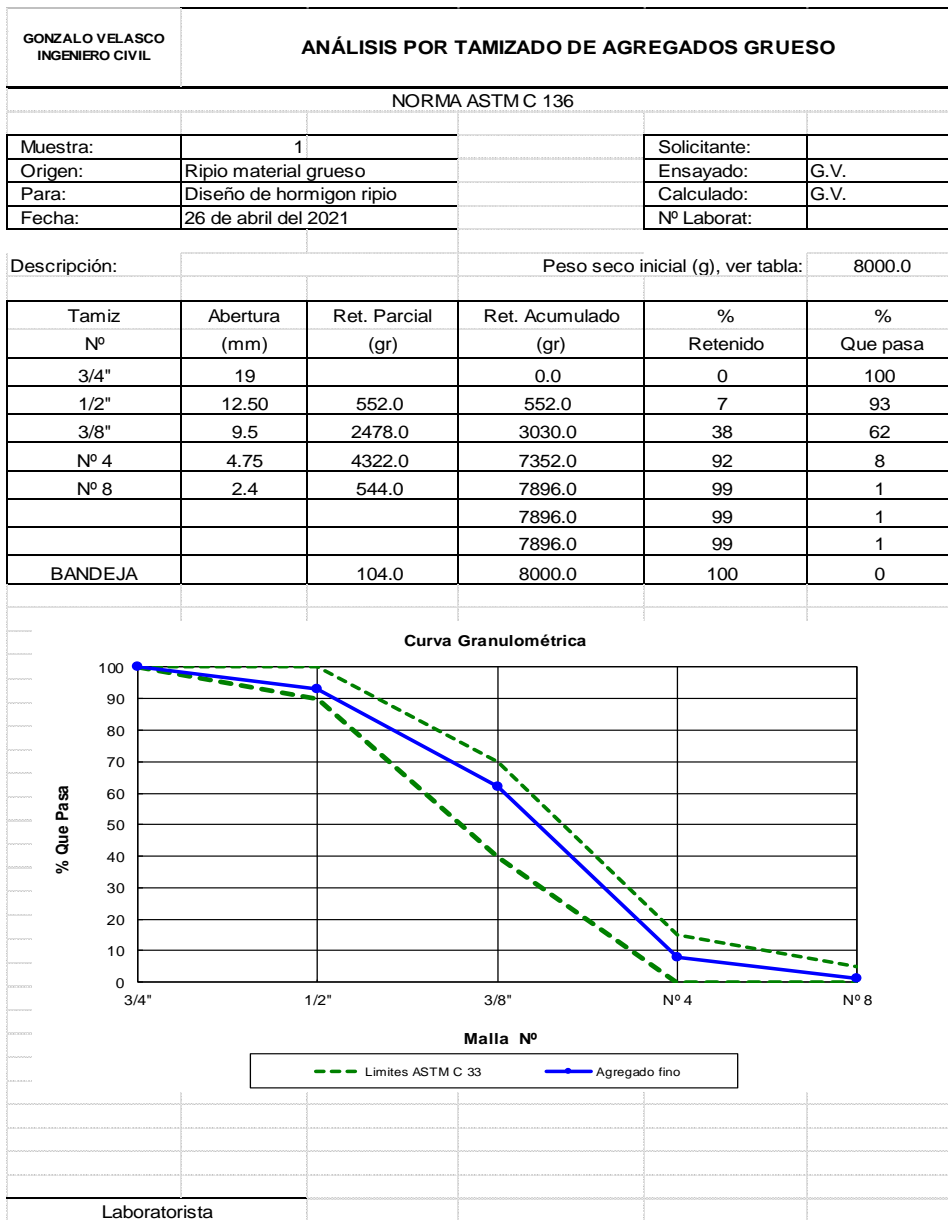
Es el peso del material se lo realiza suelto y compactado para la elaboración del diseño de hormigón, es parte del proceso para la elaboración de la dosificación requerida

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL	<b>PESO UNITARIO EN AGREGADO</b>		
NORMA ASTM C 29			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Ripio material fino	Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon ripio	Calculado:	G.V.
Fecha:	26 de abril del 2021	Informe N°	
Descripción:	arena fina		
V: volumen del recipiente, ver tabla		2,795	cm <sup>3</sup>
T: masa del recipiente		1,867	g
Msr: masa agregado suelto + recipiente		6,258	g
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		6,392	g
Ms: masa agregado suelto Msr - T		4,391	g
Mc: masa agregado compactado Mcr - T		4,525	g
<b>Peso unitario suelto</b>		<b>1,571</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Peso unitario compactado</b>		<b>1,619</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
		Tamaño máximo nominal	Capacidad del recipiente
		mm (plg)	pie <sup>3</sup> (lt)
		< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
		25.0 (1)	1/3 (9.3)
		37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
		75.0 (3)	1 (28.0)
Laboratorista			

**Figura 62:** Ensayo de peso unitario agregado fino.  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021).



#### 4.8.6. Elaboración y cálculo de la granulometría del agregado grueso y fino



**Figura 63:** Ensayo de granulométrico agregado grueso.  
*Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

El ensayo granulométrico nos indica que sus partículas deben estar dentro del rango requerido para ser considerado como parte de los agregados para el diseño del hormigón, en nuestro caso esta dentro de los parámetros requeridos en las especificaciones del MTOP. Para ser considerado

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		<b>ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS FINOS</b>			
NORMA ASTM C 136					
Muestra:	1			Solicitante:	
Origen:	Ripio material fino			Ensayado:	G.V.
Para:	Diseño de hormigon ripio			Calculado:	G.V.
Fecha:	26 de abril del 2021			Nº Laborat:	
Descripción:				Peso seco inicial (g), ver tabla:	1897.5
Tamiz Nº	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr)	% Retenido	% Que pasa
3/8"	9.50		0.0	0	100
Nº 4	4.75	22.0	22.0	1	99
Nº 8	2.36	97.0	119.0	6	94
Nº 16	1.18	367.0	486.0	26	74
Nº 30	0.60	614.0	1100.0	58	42
Nº 50	0.30	402.0	1502.0	79	21
Nº 100	0.15	245.0	1747.0	92	8
BANDEJA		150.5	1897.5	100	0
<b>Módulo de finura:</b>				<b>2.62</b>	
Tamaño de la muestra agregado con:			Peso mínimo (g)		
Al menos el 95% pasa 2.36 mm (tamiz No. 8)			100		
Al menos el 85% pasa 4.75 mm (tamiz No. 4) y más del 5% es retenido en 2.36 mm (tamiz No. 8)			500		
<b>Curva Granulométrica</b>					
Laboratorista					

**Figura 64:** Ensayo de granulométrico agregado fino.  
*Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

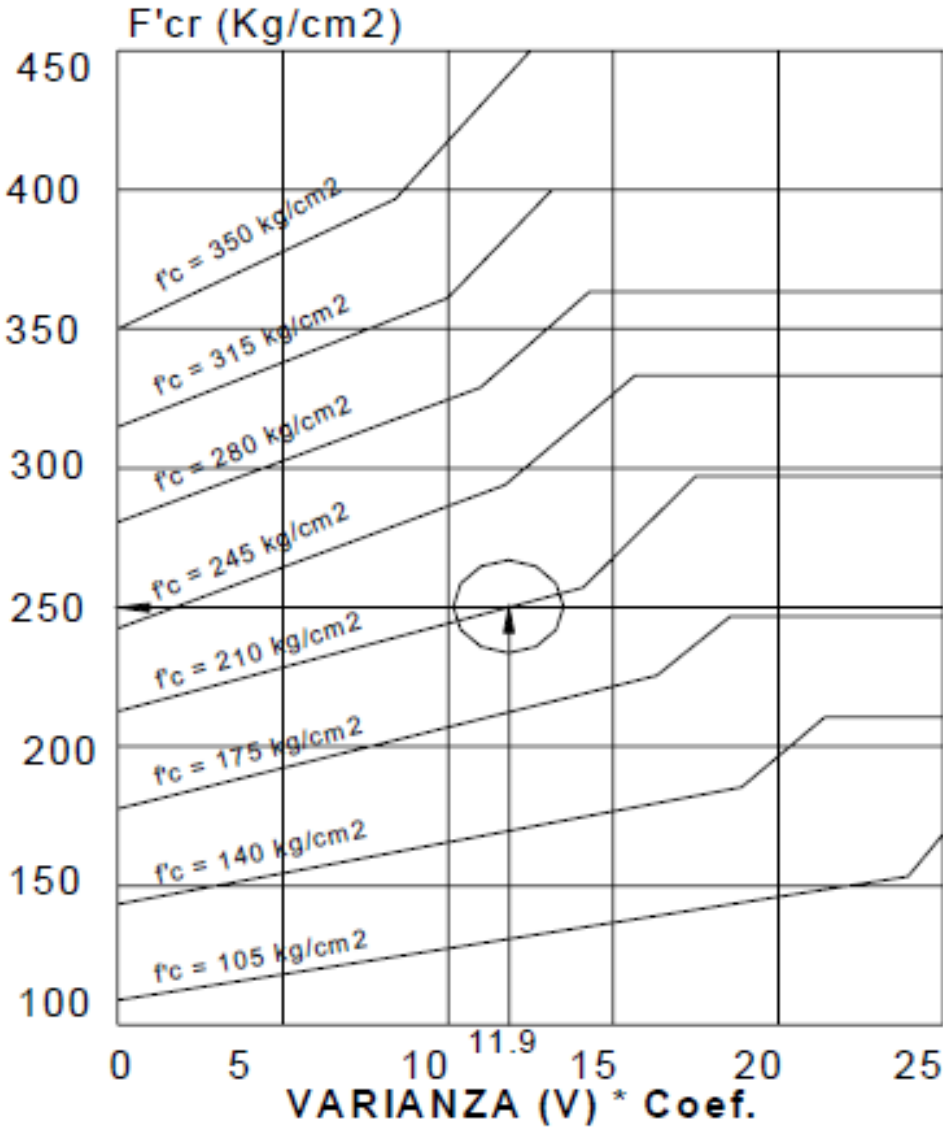
#### 4.9. Cálculo del diseño de hormigón con ripio $f'c$ 210 k/cm<sup>2</sup>

Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción, para nuestro caso utilizamos la media plástica.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO MM.	EJEMPLO DE TIPO DE CONSTRUCCIÓN.	SISTEMA DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COMPACTACIÓN.
MUY SECA	0.0 – 20	prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantalla de cimentación	con vibradores de formaleta, concretos de proyección neumática (lanzados )	secciones sujetas a vibración externa, puede requerirse presión
SECA	20-35	Pavimentos.	Pavimentos con terminadora vibratoria.	secciones sujetas a vibración intensa
SEMISECA	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple, losas poco reforzadas.	colocación con maquinas operadas manualmente	secciones simplemente reforzadas con vibración
<b>MEDIA (PLÁSTICA)</b>	<b>50-100</b>	pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones	colocación manual	secciones simplemente reforzadas con vibración
HUMEDA	100-150	elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo	secciones bastante reforzadas con vibración
MUY HUMEDA	150-200	elementos esbeltos, pilotes fundidos " in situ "	tubo-embudo-tremie	secciones altamente reforzadas con vibración
SUPER FLUIDA	mas de 200	elementos muy esbeltos	Autonivelante, autocompactante.	secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse

*Figura 65: Asentamiento para diseño de hormigón.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

El coeficiente de varianza a un determinado número de muestras ensayadas es de 11,9, para el diseño escogido de  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>, sería de  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 66:** Ensayo de coeficiente de varianza.  
*Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

Relación agua cemento se presenta en el siguiente cuadro, el cual observamos tres tipos de relaciones utilizadas dependiendo del tipo de agregado pero se recomienda utilizar el decreto 1400 para la estimación de la relación A/C. en nuestro caso sería de 0,50.

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

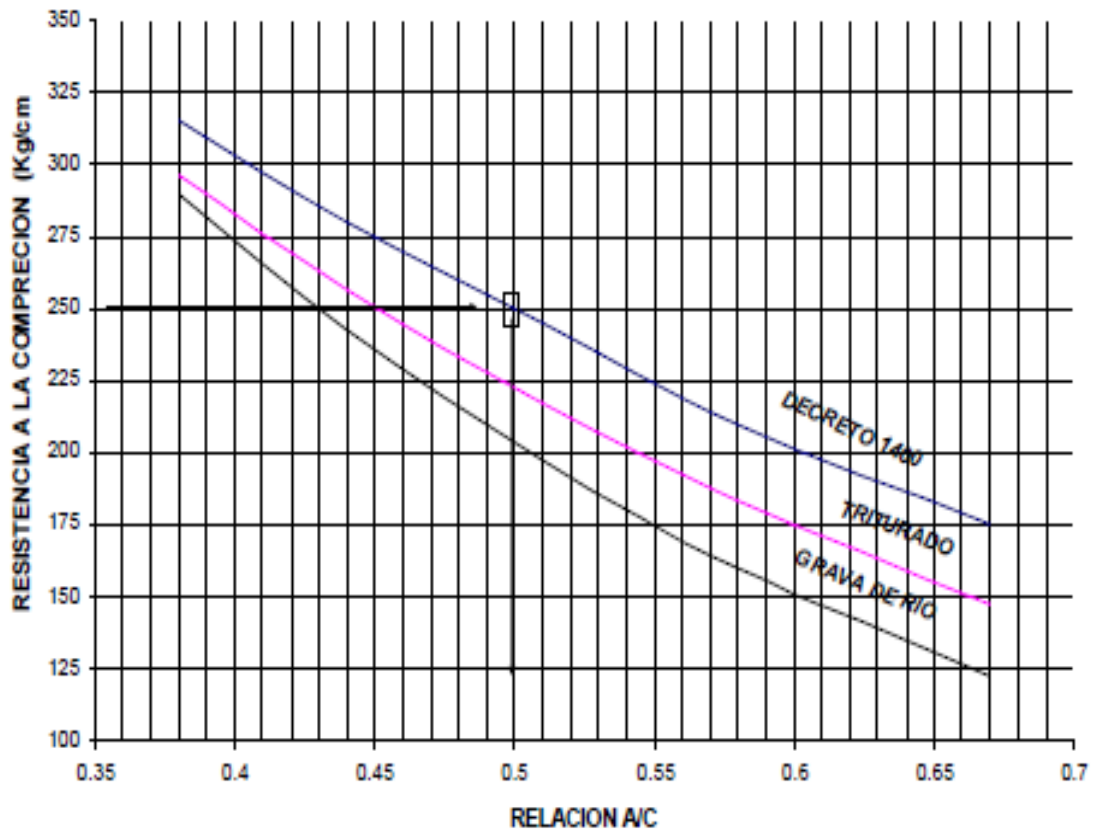


Figura 67: Ensayo de relación agua cemento.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).

ASENTAMIENTO (cm.)	CONCRETOS SIN AIRE INCLUIDO						
	TAMAÑOS MAXIMOS NOMINALES (mm.)						
	10	13	19	25	38	50	75
0.0 – 2.5	185	180	165	160	140	135	125
3.0 – 5.0	205	200	185	180	160	155	145
5.5 – 7.5	215	210	190	185	170	165	155
8.0 – 10.0	225	215	200	195	175	170	165
10.5 – 15.0	235	225	205	200	180	175	170
15.5 – 18.0	240	230	210	205	185	180	175
% CONTENIDO DE AIRE	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3

*Figura 68:* Ensayo de contenido de aire.  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021).

**Calculo del contenido de cemento:**

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{200}{0,5} = 400$$

Con los datos obtenidos en los ensayos de los materiales de los agregados gruesos y finos, además de la resistencia solicitada que es de  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo la relación agua cemento y a su vez la cantidad de cemento requerida para esta dosificación, adjuntamos cuadro de cálculo del diseño de hormigón de  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>.

DATOS PROPORCIONADOS		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO			3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m <sup>3</sup> )		1571	1920
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m <sup>3</sup> )			1998
DENSIDAD S S S (Kg/m <sup>3</sup> )		2389	2788
M.F.		2.62	
% ABSORCION		2.94	4.43
<b>DATOS TECNICOS REQUERIDOS</b>			
REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	5 a 10 cm	Cantidad de aire(%)	2.0
RESISTENCIA ESPECIFICA f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	210	Cantidad de agua(Its)	200
RESISTENCIA REQUERIDA f'r (Kg/cm <sup>2</sup> )	250	Cantidad de cemento(Kg)	400
coeficiente volumetrico de la piedra	0.62	Relacion agua/cemento (A/C)	0.5
		Densidad cemento (Kr/m <sup>3</sup> )	2850
<b>CALCULOS</b>			
VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0.2	Agua	200.0
Cemento	0.140	Cemento	400
Aire	0.02	Piedra	1238.76
Piedra	0.444	Arena	466.6
Volumen total	0.805	Masa total	2305.4
Arena	0.195		
PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S.)		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	200	Agua	20.5
Cemento	400.000	Cemento	41.0
Piedra	1293.64	Piedra	126.9
Arena	480.36	Arena	47.8
Masa total	2374.00		
VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMINACION DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0.0661	Piedra	2.1
Arena	0.0304	Arena	1.0

*Figura 69:* Ensayo de diseño de hormigón.  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021).

#### 4.10. Cálculo del diseño de hormigón con ripio $f'c$ 250 k/cm<sup>2</sup>

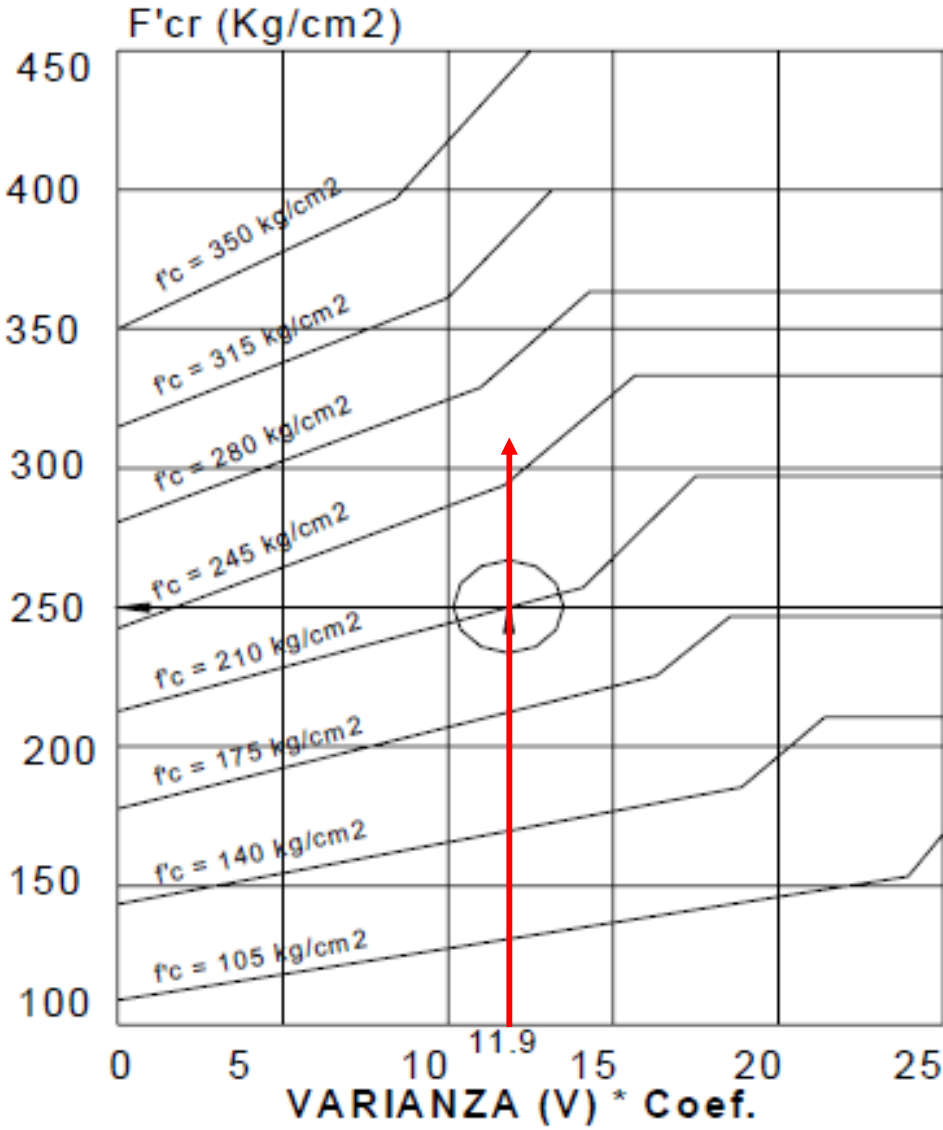
Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción, para nuestro caso utilizamos la media plástica.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO MM.	EJEMPLO DE TIPO DE CONSTRUCCIÓN.	SISTEMA DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COMPACTACIÓN.
MUY SECA	0.0 – 20	prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantalla de cimentación	con vibradores de formaleta, concretos de proyección neumática (lanzados )	secciones sujetas a vibración externa, puede requerirse presión
SECA	20-35	Pavimentos.	Pavimentos con terminadora vibratoria.	secciones sujetas a vibración intensa
SEMISECA	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple, losas poco reforzadas.	colocación con maquinas operadas manualmente	secciones simplemente reforzadas con vibración
<b>MEDIA (PLÁSTICA)</b>	<b>50-100</b>	pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones	colocación manual	secciones simplemente reforzadas con vibración
HUMEDA	100-150	elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo	secciones bastante reforzadas con vibración
MUY HUMEDA	150-200	elementos esbeltos, pilotes fundidos " in situ "	tubo-embudo-tremie	secciones altamente reforzadas con vibración
SUPER FLUIDA	mas de 200	elementos muy esbeltos	Autonivelante, autocompactante.	secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse

*Figura 70: Asentamiento para diseño de hormigón.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*



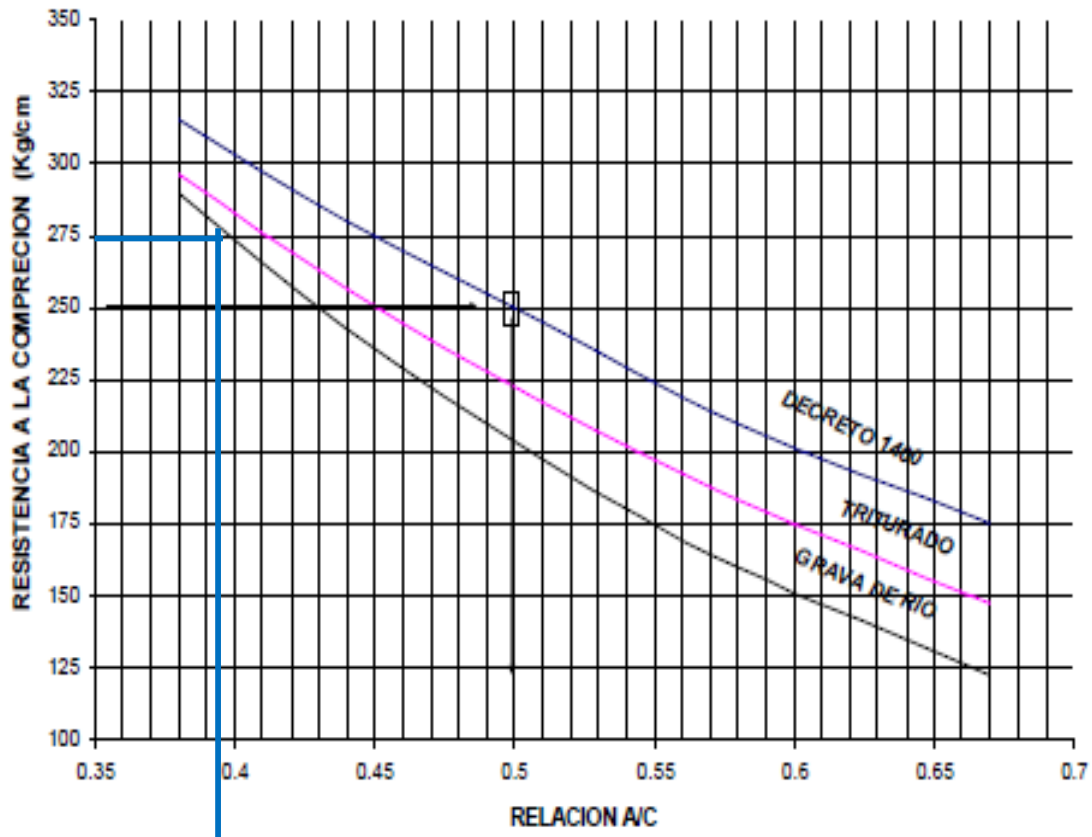
El coeficiente de varianza a un determinado número de muestras ensayadas es de 11,9, para el diseño escogido de  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>, sería de  $f'c$  310 Kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 71:** Ensayo de coeficiente de varianza.  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021).

Relación agua cemento se presenta en el siguiente cuadro, el cual observamos tres tipos de relaciones utilizadas dependiendo del tipo de agregado pero se recomienda utilizar el decreto 1400 para la estimación de la relación A/C. en nuestro caso sería de 0,394.

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



*Figura 72:* Ensayo de relación agua cemento.  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021).

Este cuadro nos indica el diseño que se elabora para determinada resistencia en este caso es para una resistencia de 250 Kg/cm<sup>2</sup> pero para que de esta resistencia se la elabora con una resistencia de 310 Kg/cm<sup>2</sup>, se la prolonga hasta la curva del decreto 1400 y se la representa en el eje X para obtener la relación agua/cemento que tendría este diseño.

ASENTAMIENTO (cm.)	CONCRETOS SIN AIRE INCLUIDO						
	TAMAÑOS MAXIMOS NOMINALES (mm.)						
	10	13	19	25	38	50	75
0.0 – 2.5	185	180	165	160	140	135	125
3.0 – 5.0	205	200	185	180	160	155	145
5.5 – 7.5	215	210	190	185	170	165	155
8.0 – 10.0	225	215	200	195	175	170	165
10.5 – 15.0	235	225	205	200	180	175	170
15.5 – 18.0	240	230	210	205	185	180	175
% CONTENIDO DE AIRE	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3

*Figura 73:* Ensayo de contenido de aire.  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021).

**Calculo del contenido de cemento:**

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{200}{0,394} = 507,6$$

Con los datos obtenidos en los ensayos de los materiales de los agregados gruesos y finos, además de la resistencia solicitada que es de  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo la relación agua cemento y a su vez la cantidad de cemento requerida para esta dosificación, adjuntamos cuadro de cálculo del diseño de hormigón de  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup>.

DATOS PROPORCIONADOS		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO			3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m <sup>3</sup> )		1571	1920
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m <sup>3</sup> )			1998
DENSIDAD S S S (Kg/m <sup>3</sup> )		2389	2788
M.F.		2.62	
% ABSORCION		2.94	4.43
<b>DATOS TECNICOS REQUERIDOS</b>			
REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	5 a 10 cm	Cantidad de aire(%)	2.0
RESISTENCIA ESPECIFICA f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	250	Cantidad de agua(Its)	200
RESISTENCIA REQUERIDA f'r (Kg/cm <sup>2</sup> )	310	Cantidad de cemento(Kg)	507.6
coeficiente volumetrico de la piedra	0.62	Relacion agua/cemento (A/C)	0.394
		Densidad cemento (Kr/m <sup>3</sup> )	2850
<b>CALCULOS</b>			
VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0.2	Agua	200.0
Cemento	0.178	Cemento	507.6
Aire	0.02	Piedra	1238.76
Piedra	0.444	Arena	376.4
Volumen total	0.842	Masa total	2322.8
Arena	0.158		
PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S. )		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	200	Agua	20.5
Cemento	507.614	Cemento	52.0
Piedra	1293.64	Piedra	126.9
Arena	387.50	Arena	38.6
Masa total	2388.76		
VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMNACION DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0.0661	Piedra	2.1
Arena	0.0246	Arena	0.8

*Figura 74:* Ensayo de diseño de hormigón.  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021).

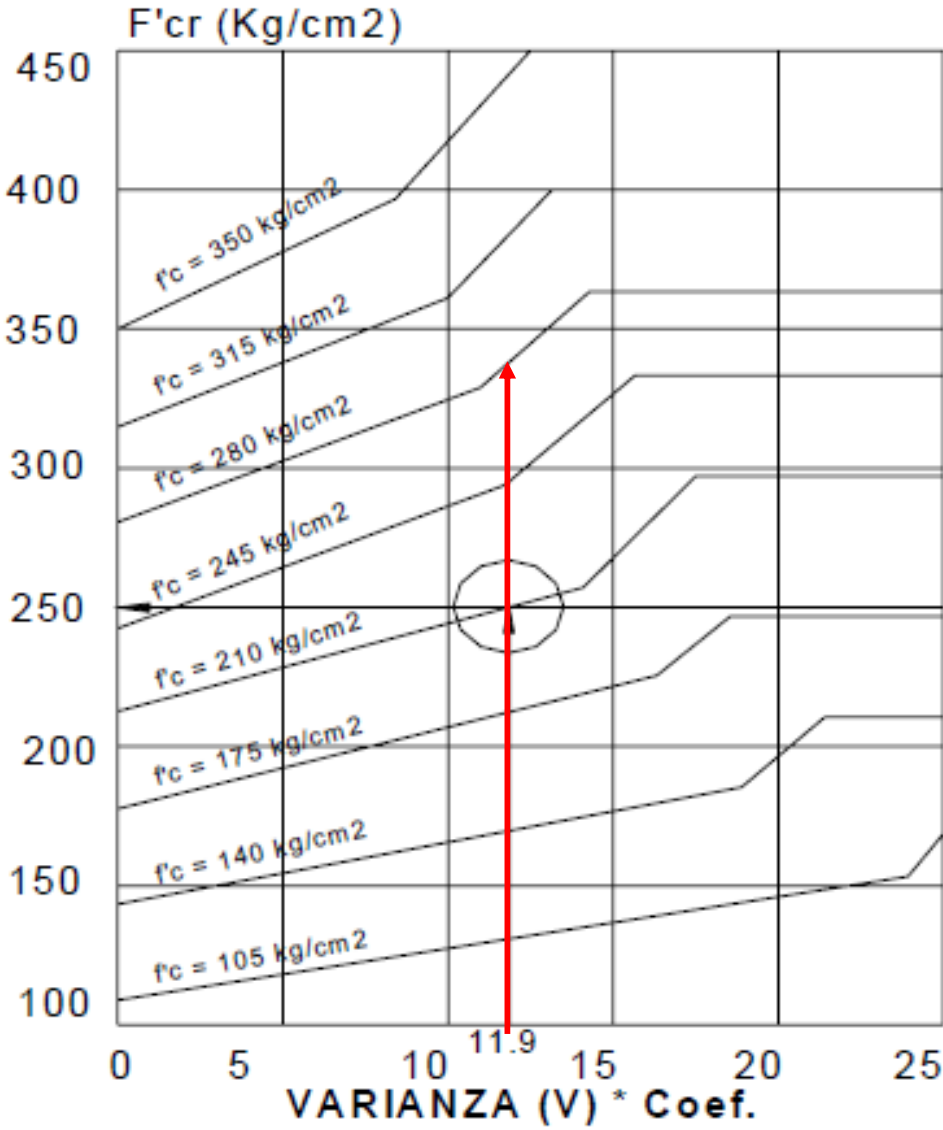
#### 4.11. Cálculo del diseño de hormigón de ripio $f'c$ 280 k/cm<sup>2</sup>

Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción, para nuestro caso utilizamos la media plástica.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO MM.	EJEMPLO DE TIPO DE CONSTRUCCIÓN.	SISTEMA DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COMPACTACIÓN.
MUY SECA	0.0 – 20	prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantalla de cimentación	con vibradores de formaleta, concretos de proyección neumática (lanzados )	secciones sujetas a vibración externa, puede requerirse presión
SECA	20-35	Pavimentos.	Pavimentos con terminadora vibratoria.	secciones sujetas a vibración intensa
SEMISECA	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple, losas poco reforzadas.	colocación con maquinas operadas manualmente	secciones simplemente reforzadas con vibración
<b>MEDIA (PLÁSTICA)</b>	<b>50-100</b>	pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones	colocación manual	secciones simplemente reforzadas con vibración
HUMEDA	100-150	elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo	secciones bastante reforzadas con vibración
MUY HUMEDA	150-200	elementos esbeltos, pilotes fundidos " in situ "	tubo-embudo-tremie	secciones altamente reforzadas con vibración
SUPER FLUIDA	mas de 200	elementos muy esbeltos	Autonivelante, autocompactante.	secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse

*Figura 75: Asentamiento para diseño de hormigón.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

El coeficiente de varianza a un determinado número de muestras ensayadas es de 11,9, para el diseño escogido de  $f'c$  280 Kg/cm<sup>2</sup>, sería de  $f'c$  335 Kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 76:** Ensayo de coeficiente de varianza.  
*Elaborado por: Bustamante, C. (2021).*

Relación agua cemento se presenta en el siguiente cuadro, el cual observamos tres tipos de relaciones utilizadas dependiendo del tipo de agregado pero se recomienda utilizar el decreto 1400 para la estimación de la relación A/C. en nuestro caso sería de 0,356.

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

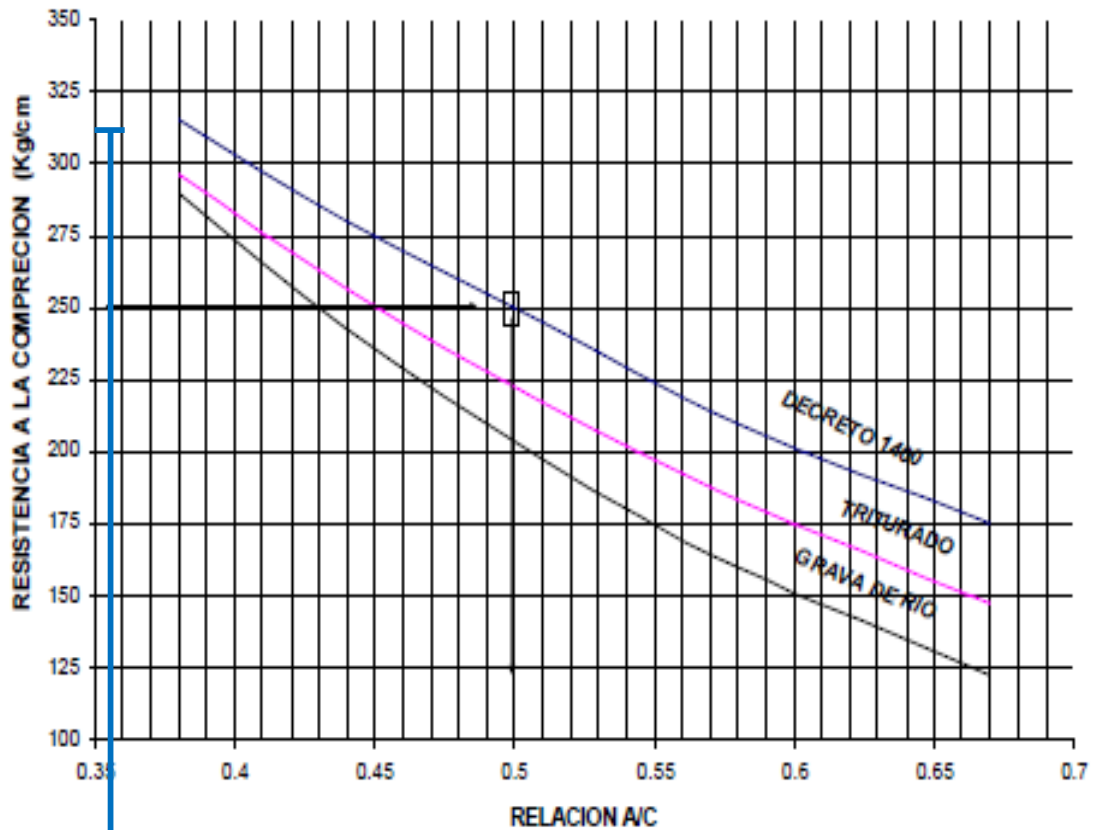


Figura 77: Ensayo de relación agua cemento.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).

ASENTAMIENTO (cm.)	CONCRETOS SIN AIRE INCLUIDO						
	TAMAÑOS MAXIMOS NOMINALES (mm.)						
	10	13	19	25	38	50	75
0.0 – 2.5	185	180	165	160	140	135	125
3.0 – 5.0	205	200	185	180	160	155	145
5.5 – 7.5	215	210	190	185	170	165	155
8.0 – 10.0	225	215	200	195	175	170	165
10.5 – 15.0	235	225	205	200	180	175	170
15.5 – 18.0	240	230	210	205	185	180	175
% CONTENIDO DE AIRE	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3

*Figura 78:* Ensayo de contenido de aire.  
**Elaborado por:** Bustamante, C. (2021).

**Calculo del contenido de cemento:**

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{200}{0,356} = 561,8$$

Con los datos obtenidos en los ensayos de los materiales de los agregados gruesos y finos, además de la resistencia solicitada que es de  $f'c$  280 Kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo la relación agua cemento y a su vez la cantidad de cemento requerida para esta dosificación, adjuntamos cuadro de cálculo del diseño de hormigón de  $f'c$  280 Kg/cm<sup>2</sup>.



DATOS PROPORCIONADOS		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO			3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m <sup>3</sup> )		1571	1920
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m <sup>3</sup> )			1998
DENSIDAD S S S (Kg/m <sup>3</sup> )		2389	2788
M.F.		2.62	
% ABSORCION		2.94	4.43
<b>DATOS TECNICOS REQUERIDOS</b>			
REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	5 a 10 cm	Cantidad de aire(%)	2.0
RESISTENCIA ESPECIFICA f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	Cantidad de agua(Its)	200
RESISTENCIA REQUERIDA f'r (Kg/cm <sup>2</sup> )	335	Cantidad de cemento(Kg)	561.8
coeficiente volumetrico de la piedra	0.62	Relacion agua/cemento (A/C)	0.356
		Densidad cemento (Kr/m <sup>3</sup> )	2850
<b>CALCULOS</b>			
VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0.2	Agua	200.0
Cemento	0.197	Cemento	561.8
Aire	0.02	Piedra	1238.76
Piedra	0.444	Arena	331.0
Volumen total	0.861	Masa total	2331.6
Arena	0.139		
PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S.)		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	200	Agua	20.5
Cemento	561.798	Cemento	57.6
Piedra	1293.64	Piedra	126.9
Arena	340.75	Arena	33.9
Masa total	2396.19		
VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMNACION DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0.0661	Piedra	2.1
Arena	0.0216	Arena	0.7

*Figura 79:* Ensayo de diseño de hormigón.  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021).

#### **4.12. Resultados según el segundo objetivo.**

Para determinar nuestro segundo objetivo específico como es identificar las características mecánicas del hormigón con ripio para las resistencias de  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$ , presentamos el cuadro de rotura a la compresión de los cilindros de hormigón realizado su rotura a la fecha establecida en las normas del ACI, así también su asentamiento a cada diseño presentado y las roturas a flexión de las vigas de hormigón. Cumpliendo con la resistencia diseñada.

#### 4.13. Cuadro de la rotura a compresión de los cilindros del diseño de hormigón con ripio

CONTROL DE ROTURA DE HORMIGON																																						
TEMA DE TESIS : Análisis Comparativo de Mezclas de Hormigón con ripio y mezclas de hormigón tradicional																																						
FECHA DE TOMA	ELEMENTO	f <sub>c</sub>	DIAS	FECHA DE ROTURA	1	2	3	PROM.	%	DIAS	FECHA DE ROTURA	1	2	3	PROM.	%	DIAS	FECHA DE ROTURA	1	2	3	PROM.	%	TESTIGOS						OBSERVACIONES								
					Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>					Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>					Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>			Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	PROM.	%	DIAS	FECHA DE ROTURA		1	2	3					
4/5/2021	Hormigon con ripio	210	7	11/5/2021	133.74	135.88	137.22	135.6	65%	14	18/5/2021	157.49	159.72	160.84	159.4	76%	21	25/5/2021	186.77	183.07	184.54	184.8	88%	28	1/6/2021	211.78	214.81	210.96	212.5	101%	4/5/2021					0.0	0%	SE TOMO REV/ENDIMIENTO 9.4
5/5/2021	Hormigon con ripio	250	7	12/5/2021	155.82	157.93	157.88	157.2	63%	14	19/5/2021	186.33	187.36	188.49	187.4	75%	21	26/5/2021	212.44	211.94	214.88	213.7	85%	28	2/6/2021	251.98	254.78	252.69	253.2	101%	5/5/2021					0.0	0%	SE TOMO REV/ENDIMIENTO 9.4
	Hormigon con																																					

Figura 80: Ensayo de rotura a la compresión de hormigón con ripio.

Elaborado por: Bustamante, C. (2021).

Cuadro de rotura a la compresión del hormigón con ripio a diversas edades pero se considera la resistencia a los 28 días.

#### 4.14. Cuadro de rotura a flexión de las vigas de hormigón con ripio

#### 4.15. Resultados según el tercer objetivo

REGISTRO ENSAYOS A FLEXION										
NORMA ASTM C78										
TEMA DE TESIS :		Análisis Comparativo de Mezclas de Hormigón con ripio y mezclas de hormigón tradicional								
ELEMENTO	FECHA	FECHA	SECTOR	EDAD	DIMENSIONES (mm)				CARGA	MOD. RUPTURA
	TOMA	ROTURA	FISURA	(días)	b	d	L	a	Kn	MPa
Hormigon con ripio f c 210 Kg/cm <sup>2</sup>	30/4/2021	7/5/2021	Centro	7	150	150	450		14.56	1.94
					150	150	450		14.28	1.90
					150	150	450		13.82	1.84
	30/4/2021	14/5/2021	Centro	14	150	150	450		18.13	2.42
					150	150	450		18.41	2.45
					150	150	450		18.72	2.50
	30/4/2021	21/5/2021	Centro	21	150	150	450		21.52	2.87
					150	150	450		20.94	2.79
					150	150	450		20.84	2.78
	30/4/2021	28/5/2021	Centro	28	150	150	450		24.74	3.30
					150	150	450		25.14	3.35
					150	150	450		24.95	3.33
30/4/2021	30/4/2021	Centro		150	150	450			0.00	
				150	150	450			0.00	
				150	150	450			0.00	
Hormigon con ripio f c 250 Kg/cm <sup>2</sup>	1/5/2021	8/5/2021	Centro	7	150	150	450		17.39	2.32
					150	150	450		17.12	2.28
					150	150	450		17.82	2.38
	1/5/2021	15/5/2021	Centro	14	150	150	450		21.49	2.87
					150	150	450		21.39	2.85
					150	150	450		22.18	2.96
	1/5/2021	22/5/2021	Centro	21	150	150	450		25.19	3.36
					150	150	450		24.84	3.31
					150	150	450		25.77	3.44
	1/5/2021	29/5/2021	Centro	28	150	150	450		29.16	3.89
					150	150	450		28.95	3.86
					150	150	450		29.33	3.91
1/5/2021	1/5/2021	Centro		150	150	450			0.00	
				150	150	450			0.00	
				150	150	450			0.00	
Hormigon con ripio f c 280 Kg/cm <sup>2</sup>	3/5/2021	10/5/2021	Centro	7	150	150	450		20.06	2.67
					150	150	450		19.83	2.64
					150	150	450		20.16	2.69
	3/5/2021	17/5/2021	Centro	14	150	150	450		24.17	3.22
					150	150	450		24.78	3.30
					150	150	450		23.93	3.19
	3/5/2021	24/5/2021	Centro	21	150	150	450		27.39	3.65
					150	150	450		28.02	3.74
					150	150	450		27.75	3.70
	3/5/2021	31/5/2021	Centro	28	150	150	450		32.67	4.36
					150	150	450		33.13	4.42
					150	150	450		32.92	4.39
3/5/2021	3/5/2021	Centro		150	150	450			0.00	
				150	150	450			0.00	
				150	150	450			0.00	

Figura 81: Ensayo de rotura a flexión de hormigón con ripio.

Elaborado por: Bustamante, C. (2021).

Cuadro de rotura a la flexión del hormigón con ripio a diversas edades pero se considera la resistencia a los 28 días

Para determinar nuestro tercer objetivo específico como es comparar las características mecánicas del hormigón tradicional para las resistencias de  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$ , presentamos el cuadro de rotura a la compresión de los cilindros de hormigón realizado su rotura a la fecha establecida en las normas del ACI, así también su asentamiento a cada diseño presentado y las roturas a flexión de las vigas de hormigón. Cumpliendo con la resistencia diseñada.

#### 4.16. Cuadro de la rotura a compresión de los cilindros del diseño de hormigón tradicional

CONTROL DE ROTURA DE HORMIGON																																					
TEMA DE TESIS : Análisis Comparativo de Mezclas de Hormigón con ripio y mezclas de hormigón tradicional																																					
FECHA DE TOMA	ELEMENTO	f'c	DIAS	FECHA DE ROTURA	1	2	3	PROM.	%	DIAS	FECHA DE ROTURA	1	2	3	PROM.	%	DIAS	FECHA DE ROTURA	1	2	3	PROM.	%	TESTIGOS						OBSERVACIONES							
					Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2					Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2					Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2			Kg/cm2	Kg/cm2	PROM.	%	DIAS	FECHA DE ROTURA		1	2	3				
30/4/2021	Hormigon tradicional	210	7	7/5/2021	132.75	132.83	133.62	133.1	63%	14	14/5/2021	155.34	156.93	153.65	155.3	74%	21	21/5/2021	180.44	181.34	182.44	181.4	86%	28	28/5/2021	209.76	212.34	209.94	210.7	100%	30/4/2021				0.0	0%	SE TOMO REVENDIMIENTO 9.4
1/5/2021	Hormigon tradicional	250	7	8/5/2021	153.77	151.92	153.92	153.2	61%	14	15/5/2021	184.73	183.18	185.34	184.4	74%	21	22/5/2021	210.44	209.56	211.44	210.9	84%	28	29/5/2021	253.21	248.72	250.03	250.7	100%	1/5/2021				0.0	0%	SE TOMO REVENDIMIENTO 10.2
3/5/2021	Hormigon tradicional	280	7	10/5/2021	170.45	172.87	169.82	171.0	61%	14	17/5/2021	209.44	209.45	207.56	208.8	75%	21	24/5/2021	243.76	241.07	240.93	242.3	87%	28	31/5/2021	277.88	279.56	282.18	279.9	100%	3/5/2021				0.0	0%	SE TOMO REVENDIMIENTO 8.8

Figura 82: Ensayo de rotura a la compresión de hormigón tradicional.  
Elaborado por: Bustamante, C. (2021).

Cuadro de rotura a la compresión del hormigón tradicional a diversas edades pero se considera la resistencia a los 28 días

#### 4.17. Cuadro de rotura a flexión de las vigas de hormigón tradicional

REGISTRO ENSAYOS A FLEXION										
NORMA ASTM C78										
TEMA DE TESIS :		Análisis Comparativo de Mezclas de Hormigón con ripio y mezclas de hormigón tradicional								
ELEMENTO	FECHA TOMA	FECHA ROTURA	SECTOR FISURA	EDAD (días)	DIMENSIONES (mm)				CARGA Kn	MOD. RUPTURA MPa
					b	d	L	a		
Hormigon tradicional f c 210 Kg/cm <sup>2</sup>	30/4/2021	7/5/2021	Centro	7	150	150	450		13.86	1.85
					150	150	450		13.94	1.86
					150	150	450		14.07	1.88
	30/4/2021	14/5/2021	Centro	14	150	150	450		17.53	2.34
					150	150	450		17.45	2.33
					150	150	450		17.66	2.35
	30/4/2021	21/5/2021	Centro	21	150	150	450		20.35	2.71
					150	150	450		20.54	2.74
					150	150	450		20.49	2.73
	30/4/2021	28/5/2021	Centro	28	150	150	450		24.21	3.23
					150	150	450		24.12	3.22
					150	150	450		23.88	3.18
30/4/2021	30/4/2021	Centro			150	150	450			0.00
					150	150	450			0.00
					150	150	450			0.00
Hormigon tradicional f c 250 Kg/cm <sup>2</sup>	1/5/2021	8/5/2021	Centro	7	150	150	450		16.84	2.25
					150	150	450		17.22	2.30
					150	150	450		17.29	2.31
	1/5/2021	15/5/2021	Centro	14	150	150	450		20.76	2.77
					150	150	450		20.95	2.79
					150	150	450		21.19	2.83
	1/5/2021	22/5/2021	Centro	21	150	150	450		24.61	3.28
					150	150	450		23.77	3.17
					150	150	450		24.12	3.22
	1/5/2021	29/5/2021	Centro	28	150	150	450		28.44	3.79
					150	150	450		28.38	3.78
					150	150	450		28.21	3.76
1/5/2021	1/5/2021	Centro			150	150	450			0.00
					150	150	450			0.00
					150	150	450			0.00
Hormigon tradicional f c 280 Kg/cm <sup>2</sup>	3/5/2021	10/5/2021	Centro	7	150	150	450		19.22	2.56
					150	150	450		19.04	2.54
					150	150	450		19.00	2.53
	3/5/2021	17/5/2021	Centro	14	150	150	450		23.55	3.14
					150	150	450		23.89	3.19
					150	150	450		23.69	3.16
	3/5/2021	24/5/2021	Centro	21	150	150	450		26.21	3.49
					150	150	450		27.43	3.66
					150	150	450		27.05	3.61
	3/5/2021	31/5/2021	Centro	28	150	150	450		32.07	4.28
					150	150	450		31.87	4.25
					150	150	450		31.73	4.23
3/5/2021	3/5/2021	Centro			150	150	450			0.00
					150	150	450			0.00
					150	150	450			0.00

Figura 83: Ensayo de rotura a flexión de hormigón tradicional.

Elaborado por: Bustamante, C. (2021).

Cuadro de rotura a la flexión del hormigón tradicional a diversas edades pero se considera la resistencia a los 28 días

#### 4.18. Resultados según el cuarto objetivo.

Para determinar nuestro cuarto objetivo específico como es comparar las características mecánicas del hormigón tradicional con el hormigón con ripio de resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>, presentamos el cuadro de resumen de su dosificación del diseño, su rotura a compresión a los 28 días, su rotura a flexión a los 28 días y su asentamiento de cada diseño propuesto, dando valores acordes a lo requerido para cada diseño no hay mucha variación, el cuadro de resumen lo presentamos a continuación.

<b>RESUMEN DE LOS ENSAYOS DEL HORMIGON TRADICIONAL Y CON RIPIO</b>					
<b>ELEMENTO</b>	<b>f'c</b>	<b>DOSIFICACION DEL DISEÑO (parihuela)</b>	<b>ROTURA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>ROTURA A LA FLEXION A LOS 28 DIAS Mpa</b>	<b>ASENTAMIENTO</b>
Hormigón con ripio	210	1:1:2,1	212,5	3,33	9,4
Hormigón con ripio	250	1:0,8:2,1	253,2	3,89	9,4
Hormigón con ripio	280	1:0,7:2,1	281,8	4,39	9,4
Hormigón tradicional	210	1:1,1:2,2	210,7	3,21	9,4
Hormigón tradicional	250	1:0,9:2,2	250,7	3,78	10,2
Hormigón tradicional	280	1:0,8:2,2	279,9	4,25	8,8

*Figura 84:* Resumen de los ensayos.  
*Elaborado por:* Bustamante, C. (2021).



#### 4.19. Conclusiones

Para la realización del primer objetivo específico como es determinar las dosificaciones requeridas para hormigón con ripio con resistencia  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$ , los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los agregados de ripio para elaborar el diseño con mezcla de hormigón en las tres dosificaciones propuesta fueron satisfactoria, se separó el material grueso del fino utilizando el tamiz N° 4 (4,75 mm), obteniendo su desgaste por medio del ensayo de abrasión del 17% que está dentro de lo requerido que debe ser menos al 50% según las especificaciones del MTOP, así mismo su granulometría está dentro de los parámetros requeridos y el módulo de finura del agregado fino es 2,62, con una densidad de  $2,389 \text{ g/cm}^3$  y su absorción es del 2,94%, el peso volumétrico suelto de  $1,571 \text{ g/cm}^3$  el agregado grueso tiene una densidad de  $2,788 \text{ g/cm}^3$  y su absorción es del 4,43%, el peso volumétrico suelto de  $1,929 \text{ g/cm}^3$  con estos resultados realizamos las dosificaciones para cada resistencia a la compresión propuesta.

Para el segundo objetivo específico de definir las características mecánicas del hormigón con ripio para las resistencias  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$ , los resultados obtenidos fueron que la resistencia a la compresión del diseño para  $210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días es de  $212,5 \text{ kg/cm}^2$  la rotura a flexión es de a los 28 días es de 3,33 MPa; para las resistencias  $250 \text{ kg/cm}^2$  los resultados obtenidos fueron que la resistencia a la compresión a los 28 días es de  $253,2 \text{ kg/cm}^2$  la rotura a flexión es de a los 28 días es de 3,89 MPa y para las resistencias  $280 \text{ kg/cm}^2$  los resultados obtenidos fueron que la resistencia a la compresión a los 28 días es de  $281,8 \text{ kg/cm}^2$  la rotura a flexión es de a los 28 días es de 4,39 MPa, con estos resultados podemos ver que su característica mecánica que posee una es muy satisfactoria y se la puede considerar como parte del diseño a pesar de contener aristas redondeadas, esto es debido a la densidad del material granular que está por los  $2788 \text{ Kg/m}^3$ .

Para la elaboración del tercer objetivo como es la característica mecánica del hormigón tradicional, para las resistencias 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>, los resultados obtenidos fueron que la resistencia a la compresión del diseño para 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días es de 210,7 kg/cm<sup>2</sup> la rotura a flexión es de a los 28 días es de 3,21 MPa; para las resistencias 250 kg/cm<sup>2</sup> los resultados obtenidos fueron que la resistencia a la compresión a los 28 días es de 250,7 kg/cm<sup>2</sup> la rotura a flexión es de a los 28 días es de 3,78 MPa y para las resistencias 280 kg/cm<sup>2</sup> los resultados obtenidos fueron que la resistencia a la compresión a los 28 días es de 279,9 kg/cm<sup>2</sup> la rotura a flexión es de a los 28 días es de 4,25 MPa, con estos resultados podemos ver que su característica mecánica que posee una es muy satisfactoria por eso es parte del diseño, ya que es un material granular triturado con sus aristas vivas que hace posible que tengan una buena adherencia.

Para el cuarto objetivo como es la comparación mecánica del hormigón tradicional con el hormigón de ripio para la resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> - 250 kg/cm<sup>2</sup> - 280 kg/cm<sup>2</sup>, en el cuadro de resumen presentado podemos ver que el ripio su resistencia a la compresión es más alta que la tradicional en las tres resistencia propuesta para el diseño de resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días su variación es de apenas un 1,8 kg/cm<sup>2</sup>, a los 250 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días su variación es de apenas un 2,5 kg/cm<sup>2</sup> y a los de 280 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días su variación es de apenas un 1,9 kg/cm<sup>2</sup>, así mismo su rotura a la deflexión es a los 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días su variación es de apenas un 0,12 MPa, a los 250 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días su variación es de apenas un 0,11 MPa y a los de 280 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días su variación es de apenas un 0,14MPa., cabe indicar que la resistencia a flexión para una estructura de pavimento rígido se la considera de 4,5 MPa, nosotros las vigas la elaboramos con la misma resistencia propuesta para los cilindros a compresión su finalidad también poder determinar la flexión que tendría a esa resistencia, la variación que tiene el hormigón con ripio siendo un poco mayor que el tradicional a pesar de no ser un material triturado y tener sus aristas redondeadas las cuales no hace posible una buena adherencia es por la densidad de su agregado grueso que es muy alto y ayuda a la obtención de una resistencia mayor, pero su adherencia no es la adecuada pero eso se lo puede determinar con el tiempo en cuestión de adherencia

Por último, por todo lo expuesto podemos determinar que sus características son similares, las mezclas de hormigón con ripio cumplen con los parámetros que contempla el marco normativo para el hormigón, su resistencia y dosificación cumple para considerarlo dentro de su elaboración, pero la características que exige la normativa es que el agregado grueso tiene que ser triturado para darle una mejor adherencia por sus aristas fragmentadas ya que posee una mejor fricción entre los agregados, características que no cuenta el ripio porque sus aristas son redondeadas por ese motivo no posee una buena adherencia perjudicando con el tiempo a la mezcla con hormigón.

#### **4.20. Recomendaciones**

Con respecto al primer objetivo específico como es determinar las dosificaciones requeridas para hormigón con ripio con resistencia  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$ , se recomienda realizar ensayos variados al agregado con ripio triturándolo y sin triturar para verificar sus resultados si varían al ser trituración, por ese motivo es necesario contar con un laboratorio de hormigón para realizar el seguimiento del comportamiento de los ensayos, para determinar la mejor dosificación que se requiera para estas gravas de río al ser triturada.

Para el segundo objetivo específico, sobre las características mecánicas del hormigón con ripio para las resistencias  $210 \text{ kg/cm}^2$  -  $250 \text{ kg/cm}^2$  -  $280 \text{ kg/cm}^2$ , es necesario contar con varias resistencia a la compresión, rotura a flexión de los agregados de ripio natural y triturado, para poder determinar el comportamiento de su resistencia en estado fragmentado como indica las especificaciones MTOP en el capítulo 803 agregados para hormigón, se recomienda a nuestra Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil fortalecer el laboratorio de hormigones e incentive a sus estudiantes a realizar temas investigativos fomentado en el área de la construcción.

Para el tercer objetivo, es necesario realizar ensayos con diversos tipos de agregados con densidades variadas, debido a que contamos con fragmentos de rocas muy variados en cuanto a sus densidades en los agregados gruesos, perjudicando con el tiempo la durabilidad de la dosificación propuesta a una determinada resistencia, ya que el desgaste que se recomienda en las normas de las Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Publicas es de un 50% como mínimo de su agregado grueso y debería ser un poco más exigente con esta recomendación, por ese motivo es necesario trabajar con materiales con densidades altas.

Para nuestro cuarto objetivo es necesario elaborar las dosificaciones del hormigón tradicional utilizar esa dosificación con otros materiales para ahí si poder obtener diferencias en su resistencia ya que solo se trabajaría con un solo diseño para diversos tipos de agregados, dando una investigación más espontanea del comportamiento

mecánico de la resistencia de diversos agregados con la misma dosificación. Así también se le recomienda a los estudiantes de la carrera de ingeniería civil que buscan explorar nuevas alternativas en el mundo de la construcción realizar un estudio cauteloso de cada diseño propuesto y que cumpla con las especificaciones del MTOP, Por lo expuesto vemos que es recomendable dar seguimiento a todos los materiales innovadores.

## Bibliografía

- Amay, O. (2018). *universidad laica vicente rocafuerte*. Recuperado el 2021, de universidad laica vicente rocafuerte web site: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2263/1/T-ULVR-2060.pdf>
- Arevalo, F. (2016). *UTILIZACIÓN DE LA GEOMALLA BIAXIAL EN DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA PEDRO CARBO – LA ESTACADA*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Arrieta, E. (21 de enero de 2019). *diferenciador*. Recuperado el 2020, de diferenciador web site: <https://www.diferenciador.com/diferencia-entre-metodo-inductivo-y-deductivo/>
- ASTM. (s.f.).
- Cantera la chola II. (2016). *Cantera La Chola II: Áridos mezopotamico*. Recuperado el 2021, de Cantera La Chola II web site: [http://www.canteralachola.com.ar/catalogos/pdf\\_aridos\\_para\\_movimientos\\_de\\_suelos.pdf](http://www.canteralachola.com.ar/catalogos/pdf_aridos_para_movimientos_de_suelos.pdf)
- Carrera, C., & Changoluisa, S. (18 de marzo de 2019). *universidad politecnica salesiana*. Recuperado el 2020, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17094/1/UPS-ST004042.pdf>
- Castillo, M. H. (2017). *Diseño y Construcción de Máquina Los Ángeles*. Ciudad de Mexico: Catarina UDLAP.
- Castro, J. (22 de junio de 2016). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*. Recuperado el 2020, de UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Web site: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23307/1/Tesis%201019%20-%20Castro%20Aguirre%20Julio%20C%3a9sar.pdf>
- Chacon, J., & Torres, F. (9 de AGOSTO de 2016). *universidad central del ecuador*. Recuperado el 2020, de universidad central del ecuador web site: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6942/1/T-UCE-0011-231.pdf>
- Chinchon, J. (20 de mayo de 2018). *personal de universidad de alicante*. Recuperado el enero de 2021, de personal de universidad de alicante, Web site: <https://personal.ua.es/es/servando-chinchon/documentos/-gestadm/material-docente/19-caracteristicas-de-morteros.pdf>

- Construmática. (13 de Abril de 2020). *Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción*. Obtenido de [https://www.construmatica.com/construpedia/AP\\_019.\\_Consistencia\\_del\\_Hormig%C3%B3n.\\_M%C3%A9todo\\_del\\_Cono\\_de\\_Abrams.\\_Hormig%C3%B3n\\_Fresco](https://www.construmatica.com/construpedia/AP_019._Consistencia_del_Hormig%C3%B3n._M%C3%A9todo_del_Cono_de_Abrams._Hormig%C3%B3n_Fresco)
- Coyasamin, O. V. (2016). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN TRADICIONAL, CON HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA) Y HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBC)*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- decreto ejecutivo 742. (2019). *procuraduria.utpl.edu.ec*. Recuperado el 2021, de [procuraduria.utpl.edu.ec/web site: https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/REGLA\\_MENTO%20GENERAL%20A%20LA%20LEY%20ORGANICA%20DE%20EDUCACION%20SUPERIOR.pdf](https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/REGLA_MENTO%20GENERAL%20A%20LA%20LEY%20ORGANICA%20DE%20EDUCACION%20SUPERIOR.pdf)
- Ecuador, R. d. (2008). *Constitucion Del Ecuador*. Quito: Republica del Ecuador.
- Ecuador, R. d. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021*. Quito: Secretaria Nacional de Desarrollo.
- Equipo PaviConj. (5 de febrero de 2019). *PaviConj-es*. Recuperado el 2021, de PaviConj web site: <https://www.paviconj-es.es/noticias/tipos-de-hormigon/>
- Fausto Robles, D. T. (15 de Abril de 2016). *Sistemas Constructivos 3A*. Obtenido de Tipos de Materiales: <http://sistemasconstructivos3a.blogspot.com/2016/04/ripio-es-el-relleno-de-piedra-pequena.html>
- Fernandez, J. (12 de julio de 2016). *jorgelfdez.wordpress*. Recuperado el JUNIO de 2020, de <https://jorgelfdez.wordpress.com/2016/07/12/el-enfoque-cuantitativo/>
- Gago, M. (16 de noviembre de 2017). *El suelo arcilloso*. Recuperado el abril de 2020, de [ecologiaverde: https://www.ecologiaverde.com/el-suelo-arcilloso-681.html#:~:text=El%20suelo%20arcilloso%20es%20aquel,tama%C3%B1o%20de%20menor%20a%20mayor](https://www.ecologiaverde.com/el-suelo-arcilloso-681.html#:~:text=El%20suelo%20arcilloso%20es%20aquel,tama%C3%B1o%20de%20menor%20a%20mayor).
- Geosintéticos y Coberturas. (21 de julio de 2018). *Qué son los Geosintéticos*. Recuperado el abril de 2020, de <https://geosinteticosmadrid.com/que-son-los-geosinteticos/>

- Geotecnia Facial. (20 de Noviembre de 2017). *Ensayo de penetración estándar SPT (Standard Penetration Test)*. Recuperado el 30 de AGOSTO de 2020, de <https://geotecniafacil.com/ensayo-de-penetracion-estandar-spt/>
- Geotecnia Online. (8 de JUNIO de 2020). *Carta de Plasticidad de Casagrande*. Recuperado el 31 de agosto de 2020, de <https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/carta-de-plasticidad-de-casagrande/>
- Geotecniafacil.com. (4 de Abril de 2018). *Ensayo Proctor Normal y Modificado. Descripción e interpretación*. Recuperado el mayo de 2020, de <https://geotecniafacil.com/ensayo-proctor-normal-y-modificado/>
- Geotecniafacil.com/. (11 de Abril de 2018). *El ensayo CBR de laboratorio: ¿Qué es? y ¿cuál es su procedimiento?* Recuperado el mayo de 2020, de <https://geotecniafacil.com/ensayo-cbr-laboratorio/>
- Grupo el oficial. (28 de febrero de 2019). *el oficial ec*. Recuperado el 2021, de el oficial web site: <https://eloficial.ec/materiales-petres-que-se-usan-en-la-construccion/>
- Guzman, E. (16 de febrero de 2016). *ASPECTOS PRACTICOS SOBRE COMPACTACION DE SUELOS*. Chile: Universidad de Chile.
- Haro, C. E. (2016). *Analizar a flexión un hormigón agregando cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC)*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Hernandez. (2014). *Metodología de la investigación 6ta edición*. MEXICO: MC Graw Hill.
- Hernandez, R., Baptista, P., & Fernandez, C. (2015). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico D.F., Mexico: Mc Graw Hill education. Recuperado el marzo de 2020, de <https://es.slideshare.net/MarianaAndreaDlaPaz/hernandez-fernandez-baptista-i-49915464>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2010). *Metodologia de la Investigación*. Mexico D.F.: Mc Graw-Hill, Interamericana Editores S.A. de C.V.
- INEN. (2015).
- Laboratorio de mecanica de suelo. (1 de Marzo de 2016). *MEDICIÓN DE LA DENSIDAD EN CAMPO*. Recuperado el mayo de 2020, de



<https://mecanicadesuelosulacivil.files.wordpress.com/2016/02/practica-nc2ba-8-densidad-de-campo.pdf>

- L'Alcudia, P. (4 de Febrero de 2017). *TEX DELTA*. Obtenido de *TEX DELTA*:  
<https://texdelta.com/blog/refuerzo-y-estabilizacion-de-suelos-con-geom>
- Landi, H., & Pesantes, C. (2015). *ESTUDIO DE LA UTILIZACIÓN DE GEOTEXTILES COMO FILTRO EN PRESAS DE TIERRA HOMOGENEAS*. Cuenca : UC.  
Recuperado el abril de 2020
- Lara, J., & Giraldo, G. (28 de febrero de 2017). *car.gov.co/*. Recuperado el abril de 2020, de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5aecc931e5ecd.pdf>
- Larrea, D. (2017). *ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD*. San Miguel : LMS.
- León, C., & Rosero, G. (14 de junio de 2016). *universidad central del ecuador*. Recuperado el 2020, de universidad central del ecuador web site:  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7870/1/T-UCE-0011-243.pdf>
- lifeder. (5 de mayo de 2020). *lifede*. Recuperado el mayo de 2020, de <https://www.lifeder.com/tecnicas-de-investigacion/>
- Loor Cevallos, F. F., & Ordoñez Lino, M. A. (2019). *ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN TRADICIONAL VS. HORMIGÓN CON INCLUSIÓN DE CAUCHO RECICLADO*. Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Lopez, G., Legorreta, H., & Rivera, R. (2015). *CAPACIDAD DE CARGA EN SUELOS*. México: UNAM.
- Mariño, C. (8 de junio de 2018). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO*. Recuperado el 2020, de UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO Web site:  
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4777/1/UNACH-EC-ING-CIVIL-2018-0009.pdf>
- Mix, R. (15 de Abril de 2020). *Ready Mix es Cemenos Bio Bio*. Obtenido de Especificar.cl:  
<http://www.especificar.cl/registrocdt/uploads/FICHAS/READYMIX/DESCARGAS/H-tradicional.pdf>
- Murillo, R. (15 de diciembre de 2017). *Aplicaciones de los geotextiles a obras de infraestructuras*. México: IMTA.

- Naranjo, L. (28 de febrero de 2019). *el oficial*. Recuperado el 2020, de el oficial web site: <https://eloficial.ec/materiales-petres-que-se-usan-en-la-construccion/>
- noticias.universia.c.* (4 de septiembre de 2017). Recuperado el mayo de 2020, de <https://noticias.universia.cr/educacion/noticia/2017/09/04/1155475/tipos-investigacion-descriptiva-exploratoria-explicativa.html>
- Ortega, A. (2013). *La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil.
- Peña, D. (mayo de 2015). *universidad tecnica de ambato*. Recuperado el 2020, de universidad tecnica de ambato web site: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11818/1/Tesis%20901%20-%20Pe%3%b1a%20Galv%3%a1n%20Diana%20Isabel.pdf>
- Peña, D. I. (2019). *ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS HORMIGONES: ARENA-RIPIOCEMENTO, GRANZÓN-RIPIO-CEMENTO, PUZOLANA-RIPIO-CEMENTO CON UNA MISMA DOSIFICACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A LA ROTURA POR COMPRESIÓN A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS DE EDAD*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Perez, J., & Merino, M. (28 de febrero de 2020). *definicion de hormigon*. Recuperado el 2020, de definicion de hormigon web site: <https://definicion.de/hormigon/>
- PROCCSA. (1 de AGOSTO de 2015). *DISEÑO DE PAVIMENTOS*. Recuperado el ABRIL de 2020, de <https://www.proccsa.com.mx/disenio-de-pavimentos.html>
- Quijije, M. B. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ENTRE EL HORMIGÓN TRADICIONAL Y EL HORMIGÓN CON PIGMENTOS NATURALES*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Robles, F. (15 de abril de 2016). *sistema constructivo*. Recuperado el 2020, de sistema constructivo web site: <http://sistemasconstructivos3a.blogspot.com/2016/04/ripio-es-el-relleno-de-piedra-pequena.html>
- rocas y minerales. (14 de agosto de 2018). *rocas y minerales*. Recuperado el 2020, de rocas y minerales web site: <https://www.rocasyminerales.net/cemento/>

- Supermix. (27 de julio de 2018). *concretos supermix*. Recuperado el 2021, de concretos supermix web site: <https://www.supermix.com.pe/agregados-para-la-elaboracion-de-concreto/>
- Techfab (India) Industries Limited. (2016). *Poliéster tejido geotextil multifilamento*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Poli%C3%A9ster-tejido-geotextil-multifilamento-400000136050.html>
- tecnicadeinvestigacion.com. (12 de octubre de 2017). *tecnicadeinvestigacion.com*. Recuperado el junio de 2020, de <https://sites.google.com/site/tecninvestigacionsocial/temas-y-contenidos/tema-1-la-investigacion-social/fases-de-la-investigacion-social/analisis-e-interpretacion-de-resultados>
- Técnicas de investigación social. (12 de octubre de 2017). *Análisis e interpretación de resultados*. Recuperado el junio de 2020, de <https://sites.google.com/site/tecninvestigacionsocial/temas-y-contenidos/tema-1-la-investigacion-social/fases-de-la-investigacion-social/analisis-e-interpretacion-de-resultados>
- Torres, J. (2017). *EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. CALMELL DEL SOLAR E INCIDENCIA DEL GEOTEXTIL NO TEJIDO EN SU REHABILITACIÓN COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN – HUANCAYO 2016*. Perú: UPLA.
- Troyano, M. (20 de febrero de 2019). *universidad de malaga*. Recuperado el 2020, de universidad de malaga web site: [https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/17354/Tema%2003\\_02.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/17354/Tema%2003_02.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- universidad laica vicente rocafuerte. (10 de febrero de 2019). *universidad laica vicente rocafuerte*. Recuperado el 2020, de universidad laica vicente rocafuerte web site: [https://www.ulvr.edu.ec/static/uploads/pdf/file\\_1556661631.pdf](https://www.ulvr.edu.ec/static/uploads/pdf/file_1556661631.pdf)
- Valenzuela, Y. (6 de julio de 2017). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*. Recuperado el 2020, de UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO web site: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25828/1/Tesis%201142%20-%20Valenzuela%20Romero%20Yadira%20Guadalupe.pdf>

Web y Empresas. (6 de marzo de 2018). *webyempresas*. Recuperado el junio de 2020, de <https://www.webyempresas.com/metodologia-de-la-investigacion/>

Yaguana, P. (29 de noviembre de 2016). *UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL*. Recuperado el 2020, de UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL web site:  
[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/8022/1/TTUAIC\\_2016\\_IC\\_CD0044.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/8022/1/TTUAIC_2016_IC_CD0044.pdf)

# **ANEXOS 1**

## **FOTOS DE LA ELABORACION DEL DISEÑO DE HORMIGÓN**















# **ANEXOS 2**

## **DOSIFICACION DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**

## CAPITULO 8 DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO

### 8.1 – GENERALIDADES<sup>8.55</sup>

Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse.

Para encontrar las proporciones más apropiadas, será necesario preparar varias mezclas de prueba, las cuales se calcularán con base en las propiedades de los materiales y la aplicación de leyes o principios básicos preestablecidos. Las características de las mezclas de prueba indicarán los ajustes que deben hacerse en la dosificación de acuerdo con reglas empíricas determinadas.

En la etapa del concreto fresco que transcurre desde la mezcla de sus componentes hasta su colocación, las exigencias principales que deben cumplirse para obtener una dosificación apropiada son las de manejabilidad y economía de la mezcla; para el concreto endurecido son las de resistencia y durabilidad. Otras propiedades del concreto como: cambios volumétricos, fluencia, elasticidad, peso unitario, etc., sólo son tenidas en cuenta para dosificar mezclas especiales, en cierto tipo de obras. La dosificación de concretos especiales queda fuera del alcance del presente capítulo.

### 8.2 - DATOS BÁSICOS Y PROCEDIMIENTO DE DOSIFICACION

Los datos básicos para la dosificación son los siguientes:

- Características de los materiales disponibles (partiendo que son de buena calidad), basados en ensayos de laboratorio (normas NTC):

**Cemento:**

*Peso específico ( $G_c$ ).*

*Masa unitaria suelta ( $MUS_c$ ).*

**Agua:**

*Peso específico ( $G_a$ ), se puede asumir  $G_a = 1.00 \text{ Kg/dm}^3$ .*

**Agregados:**

*Análisis granulométrico de los agregados incluyendo el cálculo del módulo de finura (MF) o del tamaño máximo nominal (TMN), según el árido.*

*Densidad aparente seca (G ) y porcentaje de absorción de los agregados (% ABS.).*

*Porcentaje de humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer las mezclas (Wn).*

*Masas unitarias sueltas (MUS ).*

**Aditivos:**

*Densidad (Gad.)*

- Características geométricas y de diseño del elemento o elementos estructurales a construir, y condiciones de colocación de la mezcla, de las cuales se obtiene:

*Consistencia apropiada (Tabla No. 8.1).*

*Chequeo del tamaño máximo nominal.*

- Resistencia de diseño del calculista ( $F'c$  o  $F'rr$ ).

- Grado de control de la obra, expresada en forma de desviación estándar (S) o coeficiente de variación (V).

- Condiciones de exposición de la estructura. De acuerdo con ellas, podrá obtenerse la máxima relación agua/cemento que puede utilizarse en el proporcionamiento de la mezcla. (Tabla No. 8.5.)

**8.2.1 - PASOS A SEGUIR**

Para obtener las proporciones de la mezcla del concreto que cumpla las características deseadas, con los materiales disponibles, se prepara una primera mezcla de prueba, teniendo como base unas proporciones iniciales que se determinan siguiendo el orden que a continuación se indica:

*a.- Selección del asentamiento*

*b.- Chequeo del tamaño máximo nominal*

*c.- Estimación del agua de mezcla*

*d.- Determinación de la resistencia de dosificación*

*e.- Selección de la relación Agua/Cemento*

*f.- Cálculo del contenido de cemento y aditivo.*

*g.- Cálculo de la cantidad de cada agregado*

*h.- Cálculo de proporciones iniciales*

*i.- Primera mezcla de prueba. Ajuste por humedad de los agregados*

Con los resultados de la primera mezcla se procede a ajustar las proporciones para que cumpla con el asentamiento deseado y el grado de manejabilidad requerido, posteriormente se prepara una segunda mezcla de prueba con las proporciones ajustadas; las propiedades de esta segunda mezcla se comparan con las exigidas y si difieren se reajustan nuevamente. Se prepara una tercera mezcla de prueba que debe cumplir con el asentamiento y la resistencia deseada; en caso que no cumpla alguna de las condiciones por errores cometidos o debido a la aleatoriedad misma de los ensayos, se puede continuar haciendo ajustes semejantes a los indicados hasta obtener los resultados esperados.

A continuación se describe la metodología a seguir en cada paso:

#### 8.2.1.1 - Selección del asentamiento.

El asentamiento requerido para el concreto se escogerá de acuerdo con las especificaciones de la obra; en su defecto se tomará de la tabla No. 8.1 que nos sirve de guía.

#### 8.2.1.2 - Chequeo del tamaño máximo nominal.

El tamaño máximo nominal del agregado disponible debe cumplir los requisitos del NSR/98 :

- 1/3 (Espesor de la losa)
- 1/5 (Menor distancia entre lados de formaleta)
- 3/4 (Espacio libre entre varillas de refuerzo)

#### 8.2.1.3 - Estimación del agua de mezcla.

Se supone una cantidad de agua, según la tabla No. 8.2, con el asentamiento escogido y de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado, teniendo en cuenta si es concreto con aire incluido o no. Si se va a emplear aditivo se deben consultar las recomendaciones del fabricante, en especial si es un plastificante o un súper plastificante.

#### 8.2.1.4 - Determinación de la resistencia de dosificación.

El cálculo de la resistencia de dosificación se realiza de acuerdo a lo expresado en el capítulo 6 - Resistencia del concreto, apartes 6.3.1 o 6.5.1.

#### 8.2.1.5 - Selección de la relación agua/cemento (A/C).

La relación agua/cemento (A/C) requerida, se debe determinar no sólo por los requisitos de resistencia, sino también, teniendo en cuenta durabilidad.

Puesto que distinto cemento, agua y agregado producen generalmente resistencias diferentes con la misma A/C, es muy conveniente encontrar la relación entre la resistencia y la A/C para los materiales que se usarán realmente. A falta de esta información, puede emplearse la figura No. 8.1, suponiendo una curva, ya sea la correspondiente a los valores que trata recomendados el código colombiano de construcciones sísmo-resistentes (Decreto 1400), aunque en la NSR/98 ya no están, o las otras curvas realizadas para materiales de la región.

La relación A/C por durabilidad se escogerá de la tabla No. 8.4, según la región y las condiciones de la obra.

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

**8.2.1.6 - Cálculo del contenido de cemento y aditivo.**

$$\text{Cantidad de cemento (Kg/m}^3 \text{ concreto)} = C = A/(A/C) \quad (8.1)$$

Si se va a emplear aditivo, se determina la cantidad así: (teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante, por lo general, la cantidad de aditivo se da como un % del peso del cemento).

$$\text{Cant. Aditivo} = Ad.(\text{Kg/m}^3 \text{ concreto}) = \% \text{escogido} \cdot C \quad (8.2)$$

**8.2.1.7 - Cálculo de la cantidad de cada agregado.**

Vol. absoluto material = Peso mat./Densidad o Peso especif.

Volumen absoluto de los agregados (dm<sup>3</sup>) = V<sub>ag</sub>.

$$V_{ag} = 1000 - \frac{C}{G_c} - \frac{A}{G_a} - \frac{Ad}{G_{ad}} \quad (8.3)$$

$$G \text{ promedio} = \frac{100}{\sum \frac{\%i}{G_i}} \quad (8.4)$$

$$\text{Peso seco agregados. (Kg/m}^3 \text{ concreto)} = P_{ag} = V_{ag} \cdot G_{prom.} \quad (8.5)$$

$$\text{Peso seco agreg. } I \text{ (Kg/m}^3 \text{ concreto)} = P_{ag} \cdot \% \text{ ajuste granulom del agreg. } I \quad (8.6)$$

**8.2.1.8 -Cálculo de proporciones Iniciales.**

El método más utilizado para expresar las proporciones de una mezcla de concreto, es el de Indicartas en forma de relaciones por peso de agua, cemento y agregados, tomando como unidad el cemento.



Para evitar confusiones cuando hay varias clases de agregado fino y agregado grueso, es conveniente colocar las proporciones en orden ascendente de tamaño (primero la arena con módulo de finura menor y por último el agregado grueso de mayor tamaño máximo). Además de lo anterior, se considera conveniente colocar antes de la unidad el valor del peso del agua, o sea la relación agua/cemento.

Si se utiliza aditivo, además de las proporciones, se debe dar la cantidad escogida (% en peso del cemento) y el nombre comercial.

$$A/C : 1 (C) : F_i : G_i$$

$$\text{Proporción agregado } i = \frac{\text{Peso del agregado } i}{C} \quad (8.7)$$

#### 8.2.1.9 - Primera mezcla de prueba. Ajuste por humedad del agregado.

Las proporciones iniciales calculadas deben verificarse por medio de ensayos de asentamiento y resistencia hechos a mezclas de prueba elaboradas ya sea en el laboratorio o en el campo, teniendo en cuenta la humedad de los agregados.

Cuando no se cumple con el asentamiento y/o la resistencia requerida se debe hacer los ajustes a la mezcla de prueba.

#### 8.2.1.10 - Ajustes a la mezcla de prueba.

##### 8.2.1.10.1 - Ajuste por asentamiento.

Al preparar la primera mezcla de prueba deberá utilizarse la cantidad de agua necesaria para producir el asentamiento escogido. Si ésta cantidad de agua por m<sup>3</sup> de concreto difiere de la estimada, es necesario, calcular los contenidos ajustados de agua, cemento y agregados, y las proporciones ajustadas, teniendo en cuenta que si se mantiene constante el volumen absoluto de agua y agregado grueso por unidad de volumen de concreto, el asentamiento no presenta mayor cambio al variar un poco los volúmenes absolutos de cemento y agregado fino.

##### 8.2.1.10.2 - Ajuste por resistencia.

Se prepara una segunda mezcla de prueba con las proporciones ajustadas, que debe cumplir con el asentamiento y se elaboran muestras para el ensayo de resistencia.

Si las resistencias obtenidas difieren de la resistencia de dosificación, se reajustan los contenidos de agua, cemento y agregados, sin perjudicar durabilidad. Las proporciones reajustadas se calculan variando las cantidades de cemento y agregado fino para obtener la nueva relación agua/cemento, pero dejando constante la cantidad de agua y agregado grueso por volumen unitario de concreto, para mantener el asentamiento.

### 8.3 EJEMPLO DE DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO (PARAMETRO DE DISEÑO F'c)

Se desea dosificar una mezcla de concreto para la construcción de un edificio en la ciudad de Popayán. La resistencia a la compresión de diseño del calculista ( $f_c$ ) es de 21Mpa (210 Kg/cm<sup>2</sup>) y la firma constructora ha producido concreto, empleando materiales en condiciones similares, con un coeficiente de variación del 11% para un total de 20 datos. Los materiales disponibles tienen las siguientes características:

#### - Agregado grueso

Densidad aparente seca	(Gg)	= 2.57 Kg/dm <sup>3</sup>
Tamaño máximo	(TM)	= 1"
Tamaño máximo nominal	(TMN)	= 3/4"
Porcentaje de absorción	(%ABSg)	= 1.50%
Masa unitaria suelta	(MUSg)	= 1.52 Kg/dm <sup>3</sup>

#### - Agregado fino

Densidad aparente seca	(Gf)	= 2.51 Kg/dm <sup>3</sup>
Módulo de finura	(Mf)	= 2.07
Porcentaje de absorción	(%ABSf)	= 3.70%
Masa unitaria suelta	(MUSf)	= 1.47 Kg/dm <sup>3</sup>

Del respectivo ajuste granulométrico tratando de reproducir una gradación Ideal ( fullir o weymuoth ) o ajustando a uno de los rangos granulométricos ( según TM ) recomendados por ASOCRETO se obtuvo:

- ag. fino = 45%
- ag. grueso = 55%

#### - Cemento

Peso específico	(Gc)	= 3.01 Kg/dm <sup>3</sup>
Masa unitaria suelta	(MUSc)	= 1.13 Kg/dm <sup>3</sup>

#### - Agua

Peso específico	(Ga)	= 1.0 Kg/dm <sup>3</sup>
Masa unitaria suelta	(MUSa)	= 1.0 Kg/dm <sup>3</sup>

### 8.3.1 - SELECCION DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo con la tabla No. 8.1, para la obra a realizar, asentamiento escogido = 5.0 cm.

CONSI- TENCIA	ASENTA- MIENTO MM.	EJEMPLO DE TIPO DE CONSTRUCCION.	SISTEMA DE COLOCACION	SISTEMA DE COMPACTACION.
MUY SECA	0.0 - 20	prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantalla de cimentación	con vibradores de formaleta, concretos de proyección neumática (lanzados )	secciones sujetas a vibración externa, puede requerirse presión
SECA	20-35	Pavimentos.	Pavimentos con terminadora vibratoria.	secciones sujetas a vibración intensa
SEMISECA	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple, losas poco reforzadas.	colocación con maquinas operadas manualmente	secciones simplemente reforzadas con vibración
MEDIA (PLÁSTICA)	50-100	pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones	colocación manual	secciones simplemente reforzadas con vibración
HUMEDA	100-150	elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo	secciones bastante reforzadas con vibración
MUY HUMEDA	150-200	elementos esbeltos, pilotes fundidos * in situ *	tubo-embudo-tremie	secciones altamente reforzadas con vibración
SUPER FLUIDA	mas de 200	elementos muy esbeltos	Autonivelante, autocompactante.	secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse

Tabla No 8.1 Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción y sistemas de colocación y compactación. <sup>8.3.17</sup>

### 8.3.2 - CHEQUEO DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Recomendaciones de la NSR 98:

1/3 (Espesor de la losa) = --

1/5 (Menor distancia entre lados de formaleta) = ---

3/4 (Espacio libre entre varillas de refuerzo) = --

**8. DOSEIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO**

Lo anterior se chequea con los planos estructurales o con las recomendaciones del calculista.  
Se asume que:

TMN agregado disponible = 3/4" ! Correcto j

**8.3.3 - ESTIMACION DEL AGUA DE LA MEZCLA**

De acuerdo a la tabla No. 8.2 (concreto sin aire incluido), se supone que con 185 Kg de agua por m<sup>3</sup> de concreto se obtiene el asentamiento de 5.0 cm, para TMN =3/4".

$$A = 185 \text{ Kg/m}^3 \text{ de concreto}$$

ASENTAMIENTO (cm.)	CONCRETOS SIN AIRE INCLUIDO						
	TAMAÑOS MAXIMOS NOMINALES (mm.)						
	10	13	19	25	38	60	75
0.0 – 2.5	185	180	165	160	140	135	125
3.0 – 5.0	205	200	185	180	160	155	145
5.5 – 7.5	215	210	190	185	170	165	155
8.0 – 10.0	225	215	200	195	175	170	165
10.5 – 15.0	235	225	205	200	180	175	170
15.5 – 18.0	240	230	210	205	185	180	175
% CONTENIDO DE AIRE	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3

ASENTAMIENTO (cm.)	CONCRETOS CON AIRE INCLUIDO						
	TAMAÑOS MAXIMOS NOMINALES (mm.)						
	10	13	19	26	38	60	75
0.0 – 2.5	175	170	155	150	135	130	120
3.0 – 5.0	180	175	165	160	145	140	135
5.5 – 7.5	190	185	175	170	155	150	145
8.0 – 10.0	200	190	180	175	165	155	150
10.5 – 15.0	210	195	185	180	170	160	155
15.5 – 18.0	215	205	190	185	175	165	160
% CONTENIDO DE AIRE	8.0	7.0	2.0	5.0	4.5	4.0	3.5

Tabla No. 8.2 - Cantidad de agua recomendada, en Kg por m<sup>3</sup> de concreto, para los tamaños máximos nominales indicados y de acuerdo al valor del asentamiento.<sup>8.3.3</sup>

8.3.4 - RESISTENCIA DE DOSIFICACION DE LA MEZCLA ( $f'_{cr}$ )

$n = 20$  datos, entonces Coeficiente = 1.08

$$V \cdot \text{coef.} = 11 \cdot 1.08 = 11.9\%$$

En la figura No. 8.1:

Para  $f_c = 21 \text{ Mpa}$  ( $210 \text{ Kg/cm}^2$ ) y  $(V \cdot \text{coef.}) = 11.9\%$   
tenemos que  $f'_{cr} = 25 \text{ Mpa}$  ( $250 \text{ Kg/cm}^2$ )

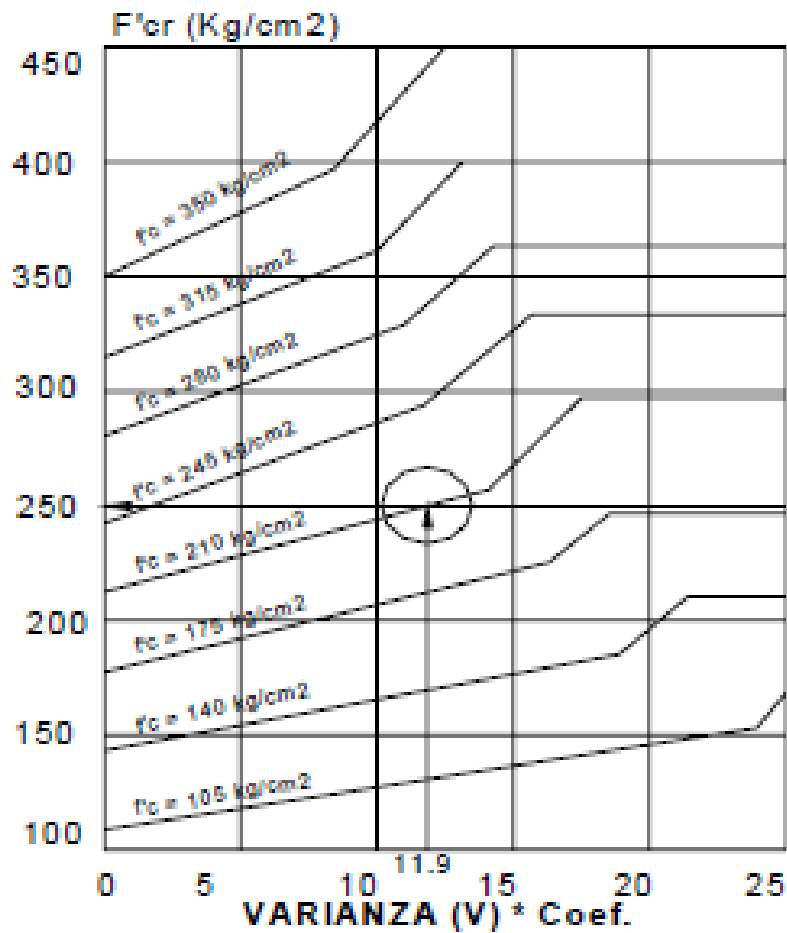


Figura No. 8.1 Resistencia a la Compresión de Dosificación de Concreto Vs. Varianza

### 8.3.5 SELECCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO (A/C)

#### 8.3.5.1 - Por resistencia

En la figura No. 8.2, se supone que el comportamiento de los materiales, es similar, a los valores de Resistencia a la Compresión vs. A/C, recomendados en el código colombiano de construcciones sismorresistentes (D 1400); para un valor de resistencia a la compresión de 250 Kg./cm. se obtiene un valor de relación A/C = 0.50.

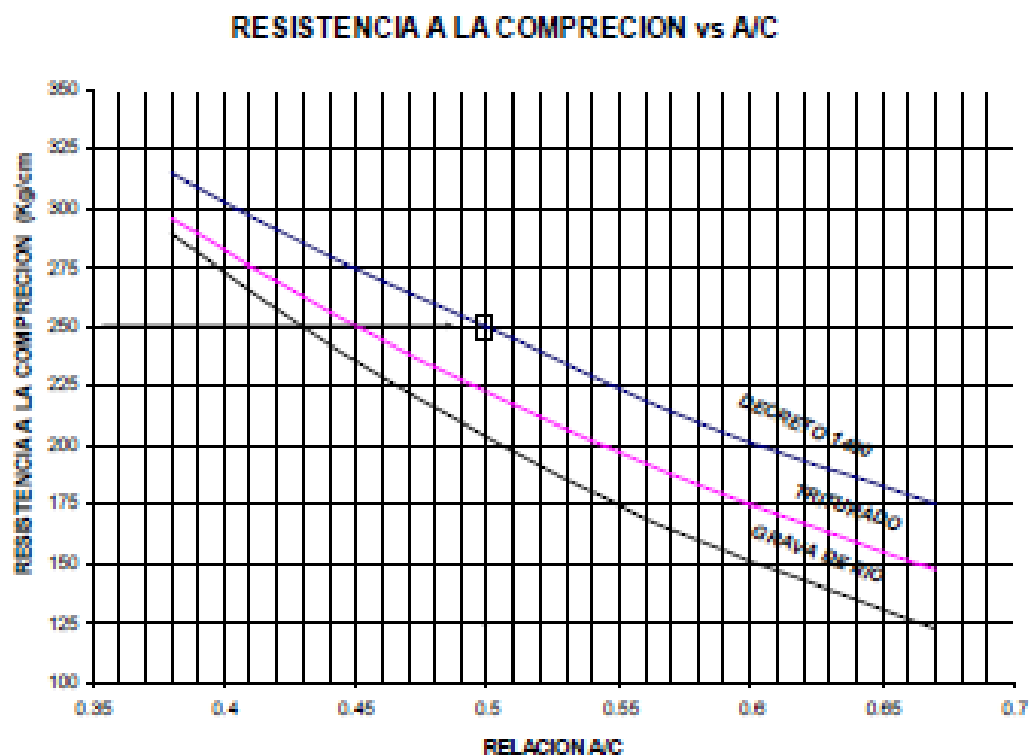


Figura N° 8.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Vs. A/C

#### 8.3.5.2- Por durabilidad

Según la NSR 98 tablas 8.3 y 8.4, la Relación Agua / Cemento, teniendo en cuenta los requisitos de Durabilidad, es para este caso la escogida por resistencia.

A/C por durabilidad = A/C por resistencia = 0.50

El concreto que esté expuesto a las condiciones indicadas en la tabla 8.3 debe cumplir las relaciones a/c máximas y las resistencias mínimas a la compresión indicadas allí.

Condiciones de exposición	Máxima relación a/c	Resistencia mínima a la compresión, f'c, en MPa
Concreto de baja permeabilidad para ser expuesto al agua ( AGUA DULCE )	0.50	24
Concreto expuesto a ciclos de Congelamiento y descongelamiento en una condición húmeda, o a químicos que impidan el congelamiento (AGUA SALINA)	0.45	31
Para la protección contra la corrosión del refuerzo de concreto expuesto a cloruros, sal, agua salina o que puede ser salpicado por agua salina	0.40	35

Tabla 8.3 – Requisitos para condiciones especiales de exposición<sup>1,2,3</sup>

Exposición al sulfato	Sulfatos solubles en agua (SO <sub>4</sub> ) en el suelo porcentaje en peso	Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) en el agua En ppm (partes por millón)	Tipo de cemento	Relación a/c máxima por peso (1)	Resistencia mínima a la compresión f'c en Mpa
Despreciable	0.00 a 0.10	0 a 150	-	-	-
Moderada (2)	0.10 a 0.20	150 a 1500	II (3)	0.50	20
Severa	0.20 a 2.00	150 a 10000	V	0.45	32
Muy severa	Mas de 2.00	Mas de 10000	V con puzolanas (4)	0.45	32

Tabla 8.4 – requisitos para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos

Nota-1 Puede requerirse una relación agua-material cementante menor por requisitos de baja permeabilidad o para protección contra la corrosión.

Nota-2 Agua marina.

Nota-3 Además de los cementos Tipo II se incluyen los MS.

Nota-4 Puzolanas que cuando se utilizan con cementos Tipo V, hayan demostrado que mejoran la resistencia del concreto a los sulfatos bien sea por ensayos o por buen comportamiento en condiciones de servicio.

8.3.6 - CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

$$C = \frac{A}{A/C} = \frac{185}{0.50} = 370 \text{ Kg. /m}^3 \text{ de concreto}$$

8.3.7 - AGREGADOS

$$\text{Vol. abs. agregados} + \text{Vol. abs. agua} + \text{Vol. abs. cemento} = 1000 \text{ dm}^3$$

$$\text{Vol. abs. agregados} = 1000 - \frac{185}{1} - \frac{370}{3.01} = 692.08 \text{ dm}^3$$

$$G \text{ promedio} = \frac{100}{\frac{\%I}{G_I}} = \frac{100}{\frac{45}{2.51} + \frac{55}{2.57}} = 2.54 \text{ Kg/dm}^3$$

Peso de los agregados =  $692.08 \cdot 2.54 = 1757.88 \text{ Kg/m}^3 \text{ de concreto}$   
 Peso del agregado fino =  $1757.88 \cdot 0.45 = 791.05 \text{ Kg/m}^3 \text{ de concreto}$   
 Peso del agregado grueso =  $1757.88 \cdot 0.55 = 966.83 \text{ Kg/m}^3 \text{ de concreto}$

8.3.8 - PROPORCIONES INICIALES EN PESO (PESO SECO DE AGREGADOS)

$$\text{Vol. absoluto material} = \text{Peso mat.} / \text{Densidad o Peso especif.}$$

	AGUA	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO	$\Sigma$
Peso mat. (kg / m <sup>3</sup> octo)	185	370	791.05	966.83	2312.88
Vol. Abs. Materiales (dm <sup>3</sup> / m <sup>3</sup> de concreto)	185	122.92	315.16	376.20	999.28
Prop. en peso seco	0.50	1	2.14	2.61	

Proporciones Iniciales en peso seco

$$0.50 : 1 : 2.14 : 2.61$$



**8.3.9 - PRIMERA MEZCLA DE PRUEBA**

Volumen de concreto a preparar:

$$\begin{array}{r}
 \text{SLUMP} \qquad \qquad \qquad = 1 * 6.6 \text{ dm}^3 \quad = 6.6 \text{ dm}^3 \\
 \text{CILINDROS NORMALIZADOS} \quad = 6 * 6.3 \text{ dm}^3 \quad = 37.8 \text{ dm}^3 \\
 \hline
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad 37.3 \text{ dm}^3 \\
 \hline
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad 41.0 \text{ dm}^3
 \end{array}$$

Volumen de concreto a preparar = 41.0 dm<sup>3</sup>

Cantidad de cemento para la primera mezcla de prueba:

$$Cf = 41.0 * 370 / 1000 = 15.17 \text{ kg}$$

Humedades de los materiales (Antes de preparar la mezcla).

$$\begin{array}{ll}
 \text{Agregado fino (Wmf) = 4.0\%} & \% \text{ abs} = 3.70\% \\
 \text{Agregado grueso (Wmg) = 0.9\%} & \% \text{ abs} = 1.50\%
 \end{array}$$

(1) Material	(2) Prop. Info	(3) Peso seco (Kg.)	(4) Peso húm. (Kg.)	(5) Agua Agr. (Kg.)	(6) Absorción (Kg.)	(7) Agua libre (Kg.)	(8) Aporte (Kg.)
AGUA	0.50	7.59	—	—	—	—	—
CEMENTO	1	15.17	—	—	—	—	—
Ag. FINO	2.14	32.45	33.75	1.30	1.20	+0.10	—
Ag. GRUESO	2.61	39.59	39.95	0.36	0.59	-0.23	-0.13

Peso seco materiales = prop. \* Peso cemento; (3) = (2) \* C-1  
 Peso húm. mat. = peso seco \* (100+ Wm)/100; (4)=(3)\* (100+ Wm)/100  
 Agua en los agr. = peso húm. mat. - peso seco mat.; (5) = (4)-(3)  
 Absorción = peso seco \* %abs./100; (6) = (3) \* %abs./100  
 Agua libre = agua en los agr. - absorción; (7) = (5) - (6)  
 Aporte = ± agua libre; (8) = ± (7)

Agua de mezcla (teórica) = agua calculada - aporte  
 Agua de mezcla (teórica) = 7.69 - (-0.13) = 7.72 Kg  
 Cemento = 15.17 Kg  
 Ag. Fino = 33.75 Kg  
 Ag. grueso = 39.95 Kg

Al preparar la primera mezcla de prueba se observa que para obtener el asentamiento escogido de 5.0 cm hubo necesidad de utilizar 0kg de agua.

Agua = agua de mezcla (real) + aporte  
 Agua = 0.00 + (-0.13) = -0.13kg

8. DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO

$$(A/C) \text{ utilizada} = \frac{\text{agua}}{\text{cimento}} = \frac{7.07}{16.17} = 0.52$$

(A/C) utilizada  $\neq$  (A/C) escogida entonces se debe hacer ajuste por asentamiento.

8.3.10. - AJUSTE POR ASENTAMIENTO

	AGUA	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO	$\Sigma$
Proporcion utilizada	0.52	1	2.14	2.61	
Peso material (Kg.)	0.52 c	c Kg.	2.14 c	2.61 c	
Vol. Abs. (dm <sup>3</sup> )	0.52 c	0.33 c	0.85 c	1.02 c	2.72 c

$$2.72 \text{ c } dm^3 \text{ concreto} = 1000 \text{ dm}^3 \text{ concreto}$$

$$c = \frac{1000}{2.72} = 367.65 \text{ Kg cemento}$$

- Mezcla preparada (por m<sup>3</sup> de concreto)

	AGUA	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO	$\Sigma$
Prop. en peso seco	0.52	1	2.14	2.61	
Peso mat. (Kg / m <sup>3</sup> concreto)	191.18	367.65	786.77	999.57	2305.17
Vol. Abs. (dm <sup>3</sup> / m <sup>3</sup> concreto)	191.18	122.14	313.45	373.37	1000.14

- Ajuste

	AGUA	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO	$\Sigma$
Vol. Abs. (dm <sup>3</sup> / m <sup>3</sup> concreto)	191.18	127.03	308.42	373.37	1000
Peso mat. (Kg / m <sup>3</sup> concreto)	191.18	382.36	774.13	999.56	2307.23
Prop. en peso seco	0.50	1	2.03	2.51	

Proporciones ajustadas en peso por asentamiento:

$$0.50 : 1 : 2.03 : 2.51$$