



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

---

**“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON CENIZA VOLANTE EN PORCENTAJES DE 10%, 20%, Y 30% EN SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO.”**

---

**Presentado por los bachilleres:**

Patiño Madueño, Cristhian Paul

Venegas Alcarraz, Edimar Rouswel

**Para optar el título profesional de  
Ingeniero Civil**

**Asesor:**

Mgt. Ing. Víctor Chacón Sánchez

Cusco – Perú  
2017



## DEDICATORIA

### **A MIS PADRES**

*Fortunata y Grimaldo, por ser mis compañeros fieles, que siempre me apoyaron en las vivencias cotidianas, por buscar siempre la manera de ofrecerme lo mejor, las ayudas que me han brindado han formado bases de gran importancia, ahora soy consciente de eso, gracias por su paciencia y amor, los quiero mucho.*

### **A MIS HERMANOS**

*Gustavo y Frezhia, que aunque la mayoría de veces parece que estuviéramos en una batalla siempre hay momentos en los que la batalla cesa y nos unimos para lograr nuestros objetivos, gracias por formar parte de mi vida y ser mis grandes amigos.*

### **A MI FAMILIA**

*Siempre me he sentido maravillado por la linda familia que tengo, siempre preocupándose por mi, quiero agradecerles por todo y no me alcanzan las palabras para expresar el orgullo que siento de pertenecer a esta hermosa familia.*

### **A MIS AMIGOS**

*Por todo lo vivido, aprendido y gozado a lo largo de todo este tiempo*



## DEDICATORIA

### **A MIS PADRES**

*Marleny Alcarraz y Matias Venegas, compañeros incesantes de vivencias cotidianas, mi gratitud infinita para ellos por su amor y confianza depositada en mi persona para alcanzar mis metas, agradecerles también por inculcarme valores como la perseverancia y el compromiso con el deber, los quiero.*

### **A MIS HERMANOS**

*Diego y María, por ser parte de mí día a día, fieles compañeros y amigos de la vida.*

### **A MI FAMILIA**

*Por la constante motivación y afecto brindada a lo largo de mi vida, a mi abuelita por sus sabios consejos y amor infinito.*

### **A MIS AMIGOS**

*Por todas las vivencias de aprendizaje y experiencias vividas.*



## AGRADECIMIENTO

**A Dios.**

*Por darnos la fuerza necesaria para culminar nuestro trabajo de investigación, por ser un guía espiritual y ser fuente de sabiduría al guiarnos por el camino correcto en la vida.*

**A nuestro asesor de Tesis.**

*Mgt. Ing. Víctor Chacón Sánchez, por su orientación y apoyo constante e incondicional en el desarrollo del presente tema de investigación.*

**A la termoeléctrica ENGIE.S.A.** *Por facilitarnos la obtención e información de la ceniza volante, por brindarnos su apoyo y confianza en nuestra investigación.*

**A nuestros dictaminantes.**

*Ing. Mitsy e Ing Rode Luz por compartir sus conocimientos para el desarrollo y mejora de nuestra investigación.*

**A la UAC.**

*Por nuestra formación académica y brindarnos todas las facilidades para poder utilizar sus instalaciones para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.*



## RESUMEN

El estudio de investigación presentado se enmarca en la Ciudad del Cusco, donde fue orientado el estudio de las propiedades físico – mecánicas de un concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con sustitución parcial del cemento por ceniza volante proveniente de la central termoeléctrica Ilo21 en porcentajes de 10%, 20% y 30 % dichas medidas en porcentajes del peso del cemento. Las principales propiedades investigadas en estado seco fueron: resistencia a compresión y resistencia flexión, realizando también un estudio de costos de producción del concreto a nivel de insumos, la mezcla de concreto se realizó con agregado grueso proveniente de la cantera de Vicho, agregado fino proveniente de la cantera Vicho y Cunyac y cemento Portland tipo IP, los ensayos de resistencia a compresión y flexión fueron realizados a edades de 7,14 y 28 días.

El diseño de mezcla  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  se elaboró de acuerdo al ACI 211, al realizar la mezcla de concreto se verifico los parámetros de consistencia de acuerdo al diseño de mezcla, se realizó un ensayo de tiempo de fraguado al cemento y otro para el cemento con ceniza en sus diferentes porcentajes evaluados en esta investigación, con la mezcla obtenida se elaboró probetas cilíndricas de 10cm x 20cm para ensayos de resistencia a la compresión y viguetas de 15cm x 15cm x 50 cm para ensayos de resistencia a flexión a los tercios de la viga.

De acuerdo a los resultados, la mezcla adicionada con ceniza volante en reemplazo del cemento en porcentajes de 10%, 20% y 30% mejoran las propiedades de resistencia de una mezcla  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  mostrando también una disminución de sus resistencias con respecto al concreto patrón  $f'cr=295\text{kg/cm}^2$ . Cabe mencionar también que el análisis de costos de producción del concreto a nivel de insumos, muestra una reducción proporcional al porcentaje de cemento sustituido para cada caso de mezcla investigada

**Palabras Claves:** Concreto, ceniza volante, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, costos de producción.

**ABSTRACT**

The research study presented is framed in the City of Cusco, where it was oriented to the study of the physical - mechanical properties of a concrete  $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$  with partial replacement of the cement by fly ash from the Ilo21 thermoelectric power station in percentages of 10%, 20% and 30% said measures in percentages of the weight of the cement. The main properties investigated in the dry state were the compressive and flexural strength, and also a study of concrete production costs at the input level, the concrete mixture was made with coarse aggregate from the Vicho quarry, fine aggregate of the Vicho and Cunyac quarry and Portland cement type IP, compression and flexural strength tests were performed at ages of 7.14 and 28 days. The mixing design  $f'c = 210\text{ kg} / \text{cm}^2$  was prepared according to ACI 211, when the concrete mix was carried out, the consistency parameters were checked according to the mixing design, a cement set time test was carried out and another For the cement with ash in its different percentages evaluated in this investigation, with the obtained mixture was developed cylindrical specimens of 10cm x 20cm for tests of resistance to compression and beams of 15cm x 15cm x 50 cm for tests of resistance to flexion to the Thirds of the beam. According to the results, the mixture added with fly ash in replacement of the cement in percentages of 10%, 20% and 30% improves the resistance properties of a mixture  $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$  also showing a decrease of its resistances with respect to the standard concrete  $f'cr = 295\text{ kg} / \text{cm}^2$ . It should also be mentioned that the analysis of production costs of concrete at the level of inputs shows a reduction proportional to the percentage of cement replaced for each case of mixture investigated.

**Keywords:** Concrete, fly ash, compressive strength, flexural strength, production costs.



## INTRODUCCIÓN

### INTRODUCCIÓN

El escaso estudio del concreto con nuevos materiales en reemplazo del cemento y el auge económico de nuestro país que viene siendo reflejado principalmente en nuevas y modernas obras de infraestructuras viales, hidráulicas, energéticas, viviendas, etc. Obras de infraestructura que tienen como principal componente; el concreto, motivándonos así a realizar la presente investigación. Sin embargo estos nuevos materiales no deben representar un problema de contaminación ambiental por lo que buscamos materiales sostenibles para la elaboración del concreto. Esta investigación busca encontrar una alternativa para la fabricación del concreto con mejores y/o iguales resultados que un concreto convencional pero reduciendo el costo de producción a nivel de insumos.

La investigación tiene como propósito elaborar un concreto reemplazando parcialmente el cemento por ceniza volante que serán proporcionados por la planta termoeléctrica Ilo21, el concreto se elaborara en la ciudad del Cusco con agregados provenientes de las canteras de Vicho y Cunyac, que será evaluado a los 7,14 y 28 días respecto a un concreto patrón. Los ensayos destinados para la caracterización de los materiales se realizaran en el laboratorio de tecnología del concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina Del Cusco, contando íntegramente con el apoyo y el asesoramiento de nuestros docentes.

En los antecedentes investigados los resultados son favorables cuando se emplea ceniza volante en porcentajes menores al 35 % obteniéndose también mejores resultados a compresión a edades tardías mayores a 28 días, la adición de ceniza brinda también mayor resistencia a sulfatos y reducción de permeabilidad. En esta investigación se utilizará el diseño de mezcla ACI 211 con la finalidad de caracterizar la ceniza volante como un material cementante desde el punto de vista técnico, económico y ambientalmente sostenible. Las principales propiedades mecánicas investigadas son: Resistencia a compresión utilizando la normativa NTP 334.104 y Resistencia a flexión utilizando la normativa NTP 339.078. Esta investigación será viable porque se cuenta con los recursos financieros y de tiempo, también se cuenta con la accesibilidad a los laboratorios de la universidad y la normativa vigente antes mencionada.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA..... I

AGRADECIMIENTO..... III

RESUMEN..... IV

ABSTRACT ..... V

INTRODUCCIÓN..... VI

CAPÍTULO I..... 1

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 1

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA..... 1

1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA..... 1

1.1.2 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA..... 2

1.1.2.1 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA GENERAL. .... 2

1.1.2.2 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS ..... 2

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... 2

1.2.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA ..... 3

1.2.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL..... 3

1.2.3 JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD..... 3

1.2.4 JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA..... 4

1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN ..... 4

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 6

1.4.1 OBJETIVO GENERAL ..... 6

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 6

1.5 HIPÓTESIS..... 7

1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL..... 7





1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS ..... 7

1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES. .... 8

1.6.1 VARIABLES INDEPENDIENTES. .... 8

1.6.1.1. INDICADORES DE VARIABLES INDEPENDIENTES..... 8

1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES. .... 8

1.6.2.1 INDICADORES DE VARIABLES DEPENDIENTES ..... 9

2. MARCO TEÓRICO DE LA TESIS. .... 10

2.1 ANTECEDENTES DE LA TESIS O INVESTIGACIÓN ACTUAL..... 10

2.1.1 REFERENCIA N°01 A NIVEL NACIONAL:..... 10

2.1.2 REFERENCIA N°02 A NIVEL NACIONAL:..... 10

2.1.3 REFERENCIA N° 03 A NIVEL INTERNACIONAL: ..... 11

2.1.4 REFERENCIA N° 03 A NIVEL INTERNACIONAL: ..... 12

2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES ..... 13

2.2.1 CONCRETO..... 13

2.2.1.1. DEFINICIÓN DE CONCRETO..... 13

2.2.1.2. TIPOS DE CONCRETO ..... 14

2.2.1.2.1. CONCRETO ..... 14

2.2.1.2.2. CONCRETO ESTRUCTURAL..... 14

2.2.1.2.3. CONCRETO ARMADO O REFORZADO ..... 14

2.2.1.2.4. CONCRETO SIMPLE ..... 14

2.2.1.2.5. CONCRETO ESTRUCTURAL LIVIANO ..... 14

2.2.1.2.6. CONCRETO PESO NORMAL..... 15

2.2.1.2.7. CONCRETO CICLÓPEO ..... 15

2.2.1.2.8. CONCRETO CASCOTE ..... 15

2.2.1.2.9. CONCRETO PREMEZCLADO ..... 15

2.2.1.2.10. CONCRETO PRE-ESFORZADO ..... 15

2.2.1.3. COMPONENTES DEL CONCRETO ..... 15

2.2.1.3.1. CEMENTO..... 16

2.2.1.3.1.1 CEMENTO PORTLAND TIPO IP (CEMENTO USADO EN LA  
INVESTIGACIÓN) ..... 16

2.2.1.3.1.2 FABRICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND..... 17

2.2.1.3.1.2.1 PREPARACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS ..... 17

2.2.1.3.1.2.2 FORMACIÓN DEL CLINKER..... 17

2.2.1.3.1.2.3 DEL CLINKER AL CEMENTO ..... 18



2.2.1.3.1.3 MECANISMOS DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO ..... 19

2.2.1.3.1.3.1 ESTADO FRESCO ..... 19

2.2.1.3.1.3.2 ESTADO FRAGUADO ..... 19

2.2.1.3.1.3.3 ESTADO ENDURECIDO ..... 19

2.2.1.3.2 AGREGADOS ..... 20

2.2.1.3.2.1 DEFINICIÓN ..... 20

2.2.1.3.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS ..... 20

2.2.1.3.2.2.1 CLASIFICACIÓN POR SU ORIGEN ..... 20

2.2.1.3.2.2.2 CLASIFICACIÓN POR SU TAMAÑO ..... 20

2.2.1.3.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS ..... 21

2.2.1.3.2.3.1 GRANULOMETRÍA ..... 21

2.2.1.3.2.3.1.1 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO ..... 23

2.2.1.3.2.3.1.2 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO ..... 24

2.2.1.3.2.3.2 MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO ..... 24

2.2.1.3.2.3.3 TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO ..... 25

2.2.1.3.2.3.4 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO ..... 25

2.2.1.3.2.3.5 PESO ESPECÍFICO ..... 25

2.2.1.3.2.3.6 PESO UNITARIO ..... 25

2.2.1.3.2.3.7 PORCENTAJE DE VACÍOS ..... 26

2.2.1.3.2.3.8 ABSORCIÓN ..... 26

2.2.1.3.2.3.9 PESO ESPECÍFICO DE MASA (PEM) ..... 26

2.2.1.3.2.3.10 PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (SSS) ..... 27

2.2.1.3.2.3.11 PESO ESPECÍFICO APARENTE (PEA) ..... 27

2.2.1.3.2.3.12 POROSIDAD ..... 28

2.2.1.3.2.3.13 CONTENIDO DE HUMEDAD ..... 28

2.2.1.3.2.4 CARACTERÍSTICAS RESISTENTES ..... 29

2.2.1.3.2.4.1 RESISTENCIA ..... 29

2.2.1.3.2.4.2 TENACIDAD ..... 29

2.2.1.3.2.4.3 DUREZA ..... 29

2.2.1.3.2.5 AGREGADO GRUESO ..... 29

2.2.1.3.2.5.1 DATOS A CONSIDERAR DEL AGREGADO GRUESO ..... 29

2.2.1.3.2.6 AGREGADO FINO ..... 30

2.2.1.3.2.6.1 REQUISITOS DE USO ..... 30



2.2.1.3.2.7 FUNCIONES DEL AGREGADO EN EL CONCRETO ..... 31

2.2.1.4. AGUA ..... 32

2.2.1.5 CURADO CON AGUA..... 32

2.2.1.6 ADITIVOS ..... 32

2.2.1.6.1 ADITIVOS NATURALES..... 33

2.2.1.6.2 ADITIVOS ARTIFICIALES..... 33

2.2.1.7 PROPIEDADES DEL CONCRETO ..... 33

2.2.1.7.1 TRABAJABILIDAD ..... 34

2.2.1.7.2 DURABILIDAD ..... 34

2.2.1.7.3 IMPERMEABILIDAD ..... 34

2.2.1.7.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ..... 34

2.2.1.7.5 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034 2015) ... 35

2.2.1.7.6 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ..... 36

2.2.1.7.6.1 MODULO DE RUPTURA..... 36

2.2.1.7.6.2 ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN..... 37

2.2.1.7.6.3 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (NTP 300.078) ..... 37

2.2.1.7.6.4 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA EN EL CENTRO DEL TRAMO (NTP 300.079) ..... 38

2.2.2 DISEÑO DE MEZCLA..... 39

2.2.2.1 SECUENCIA DE DISEÑO ..... 39

2.2.3 CENIZA VOLANTE – NORMA EUROPEA UNE-EN 450-1, 2013..... 43

2.2.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS..... 44

2.2.3.1.1 SUPERFICIE ESPECIFICA..... 45

2.2.3.1.2 DEMANDA DE AGUA ..... 45

2.2.3.1.3 ESTABILIDAD DE VOLUMEN ..... 45

2.2.3.1.4 DENSIDAD DE LAS CENIZAS VOLANTES..... 46

2.2.3.2 ACTIVIDAD PUZOLÁNICA ..... 46

2.2.3.3 TIPOS DE CENIZA VOLANTE SEGÚN LA NORMA ASTM C 618..... 46

2.2.3.4 PRODUCCIÓN DE CENIZAS VOLANTES..... 47

2.2.3.5 USOS DE LA CENIZA VOLANTE..... 48



3. METODOLOGÍA..... 50

3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. .... 50

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN..... 50

3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN ..... 50

3.1.2.1 DESCRIPTIVO..... 50

3.1.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN..... 50

3.1.3.1 HIPOTÉTICO - DEDUCTIVO. .... 50

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN. .... 51

3.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL..... 51

3.2.2 PASOS A SEGUIR EN LA INVESTIGACIÓN - DISEÑO DE INGENIERÍA. .... 52

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA..... 53

3.3.1 POBLACIÓN..... 53

3.3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN. .... 53

3.3.1.1.1. LOS AGREGADOS ..... 53

3.3.1.1.2. AGUA ..... 53

3.3.1.1.3. CEMENTO ..... 53

3.3.1.1.4. CENIZA VOLANTE..... 54

3.3.1.2 CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN..... 54

3.3.2 MUESTRA. .... 56

3.3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA..... 56

3.3.2.2 CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA. .... 56

3.3.2.3 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA MUESTRA..... 57

3.3.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN. .... 57

3.4. INSTRUMENTOS..... 59

3.4.1. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS O INSTRUMENTOS DE  
RECOLECCIÓN DE DATOS ..... 59

3.4.1.1. HOJA DE CÁLCULO PARA GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS ..... 59

3.4.1.2 HOJA DE CÁLCULO PARA PORCENTAJE DE HUMEDAD ..... 61

3.4.1.3 HOJA DE CÁLCULO PARA PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS.... 63

3.4.1.4 HOJA DE CÁLCULO PARA PESO UNITARIO LOS AGREGADOS ..... 64

3.4.1.5 HOJA DE CÁLCULO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ..... 65

3.4.1.6 HOJA DE CÁLCULO PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ..... 66



3.4.1.7. DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT. .... 67

3.4.1.8 MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO CON EL CONO DE ABRAMS ..... 68

3.4.2. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA ..... 69

3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... 73

3.5.1. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA CENIZA VOLANTE..... 73

3.5.2. MUESTREO DEL LOS AGREGADOS ..... 73

3.5.2.1 MUESTREO DEL AGREGADO FINO ..... 74

3.5.2.1.1 EQUIPOS Y MATERIALES ..... 74

3.5.2.1.2 PROCEDIMIENTO..... 74

3.5.3. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO..... 76

3.5.3.1. EQUIPOS Y MATERIALES ..... 76

3.5.3.2. PROCEDIMIENTO..... 76

3.5.3.3. TOMA DE DATOS..... 77

3.5.3.3.1 ARENA FINA DE CUNYAC ..... 77

3.5.3.3.2 ARENA GRUESA DE VICHO ..... 78

3.5.3.3.3 AGREGADO FINO DE VICHO 70% Y CUNYAC 30% ..... 78

3.5.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ..... 79

3.5.4.1. EQUIPOS Y MATERIALES ..... 79

3.5.4.2. PROCEDIMIENTO..... 79

3.5.4.3. TOMA DE DATOS: ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO 81

3.5.5. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO..... 82

3.5.5.1. EQUIPOS Y MATERIALES ..... 82

3.5.5.2. PROCEDIMIENTO..... 82

3.5.5.3. TOMA DE DATOS CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO 83

3.5.6. MUESTREO DEL AGREGADO GRUESO ..... 83

3.5.6.1. EQUIPOS Y MATERIALES ..... 83

3.5.6.2. PROCEDIMIENTO..... 83

3.5.7. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO..... 85

3.5.7.1. EQUIPOS Y MATERIALES ..... 85

3.5.7.2. PROCEDIMIENTO..... 85

3.5.7.3. TOMA DE DATOS – GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO.... 86

3.5.8. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ..... 86



3.5.8.1. EQUIPOS Y MATERIALES ..... 86

3.5.8.2. PROCEDIMIENTO..... 87

3.5.8.2.1 PESO UNITARIO COMPACTADO..... 87

3.5.8.2.2 PESO UNITARIO SUELTO ..... 87

5.8.3. TOMA DE DATO- PESO UNITARIO ..... 88

3.5.9. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ..... 89

3.5.9.1 EQUIPOS Y MATERIALES ..... 89

3.5.9.2 PROCEDIMIENTO:..... 89

3.5.9.3 TOMA DE DATOS PESO ESPECIFICO- AGREGADO GRUESO..... 91

3.5.10. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO ..... 91

3.5.10.1. EQUIPOS Y MATERIALES..... 91

3.5.10.2. PROCEDIMIENTO ..... 91

3.5.10.3 TOMA DE DATOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ..... 92

3.5.11 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA, VERIFICACIÓN DEL REVENIMIENTO Y  
MOLDEADO DE PROBETAS DEL CONCRETO FRESCO. .... 92

3.5.11.1 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA ..... 92

3.5.11.2 PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO ..... 93

3.5.11.3 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DEL REVENIMIENTO–SLUMP DEL  
CONCRETO. .... 95

3.5.11.5 MOLDEADO DE PROBETAS-TESTIGOS:..... 97

3.5.11.6 CURADO DE PROBETAS-TESTIGOS DE CONCRETO. .... 99

3.5.11.6.1 EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA. .... 99

3.5.11.6.2 PROCEDIMIENTO..... 99

3.5.11.7 ELABORACIÓN DE VIGAS DE CONCRETO .....100

3.5.11.7.1 PROCEDIMIENTO.....100

3.5.11.8 ENSAYO, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL Y  
CORROBORACIÓN DE DIMENSIONES DE PROBETAS- TESTIGOS.....101

3.5.11.8.3. TOMA DE DATOS.....102

3.5.11.9 ENSAYO DE FLEXIÓN .....107

3.5.11.9.1. PROCEDIMIENTO .....107

3.5.11.9.2. TOMA DE DATOS.....108

3.6 PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....110

3.6.1. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.....110



3.6.1.1. ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE VICHO.....111

3.6.1.2 ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC.....113

3.6.1.3 ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC 30% Y VICHO 70 % .....115

3.6.4 ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO.....117

3.6.5 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PARA LOS AGREGADOS.....120

3.6.5.1 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PARA EL AGREGADO FINO.  
.....120

3.6.5.2 PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO .....122

3.6.6 ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA EL AGREGADO FINO.....123

3.6.7 ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PARA EL AGREGADO GRUESO. ....127

3.6.8 ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO PARA LOS AGREGADOS. ....130

3.6.8.1 ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO.....130

3.6.8.2 ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO. ....132

3.6.9 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE MEZCLAS PARA EL CONCRETO F'c: 210Kg/cm2.....133

3.6.9.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO .....133

3.6.9.2 CALCULO DE RESISTENCIA DE DISEÑO .....134

3.6.9.3 PASOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS F'c: 210 Kg/cm2 ACI - 211. ....135

3.6.9.4 DOSIFICACIÓN PARA UNA BRIQUETA CIRCULAR DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm2 – PATRÓN.....140

3.6.9.5 DOSIFICACIÓN PARA UNA VIGUETA DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm2 – PATRÓN.....141

3.6.9.6 DOSIFICACIÓN REEMPLAZANDO EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN 10%, 20%, 30%.....142

3.6.9.6.1 DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm2 – SUSTITUYENDO UN 10% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE.....142

3.6.9.6.2 DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm2 – SUSTITUYENDO UN 20% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE.....144



3.6.9.6.3 DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F'c: 210 KG/CM2 – SUSTITUYENDO UN 30% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE.....146

3.6.10. ANÁLISIS DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO .....148

3.6.11 ANÁLISIS DEL TIEMPO DE FRAGUADO.....151

3.6.11 ANÁLISIS, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO...153

PARA EL ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN LAS PROBETAS, SE CONSIDERÓ LOS PARÁMETROS DE (N.T.P. 339.034, 2013). .....153

3.6.11 ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO .....156

3.6.12 COSTO DE INSUMOS PARA LA PRODUCCIÓN POR M3 DE CONCRETO 159

CAPÍTULO IV .....161

4 RESULTADOS .....161

4.1. RESULTADOS DEL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO F'c: 210KG/CM2. ....161

4.2 RESULTADOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT. ....162

4.3 RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO. ....162

4.3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c: 210 KG/CM2 - PATRÓN.....162

4.3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c: 210 KG/CM<sup>2</sup> – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 10%.....163

4.3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c: 210 KG/CM<sup>2</sup> – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 20%.....164

4.3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c: 210 KG/CM<sup>2</sup> – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 30%.....165

4.4 PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA F'c=210 KG/CM2 Y F'c´R=273 KG/CM2 .....166

4.5. RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM<sup>2</sup> CON REEMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN DIFERENTES PORCENTAJES .....169





4.5.1. RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO  $f'c$  210 KG/CM<sup>2</sup> - PATRÓN ..169

4.5.2. RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO  $f'c$  210 KG/CM<sup>2</sup> -CON  
REEMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 10%. .....170

4.5.3. RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO  $f'c$  210 KG/CM<sup>2</sup> -CON  
REEMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 20%. .....171

4.5.4. RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO  $f'c$  210 KG/CM<sup>2</sup> -CON  
REEMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 30%. .....172

4.6. RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO  $f'c$  210 KG/CM<sup>2</sup> - RESPECTO  
AL DISEÑO DE MEZCLA  $f'c=210$  KG/CM<sup>2</sup> Y  $f'c'R=273$  KG/CM<sup>2</sup>.....173

4.7 COSTO DE INSUMOS .....176

CAPÍTULO V .....178

5. DISCUSIÓN.....178

GLOSARIO .....182

CONCLUSIONES .....186

REFERENCIAS .....190

ANEXOS.....193



**ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1: MEZCLA DE CONCRETO ..... 14

FIGURA 2: GRANULOMETRIA, JUEGO DE TAMICES..... 22

FIGURA 3: GRANULOMETRÍA DE LA ARENA. .... 23

FIGURA 4: MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO PARA ENSAYOS DE  
COMPRESIÓN ESTÁNDAR..... 35

FIGURA 5: CARGAS DE RESISTENCIA A LA FLEXION ..... 37

FIGURA 6: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA  
FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON  
CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO. .... 37

FIGURA 7 COMPARACIÓN ASPECTUAL ENTRE A CENIZA VOLANTE  
(IZQUIERDA) FRENTE AL CEMENTO (DERECHA)..... 44

FIGURA 8: DISEÑO DE INGENIERIA..... 52

FIGURA 9: ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESO ..... 59

FIGURA 10: ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS ..... 60

FIGURA 11: CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO..... 61

FIGURA 12: CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO..... 62

FIGURA 13: PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO ..... 63

FIGURA 14: PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO ..... 64

FIGURA 15: RESISTENCIA A LA COMPRESION- TOMA DE DATOS ..... 65

FIGURA 16: RESISTENCIA A LA FLEXION – TOMA DE DATOS..... 66

FIGURA 17 ..... 68

FIGURA 18: RECEPCION DE LA CENIZA VOLANTE EN LA CIUDAD DEL CUSCO  
- 150 KG ..... 73

FIGURA 19: MUESTREO DEL AGRAGADO FINO..... 75

FIGURA 20: MUESTREO DEL AGRAGADO FINO- CUARTEO ..... 75

FIGURA 21: PESADO DE MUESTRA FINAL..... 75

FIGURA 22: PESADO DEL PESO INCIAL DEL AGREGADO FINO..... 76

FIGURA 23: JUEGO DE TAMICES PARA EL AGREGADO FINO..... 76

FIGURA 24: MATERIAL RETENIDO TRAS EL TAMIZADO ..... 77

FIGURA 25 : SECADO DEL MATERIAL HAST TENER UN PESO CONSTANTE . 80

FIGURA 26: PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO ..... 80

FIGURA 27: PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO ..... 80



FIGURA 28: PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO ..... 81

FIGURA 29: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO..... 82

FIGURA 30: MUESTREO DEL AGREGADO GRUESO ..... 84

FIGURA 31: MUESTREO DEL AGREGADO GRUESO ..... 84

FIGURA 32: GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO - VICHO ..... 85

FIGURA 33: GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO - VICHO ..... 86

FIGURA 34: PESO UNITARIO COMPACTADO ..... 87

FIGURA 35: PESO UNITARIO SUELTO..... 88

FIGURA 36: PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO ..... 90

FIGURA 37: SECADO DE MUESTRA DE AGREGADO GRUESO- PARA HALLAR  
SU PESO ESPECIFICO ..... 90

FIGURA 38: INTRODUCCION DE LOS AGREGADOS Y CEMENTO A LA  
MEZCLADORA Y SE EMPIEZA CON EL MEZCLADO ..... 94

FIGURA 39: PREPARACION DEL CONCRETO..... 94

FIGURA 40: PREPARACION DEL CONCRETO CON CENIZA VOLANTE EN  
DIFERENTES PORCENTAJES..... 94

FIGURA 41: ENSAYO DE CONODE ABRAMS ..... 96

FIGURA 42: ENSAYO DE CONODE ABRAMS ..... 96

FIGURA 43: MOLDEADO DE PROBETAS-TESTIGOS ..... 98

FIGURA 44: MOLDEADO DE PROBETAS-TESTIGOS..... 98

FIGURA 45: MOLDEADO DE PROBETAS-TESTIGOS ..... 98

FIGURA 46: MOLDEADO DE PROBETAS-TESTIGOS..... 98

FIGURA 47: CURADO DE PROBETAS ..... 99

FIGURA 48: CURADO DE PROBETAS ..... 99

FIGURA 49: CURADO DE PROBETAS ..... 99

FIGURA 50: ELABORACIÓN DE VIGAS DE CONCRETO .....100

FIGURA 51: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....102

FIGURA 52: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....102

FIGURA 53: ENSAYO DE FLEXIÓN .....107

FIGURA 54: ENSAYO DE FLEXIÓN .....107

FIGURA 55: ENSAYO DE FLEXIÓN .....107

FIGURA 56: CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA- VICHO.....112

FIGURA 57: CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA- CUNYAC .....114



FIGURA 58: CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA – VICHO 70% Y CUNYAC 30% .....116

FIGURA 59: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO 117

FIGURA 60: CURVA DE DESTRIBUCION GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GRUESO .....119

FIGURA 61: CONTENIDO DE HUMEDAD CUNYAC.....121

FIGURA 62: CONTENIDO DE HUMEDAD - VICHO .....121

FIGURA 63: CONTENIDO DE HUMEDAD - VICHO .....123

FIGURA 64: PESO ESPECIFICO DE MASA- CUNYAC .....125

FIGURA 65: PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO CON SUPERFICIE SECA Y APARENTE - CUNYAC.....125

FIGURA 66: ABSORCION CUNYAC.....125

FIGURA 67: PESOS ESPECIFICO DE MASA - VICHO.....126

FIGURA 68: PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO CON SUPERFICIE SECA Y APARENTE- VICHO.....126

FIGURA 69: ABSORCION - VICHO .....126

FIGURA 70: PESO ESPECIFICO DE MASA- VICHO .....128

FIGURA 71: PESO ESPECIFICO DE MASA - VICHO .....129

FIGURA 72: ABSORCION - VICHO .....129

FIGURA 73: PESO UNITARIO – AGREGADO FINO CUNYAC .....131

FIGURA 74: PESO UNITARIO – AGREGADO FINO VICHO.....131

FIGURA 75: PESO UNITARIO – AGREGADO GRUESO VICHO.....132

FIGURA 76: DOSIFICACION PARA UN CONCRETO PATRON .....141

FIGURA 77: DOSIFICACION PARA UN CONCRETO PATRON .....142

FIGURA 78: DOSIFICACION DEL CONCRETO CON 10% CV EN BRIQUETAS ..143

FIGURA 79 DOSIFICACION DEL CONCRETO CON 10% CV EN VIGUETAS .....144

FIGURA 80: DOSIFICACION DEL CONCRETO CON 20% CV EN BRIQUETAS ..145

FIGURA 81: DOSIFICACION DEL CONCRETO CON 20% CV EN VIGUETAS .....145

FIGURA 82: DOSIFICACION DEL CONCRETO CON 30% CV EN BRIQUETAS ..147

FIGURA 83: DOSIFICACION DEL CONCRETO CON 30% CV EN VIGUETAS .....147

FIGURA 84: ASENTAMIENTO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE CONO DE ABRAMS.....149

FIGURA 85: ASENTAMIENTO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE CONO DE ABRAMS- TANDA 1 .....149



FIGURA 86: ASENTAMIENTO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE CONO DE  
ABRAMS- TANDA 2 .....150

FIGURA 87: ASENTAMIENTO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE CONO DE  
ABRAMS- TANDA 3 .....150

FIGURA 88: TIEMPO DE FRAGUADO, METODO VICAT CEMENTO 100%.....151

FIGURA 89: TIEMPO DE FRAGUADO, METODO VICAT CEMENTO 90% Y CV  
10%.....152

FIGURA 90: TIEMPO DE FRAGUADO, METODO VICAT CEMENTO 80% Y CV  
20%.....152

FIGURA 91: TIEMPO DE FRAGUADO, METODO VICAT CEMENTO 70% Y CV  
30%.....152

FIGURA 92: PROMEDIO DE ASENTAMIENDOS PARA LAS DIFERENTES  
MEZCLAS.....161

FIGURA 93: RESISTENCIA CONCRETO F'C 210 KG/CM2 - PATRON.....163

FIGURA 94: RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C: 210  
KG/CM2 – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTEN  
EN UN 10%. .....164

FIGURA 95: RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C: 210  
KG/CM2 – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTEN  
EN UN 20%. .....165

FIGURA 96: RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C: 210  
KG/CM2 – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTEN  
EN UN 30%. .....166

FIGURA 97: PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO  
RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA F'C=210 KG/CM2 .....168

FIGURA 98: PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO  
RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA F'C´R=273 KG/CM2.....168

FIGURA 99: DESARROLLO DELA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL  
CONCRETO A LOS 7, 14, 28 DIAS.....169

FIGURA 100: RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -  
PATRON.....170

FIGURA 101: RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON  
REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTEN EN UN 10%. ...171



FIGURA 102: RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON  
REEMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTEN EN UN 20%....172

FIGURA 103: RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON  
REEMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTEN EN UN 30%....173

FIGURA 104: RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -  
RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA F'C=210 KG/CM<sup>2</sup>.....175

FIGURA 105: RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -  
RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA F'C'R=273 KG/CM<sup>2</sup>.....175

FIGURA 106: DESARROLLO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LOS 7, 14,  
28 DIAS. ....176



## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES .....	9
TABLA 2: TIPOS DE CEMENTO SIN ADICIÓN .....	16
TABLA 3: CEMENTO PORTLAND 1P.....	17
TABLA 4: TAMICES ESTÁNDAR ASTM.....	22
TABLA 5: REQUISITOS GRANULOMÉTRICAS DE AGREGADO FINO SEGÚN NTP 400.037. ....	23
TABLA 6: REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DE AGREGADO GRUESO SEGÚN LA NTP 400.037 .....	24
TABLA 7: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO CON DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	39
TABLA 8: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO.....	40
TABLA 9: CANTIDADES APROXIMADAS DE AGUA DE AMASADO PARA DIFERENTE SLUMP, TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO Y CONTENIDO DE AIRE. ....	42
TABLA 10 : RELACIÓN AGUA-CEMENTO VS F'C.....	42
TABLA 11: ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA DIVERSAS OBRAS. ....	43
TABLA 12: VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO COMPACTADO EN SECO PARA DIVERSOS MÓDULOS DE FINEZA DE LA ARENA.....	43
TABLA 13: PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE CENIZAS VOLANTES POR PAÍSES; FUENTE: MANZ (1997).....	48
TABLA 14: CUANTIFICACION DE LA POBLACION - BRIQUETAS.....	54
TABLA 15: CUANTIFICACION DE LA POBLACION - VIGUETAS .....	55
TABLA 16: CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA, COMPRESIÓN Y FLEXIÓN. ....	56
TABLA 17: TOMA DE DATOS DE LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO DE CUNYAC .....	77
TABLA 18: TOMA DE DATOS DE LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO DE VICHO .....	78
TABLA 19: TOMA DE DATOS DE LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO VICHO 70% Y CUNYAC 30% .....	78
TABLA 20: TOMA DE DATOS DEL PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO DE VICHO .....	81
TABLA 21: TOMA DE DATOS DEL PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO DE CUNYAC .....	81
TABLA 22: TOMA DE DATOS CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO DE CUNYAC .....	83
TABLA 23: TOMA DE DATOS – GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO DE VICHO.....	86
TABLA 24:TOMA DE DATOS DEL PESO UNITARIO.....	88
TABLA 25: TOMA DE DATOS PESO ESPECIFICO- AGREGADO GRUESO.....	91
TABLA 26: TOMA DE DATOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD .....	92
TABLA 27: REVENIMIENTO–SLUMP DEL CONCRETO. ....	96
TABLA 28: CONCRETO PATRÓN – 7 DÍAS.....	103
TABLA 29: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS .....	103
TABLA 30: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS .....	103



TABLA 31: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS .....104

TABLA 32: CONCRETO PATRÓN – 14 DÍAS.....104

TABLA 33: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS .....104

TABLA 34: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS .....105

TABLA 35: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS .....105

TABLA 36: CONCRETO PATRON – 28 DIAS.....105

TABLA 37: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS .....106

TABLA 38: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS .....106

TABLA 39: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS .....106

TABLA 40: CONCRETO PATRON 7 DIAS.....108

TABLA 41: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS .....108

TABLA 42: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS .....108

TABLA 43: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS .....108

TABLA 44: CONCRETO PATRÓN – 14 DÍAS.....109

TABLA 45: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS .....109

TABLA 46: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS .....109

TABLA 47: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS .....109

TABLA 48: CONCRETO PATRON – 28 DIAS.....110

TABLA 49: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE-28 DÍAS .....110

TABLA 50: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE-28 DÍAS .....110

TABLA 51: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE-28 DÍAS .....110

TABLA 52: LIMITES GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO .....111

TABLA 53: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE VICHO.....111

TABLA 54: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC.....113

TABLA 55: ANALISIS DE GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC 30% Y VICHO 70 %.....115

TABLA 56: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO.118

TABLA 57: ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PARA LOS AGREGADOS - CUNYAC .....120

TABLA 58 : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PARA LOS AGREGADOS-VICHO .....121

TABLA 59: PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO .....122





TABLA 60: ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA EL GREGADO FINO- CUNYAC .....124

TABLA 61: ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA EL GREGADO FINO- VICHO .....124

TABLA 62: ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PARA EL AGREGADO GRUESO. ....128

TABLA 63: ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO - CUNYAC 130

TABLA 64: ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO - VICHO....131

TABLA 65: ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO. ....132

TABLA 66: CARACTERISTICAS DE MATERIALES A UTILIZAR PARA EL DISEÑO DE MEZCLA .....134

TABLA 67: CARACTERISTICAS DEL CEMNTO PORLANAD PUZOLANICO YURA TIPO IP.....134

TABLA 68: CALCULO DE RESISTENCIA DE DISEÑO .....135

TABLA 69: SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO .....135

TABLA 70: SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA Y SELECCIÓN DEL AIRE ATRAPADO.....136

TABLA 71: SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA Y SELECCIÓN DEL AIRE ATRAPADO.....136

TABLA 72: RELACIÓN AGUA / CEMENTO (A/C).....136

TABLA 73: RELACIÓN ENTRE PESO UNITARIO SECO CON Y SIN COM PACTAR DEL AGREGADO GRUESO, POR UNIDAD DE VOLUM EN DEL CONCRETO. ....137

TABLA 74: MÉTODO DEL VOLUMEN ABSOLUTO.....138

TABLA 75: DOSIFICACIÓN FINAL POR 01M3 DE CONCRETO .....140

TABLA 76: DOSIFICACIÓN PARA UNA BRIQUETA CIRCULAR DE CONCRETO .....140

TABLA 77: DOSIFICACIÓN PARA UNA VIGUETA DE CONCRETO PATRÓN ..141

TABLA 78: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F’C: 210 KG/CM2 – SUSTITUYENDO UN 10% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTEEN BRIQUETAS. ....142

TABLA 79: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F’C: 210 KG/CM2 – SUSTITUYENDO UN 10% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN VIGUETAS .....143

TABLA 80: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F’C: 210 KG/CM2 – SUSTITUYENDO UN 20% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN BRIQUETAS.....144

TABLA 81: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F’C: 210 KG/CM2 – SUSTITUYENDO UN 20% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN VIGUETAS .....145

TABLA 82: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F’C: 210 KG/CM2 – SUSTITUYENDO UN 30% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN BRIQUETAS.....146

TABLA 83: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F’C: 210 KG/CM2 – SUSTITUYENDO UN 30% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN VIGUETAS .....146

TABLA 84: ANÁLISIS DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO – TANDA 1.....148

TABLA 85: ANÁLISIS DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO- TANDA 2 .....148

TABLA 86: ANÁLISIS DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO- TANDA 3 .....148

TABLA 87: ANÁLISIS DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO- TANDA 4 .....149

TABLA 88: ANALISIS DEL TIEMPO DE FRAGUADO, METODO DE LA AGUJA DE VICAT.....151

TABLA 89: CONCRETO PATRÓN - 7 DÍAS .....153

TABLA 90: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS .....153



TABLA 91: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS .....153

TABLA 92: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS .....154

TABLA 93: CONCRETO PATRÓN – 14 DIAS.....154

TABLA 94: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DIAS .....154

TABLA 95: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DIAS .....154

TABLA 96: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS .....155

TABLA 97: CONCRETO PATRÓN - 28 DÍAS .....155

TABLA 98: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS .....155

TABLA 99: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS .....155

TABLA 100: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS .....156

TABLA 101: CONCRETO PATRÓN – 7 DÍAS.....156

TABLA 102: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DIAS .....156

TABLA 103: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DIAS .....156

TABLA 104: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DIAS .....157

TABLA 105: CONCRETO PATRON - 14 DIAS .....157

TABLA 106: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DIAS .....157

TABLA 107: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DIAS .....157

TABLA 108: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS .....158

TABLA 109: CONCRETO PATRON - 28 DIAS .....158

TABLA 110: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS .....158

TABLA 111: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS .....158

TABLA 112: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS .....158

TABLA 113: COSTO DE MATERIAL POR M3 DEL CONCRETO PATRÓN.....159

TABLA 114: COSTO DE MATERIAL POR M3 DEL CONCRETO SUSTITUIDO CON 10% DE CENIZA VOLANTE .....159

TABLA 115: COSTO DE MATERIAL POR M3 DEL CONCRETO SUSTITUIDO CON 20% DE CENIZA VOLANTE .....159

TABLA 116: COSTO DE MATERIAL POR M3 DEL CONCRETO SUSTITUIDO CON 30% DE CENIZA VOLANTE .....160

TABLA 117: PROMEDIO DE ASENTAMIENTOS PARA LAS DIFERENTES MEZCLAS .....161

TABLA 118: RESULTADOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT .....162



TABLA 119: RESISTENCIA CONCRETO F'C 210 KG/CM2 - PATRÓN.....162

TABLA 120: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C: 210  
KG/CM2 – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN  
UN 10%.....163

TABLA 121: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C: 210  
KG/CM2 – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN  
UN 20%.....164

TABLA 122: RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C: 210  
KG/CM2 – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTEN EN  
UN 30%.....165

TABLA 123: PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA F'C=210 KG/CM2 Y F'C´R=273 KG/CM2  
.....166

TABLA 124: PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA F'C=210 KG/CM2 Y F'C´R=273 KG/CM2  
.....167

TABLA 125: PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA F'C=210 KG/CM2 Y F'C´R=273 KG/CM2  
.....167

TABLA 126: CUADRO RESUMEN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN....169

TABLA 127: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -  
PATRÓN .....169

TABLA 128: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON  
REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 10%.....170

TABLA 129: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON  
REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTEN EN UN 20%.....171

TABLA 130: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON  
REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 30%.....172

TABLA 131: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -  
RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA F'C=210 KG/CM2 Y F'C´R=273  
KG/CM2.....173

TABLA 132: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -  
RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA F'C=210 KG/CM2 Y F'C´R=273  
KG/CM2.....174

TABLA 133: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -  
RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA F'C=210 KG/CM2 Y F'C´R=273  
KG/CM2.....174

TABLA 134: COSTOS DE INSUMOS.....176

TABLA 135: COSTO DE INSUMOS POR M3 DE CONCRETO.....177

TABLA 136: PORCENTAJES DE COSTO EN RELACIÓN AL PRECIO DEL  
CONCRETO PATRÓN .....177



## CAPITULO I

### 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

##### 1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Durante años la industria cementera ha ido incrementando su producción debido a la gran demanda del cemento para sus diferentes usos y aplicaciones en la construcción civil. Actualmente en el Perú y en el Cusco no existen estudios sobre el reemplazo del cemento por ceniza volante proveniente de centrales termoeléctricas, a pesar de que las cenizas volantes son un material puzolanico son desechados en botaderos y por ende un agente contaminante para nuestro medio ambiente pudiendo ser aprovechados en obras de infraestructura con grandes volúmenes de concreto a usarse como lo vienen y vinieron haciendo otros países más desarrollados.

La eliminación de las cenizas volantes, se ha convertido en un problema medioambiental importante para muchos países y entre ellos el nuestro, que utilizan carbón en centrales termoeléctricas para producir energía eléctrica. El volumen de ceniza volante que se desecha aumenta según incrementa la demanda energética. Paralelamente, la demanda de cemento aumenta de forma exponencial en prácticamente todo el país y su producción está ligada a la generación de gases de efecto invernadero y muchas veces no tomando en cuenta el concepto de desarrollo sostenible.

A pesar de que la combinación de cemento y cenizas volantes es conocida desde hace muchas décadas, la reutilización de las cenizas no es completa y la producción de cemento continúa en aumento.

Por lo anteriormente descrito, se plantea la necesidad de adicionar ceniza volante en reemplazo del cemento en porcentajes de 10%,20 y 30%, de tal forma de hallar el porcentaje en el cual no altere la resistencia del concreto para cual fue diseñado, de la misma forma disminuir los costos de su producción.

### 1.1.2 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA.

#### 1.1.2.1 FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA GENERAL.

¿Cuál es el efecto en las propiedades físico - mecánicas que causa la ceniza volante en sustitución parcial del cemento en porcentajes de 10 %,20% y 30 % con agregados provenientes de la regiones Cusco y Moquegua para un diseño de mezcla 210kg/cm<sup>2</sup>?

#### 1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos

- **Problema específico 1:**

¿Determinar las características de los agregados a usar y si cumplen con lo especificado en los parámetros de la norma técnica peruana?

- **Problema específico 2:**

¿Cómo varía la consistencia del concreto al ser adicionado parcialmente con ceniza volante con agregados provenientes de las canteras de la región?

- **Problema específico 3:**

¿Cuál será la resistencia a compresión de un concreto adicionando con ceniza volante en sustitución parcial del cemento en porcentajes de 10 %,20% y 30 %, respecto a un concreto patrón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ?

- **Problema específico 4:**

¿Cuál será la resistencia a flexión de un concreto adicionando con ceniza volante en sustitución parcial del cemento en porcentajes de 10 %,20% y 30 %, respecto a un concreto patrón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ?

- **Problema específico 5:**

¿Cómo varía el tiempo de fraguado del cemento con ceniza volante en sus diferentes porcentajes investigados?

- **Problema específico 6:**

¿Cómo varía el costo de producción de insumos por m<sup>3</sup> de concreto con adición de ceniza volante en reemplazo del cemento?

### 1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrolla en el contexto de la Ingeniería Civil, en la especialidad de tecnología y resistencia de los materiales, aspirando consolidar los conocimientos previamente adquiridos por parte de los tesisistas. Donde se contrastaran los datos de la Norma Técnica Peruana, que aspira validar y comparar los resultados obtenidos por los ensayos realizados por los tesisistas en laboratorio.



### **1.2.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

La presente investigación está orientada a la rama de construcciones de infraestructuras que se realiza con finalidad de dar a conocer una nueva opción para la fabricación del concreto, asimismo determinar el efecto que tiene la ceniza volante en remplazo del cemento en porcentajes de 10%, 20%, 30% en los ensayos a compresión y flexión los cuales esperamos que muestren resultados óptimos.

De acuerdo a nuestros antecedentes estudiados recomendamos que el uso de las cenizas volantes en reemplazo del cemento en cantidades menores al 35 % resulte beneficioso para mantener y mejorar sus propiedades en estado endurecido.

### **1.2.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

Con la investigación realizada se pretende beneficiar en primer plano a los estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Andina del Cusco, a los docentes Ingenieros de la escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UAC brindándoles información necesaria sobre concretos con ceniza volante en sustitución parcial del cemento. Este tipo de investigación en la actualidad es un tema innovador ya que en nuestra realidad se menciona el tema de desarrollo sostenible. En la medida que esta investigación se socialice los beneficiarios podrían ser; aquellas empresas ligadas al mundo de la construcción, gobiernos regionales, municipales, locales y todo aquel que quiera hacer uso de dicha información.

### **1.2.3 JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD**

La investigación que se realizara es viable al 100 % puesto que los investigadores contamos con la disponibilidad de tiempo para realizar los trabajos pertinentes de inicio a fin de la investigación. Contamos también con los recursos financieros, humanos, laboratorios, normativa vigente. La ciudad de Ilo cuenta con una planta termoeléctrica la cual fomenta desperdicios de ceniza volante diariamente y en grandes cantidades, asimismo ya se hicieron las coordinaciones respectivas con la empresa que está totalmente dispuesta a apoyarnos en nuestra investigación. Los ensayos a realizar son ligeramente sencillos, pero peligrosos para la salud, pero utilizando los equipos de protección personal y equipos de seguridad se lograra realizar con total normalidad nuestra investigación, los instrumentos y equipos necesarios serán proporcionados por la Universidad Andina Del Cusco, donde se utilizó las herramientas y equipos básicos para la realización de los diferentes ensayos, sin necesidad de recurrir a algún otro laboratorio.



#### 1.2.4 JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA

Esta investigación se justifica por relevancia ya que a través del reemplazo de ceniza volante por el cemento se pretende mejorar y/o mantener las propiedades físico-mecánicas del concreto y al mismo tiempo reducir su costo de producción y promover un desarrollo sostenible para las regiones de Moquegua y Cusco creando así una conciencia ambientalista en las personas que se dedican al rubro de la construcción.

Es relevante también mencionar que el concreto con ceniza volante es un material resistente al intemperismo y su posible implementación podría ser beneficiosa para combatir las condiciones climáticas de nuestra ciudad del Cusco.

#### 1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente tesis tiene las siguientes limitaciones

1. Se limitan a las regiones de Moquegua y Cusco.
2. Se limita al uso del Cemento Portland Puzolánico tipo IP (Yura)
3. Se limita al uso de Ceniza Volante proveniente de la central térmica Ilo 21 ubicado en el departamento de Moquegua.
4. Se limita a la realización de sustitución del cemento por ceniza volante en porcentajes de 10%, 20%, 30% su reemplazo será en función del peso.
5. Se limita con un Tamaño Máximo Nominal (TMN), para el Agregado Grueso de 3/4".
6. Se limita el uso del revenimiento de 1" a 2", que son los asentamientos recomendados para un concreto ciclópeo.
7. Se limita al uso de Granulometría y propiedades del Agregado Grueso de la cantera de Vicho.
8. Se limita al uso de granulometría del Agregado Fino proveniente de las canteras de Vicho (70%) y Cunyac (30%) según requisito de la (N.T.P. 400.037, 2014).
9. Se limita al uso de agua de red pública - potable.
10. Se limita al uso del método ACI 211, del Manual de la Construcción de la agenda Técnica del (I.C.G., 2016) para el diseño de mezcla.
11. Se limita al uso del diseño de mezclas a consideraciones de que el concreto a diseñar, no estará expuesto a agentes degradantes (no tendrá aire



- incorporado), ni contendrá aditivos y no consideraremos condiciones especiales de exposición o Diseño por durabilidad.
12. Se limita a la utilización de propiedades estadísticas (factor de seguridad) o desviación estándar para el diseño de mezclas.
  13. Se limita solo al uso del método de Volúmenes absolutos para el diseño de mezclas según el ACI 211.
  14. Se limita al uso de la aplicación de la Norma Técnica Peruana para la realización de los diferentes ensayos a los agregados, ensayos exclusivos para la obtención de valores que son necesarios para el diseño de mezclas.
  15. Se limita a la elaboración y evaluación de Probetas-Testigos cilíndricos de concreto,  $F'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup> al ser sustituido el cemento por ceniza volante en diferentes porcentajes en función de su peso, de dimensiones 10cm de diámetro y 20 cm de altura.
  16. Se limita al curado de Probetas-Testigos cilíndricos y viguetas de concreto, por inmersión total en agua, sin considerar los factores de temperatura y/o Ambiente.
  17. Se limita a la aplicación de la (N.T.P. 339.034, 2013) para la determinación del esfuerzo a la compresión de Probetas-Testigos cilíndricas de concreto.
  18. Se limita a la evaluación de Probeta-Testigo, en el ensayo de la resistencia a la compresión, a los 7, 14 y 28 días.
  19. Se limita a la aplicación de la (N.T.P. 339.078, 2013) para la determinación del esfuerzo a la flexión en vigas simplemente apoyadas con carga a los tercios del tramo.
  20. Se limita a la evaluación de vigas, en el ensayo de la resistencia a la flexión, a los 7, 14 y 28 días.
  21. Se limita a la aplicación de la (N.T.P. 334.006, 2013) para la determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de vicat.
  22. Se limita a la evaluación del tiempo de fraguado de ceniza volante en sustitución del cemento en porcentajes de 10%,20% y 30% en función del peso, en comparación con el tiempo de fraguado del cemento.
  23. el análisis de costos es a nivel de insumos.





## 1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto en las propiedades físico - mecánicas que causa la ceniza volante en sustitución parcial del cemento en porcentajes de 10 %,20% y 30 % con agregados provenientes de la regiones Cusco y Moquegua para un diseño de mezcla 210kg/cm<sup>2</sup>.

### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **Objetivo específico N°1**

Evaluar las características de los agregados a usar, si cumple con lo especificado en los parámetros de la norma técnica peruana.

- **Objetivo específico N°2**

Evaluar la consistencia del concreto al ser adicionado parcialmente con ceniza volante con agregados provenientes de las canteras de la región.

- **Objetivo específico N°3**

Determinar la resistencia a compresión de un concreto adicionando con ceniza volante en sustitución parcial del cemento en porcentajes de 10 %,20% y 30 %, respecto a un concreto patrón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  a los 7,14 y 28 días

- **Objetivo específico N°4**

Determinar la resistencia a flexión de un concreto adicionando con ceniza volante en sustitución parcial del cemento en porcentajes de 10 %,20% y 30 %, respecto a un concreto patrón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  a los 7,14 y 28 días.

- **Objetivo específico N°5**

Determinar el tiempo de fraguado del cemento con ceniza volante en sus diferentes porcentajes investigados.

- **Objetivo específico N°6**

Determinar el costo de producción de insumos por m<sup>3</sup> de concreto con la adición de ceniza volante en reemplazo del cemento



## 1.5 HIPÓTESIS.

### 1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL.

La adición de ceniza volante en sustitución parcial del cemento en porcentajes de 10%, 20% Y 30 % elaborados con agregados provenientes de las canteras de las regiones de Cusco y Moquegua para un diseño de mezcla  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  mantendrá sus propiedades físico - mecánicas.

### 1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- **Hipótesis específica N°1**

Las características de los agregados usados cumplen con lo especificado en los parámetros de la norma.

- **Hipótesis específica N°2**

La consistencia del concreto adicionado con ceniza volante se mantendrá dentro de los parámetros utilizados para el diseño de mezcla.

- **Hipótesis específica N°3**

El concreto con adición de ceniza volante en reemplazo parcial del cemento, mantiene la resistencia a compresión  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  para el cual fue diseñado.

- **Hipótesis específica N°4**

El concreto con adición de ceniza volante en reemplazo parcial del cemento, mantiene la resistencia a flexión recomendada en la norma para un diseño de mezcla  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  para el cual fue diseñado.

- **Hipótesis específica N°5**

El tiempo de fraguado del cemento con ceniza volante en sus diferentes porcentajes investigados mostrara un incremento respecto al tiempo de fraguado del cemento.

- **Hipótesis específica N°6**

Los costos de insumos en la producción del concreto con ceniza volante en reemplazo del cemento tienden a ser menor.



## 1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES.

### 1.6.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.

- **Variable independiente X1:**

X1: Concreto con ceniza volante

Descripción: Ceniza volante es un material producto de la combustión de carbón en centrales termoeléctricas, tiene un buen comportamiento con el concreto y su costo de obtención es accesible. Se reemplaza en lugar del cemento para mejorar y/o mantener las propiedades del concreto a un bajo costo.

#### 1.6.1.1. INDICADORES DE VARIABLES INDEPENDIENTES

- Análisis Granulométrico (gr).
- Peso Específico (gr/cm<sup>3</sup>).
- Absorción. (gr/cm<sup>3</sup>).
- Contenido de Humedad (%).
- Peso Unitario. (Kg/cm<sup>2</sup>).
- Módulo de fineza

### 1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES.

- **Variable dependiente Y1:**

Y1: Propiedades físicas

- Descripción: Son aquellas propiedades que logran cambiar al concreto sin alterar su composición.
- Indicadores: Valor del Slump (pulg).  
Tiempo de fraguado (min).

- **Variable dependiente Y2:**

Y2: Propiedades mecánicas

- Descripción: Son aquellas propiedades que están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre el concreto con ceniza volante.
- Indicadores: Valor de la resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup>.

Valor de la resistencia a flexión en kg/cm<sup>2</sup>.

- **Variable dependiente Y3:**

Y3: Costo de producción

Descripción: Es el precio de insumos del concreto con ceniza volante por metro cubico.

**1.6.2.1 INDICADORES DE VARIABLES DEPENDIENTES**

- Y1: Pulgada, Minutos
- Y2: Valor de la resistencia a la compresión kg-f/cm<sup>2</sup>, valor de la resistencia a la flexión kg-f/cm<sup>2</sup>.
- Y3: Nuevos soles.
- Tabla 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TIPO DE VARIABLE	DENOMINACION DE LA VARIABLE	DEFINICION DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	UND.	INSTRUMENTO
<b>INDEPENDIENTE</b>	CONCRETO CON CENIZA VOLANTE EN REEMPLAZO AL CEMENTO AL 10%, 20% Y 30%.	Concreto con ceniza volante proveniente de la central termoeléctrica de Ilo 21. Se reemplaza en lugar del cemento para mejorar y/o mantener las propiedades del concreto a un bajo costo.	Agregado Grueso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Análisis Granulométrico.</li> <li>✓ Peso Específico.</li> <li>✓ Absorción.</li> <li>✓ Contenido de Humedad.</li> <li>✓ Peso Unitario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ g.</li> <li>✓ g/cm<sup>3</sup></li> <li>✓ %</li> <li>✓ g/cm<sup>3</sup></li> <li>✓ %</li> <li>✓ kg/cm<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Guías de observación.</li> <li>✓ Formatos de evaluación de la resistencia a compresión.</li> <li>✓ Protocolo de verificación de ensayos.</li> <li>✓ Registros fotográficos y de video.</li> </ul>
			Agregado Fino	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Módulo de fineza</li> <li>✓ Análisis Granulométrico.</li> <li>✓ Peso Específico.</li> <li>✓ Absorción.</li> <li>✓ Contenido de Humedad.</li> <li>✓ Peso Unitario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Adim.</li> <li>✓ g.</li> <li>✓ g/cm<sup>3</sup></li> <li>✓ %</li> <li>✓ g/cm<sup>3</sup></li> <li>✓ %</li> <li>✓ kg/cm<sup>3</sup></li> </ul>	
			Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cantidad de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lts</li> </ul>	
			Cemento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cantidad y tipo de cemento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ IP</li> <li>✓ Kg</li> </ul>	
			Ceniza volante	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Porcentaje de ceniza volante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ %</li> </ul>	
<b>DEPENDIENTE</b>	PROPIEDADES MECANICAS	Son aquellas propiedades que están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre el concreto con ceniza volante	7 días de edad	Resistencia a la compresión (Fuerza , Area) Resistencia a la flexión (Fuerza , Area)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Kg-f/cm<sup>2</sup></li> <li>✓ Kg-f/cm<sup>2</sup></li> </ul>	
			14 días de edad			
			28 días de edad			
	PROPIEDADES FISICAS	Son aquellas propiedades que logran cambiar al concreto sin alterar su composición.	Consistencia Seco, plástico, fluido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Slump del concreto.</li> <li>✓ Tiempo de fraguado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pulg.</li> <li>✓ Min.</li> </ul>	
COSTO DEL CONCRETO	Es el precio de insumos del concreto con ceniza volante por metro cubico.	Nivel de producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costo por m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ S/.</li> </ul>		

Fuente: Propia

## CAPÍTULO II

## 2. MARCO TEÓRICO DE LA TESIS.

## 2.1 ANTECEDENTES DE LA TESIS O INVESTIGACIÓN ACTUAL

## 2.1.1 REFERENCIA N°01 A NIVEL NACIONAL:

**Título:** Tesis, “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, SULFATOS Y PERMEABILIDAD DE DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETOS CON INCLUSIÓN DE CENIZA VOLANTE Y AGREGADOS DE LA CIUDAD DE CUSCO”.

**Por:** Lizbeth, BACA HUILLCA; Franck Edgard, TITTO LOVON  
(Universidad Andina del Cusco).

**Fecha:** Cusco - Perú, Noviembre del 2014

- **CONCLUSIÓN:** Esta investigación realizó un análisis comparativo de la resistencia a la compresión, sulfatos y permeabilidad de briquetas de concreto con un diseño  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , donde se reemplazaron porcentajes de ceniza volante en 5%, 7.5%, 10% del volumen total de cemento, para la evaluación se utilizó agregado grueso procedente de la cantera de vicho y el agregado fino de la cantera de Cunyac y Huambutio, las cuales están ubicadas cerca de la ciudad de Cusco.

Se llegó a determinar el uso de la ceniza volante entre 5% y 10% del volumen total de cemento, para lograr buenos resultados, aumentando la resistencia a los sulfatos y reduciendo la permeabilidad así como también manteniendo su resistencia a la compresión .

- **COMENTARIO:** Al realizar la sustitución del cemento por ceniza volante se pudo apreciar que el porcentaje óptimo es de 7.5%, con este porcentaje el concreto mejoró sus propiedades, aumentó la resistencia a los sulfatos y bajó su permeabilidad a comparación de un concreto patrón.

## 2.1.2 REFERENCIA N°02 A NIVEL NACIONAL:

**Título:** Tesis, “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SU USO COMO SUBRASANTE MEJORADA Y/O SUB BASE DE PAVIMENTOS”.

**Por:** ING. ROCÍO DEL CARMEN PÉREZ COLLANTES, (Universidad NACIONAL DE INGENIERIA).



**Fecha:** LIMA - Perú, 2012

- **CONCLUSIÓN:** Esta investigación, estudia el efecto que produce la adición de cenizas volantes de carbón en un suelo arcilloso, con el fin de evaluar en sus obras de pavimentación.

La ceniza volante es un residuo que proviene de la planta termoeléctrica ubicada en Ilo, Moquegua. La disposición de éste, genera un problema ambiental.

- Se realizaron ensayos de laboratorio para caracterizar la ceniza volante, las mezclas suelo-ceniza volante y suelo – ceniza volante – cemento para evaluar su comportamiento geotécnico.
- Se comprueba que la mezcla de ceniza volante con el suelo arcilloso en estudio, como también la adición de cemento, presenta un mejor comportamiento que el suelo puro para su empleo como capa de sub-base y sub-rasante mejorada de pavimentos. Se examinó factores como; tiempo de curado, tiempo de compactación, contenido de agua y otros factores que influyen en el comportamiento de la mezcla final.

**COMENTARIO:** La investigación concluye que existe viabilidad técnica y económica para la construcción de pavimentos empleando cenizas volantes de carbón como material estabilizador de suelos.

### 2.1.3 REFERENCIA N° 03 A NIVEL INTERNACIONAL:

**Título:** Tesis, “INFLUENCIA DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND EN LA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN”.

**Por:** Omar I. Molina Bas; Universidad Politécnica de Madrid

**Fecha:** 2008

**País:** España

#### **CONCLUSIÓN:**

Este trabajo estudia la influencia de las cenizas volantes y las propiedades del cemento en el comportamiento mecánico y durable del concreto. Se ha estudiado el uso de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento en distintas



condiciones. Para este fin se prepararon probetas de concreto a las que se les examinaron las propiedades mecánicas y las características físico-químicas.

Los ensayos de las propiedades mecánicas comprobaron las resistencias a compresión y tracción y el módulo de elasticidad en compresión.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que la incorporación de cenizas como sustituto parcial del cemento Portland varía el comportamiento del concreto en función de las características físicas y químicas de los cementos empleados, a pesar de que éstos estén catalogados bajo la misma designación de cementos comunes. Las cenizas volantes, empleadas adecuadamente, constituyen una adición activa que puede mejorar las propiedades durables y mecánicas de los concretos en la mayoría de los casos. Sin embargo, el empleo de la ceniza volante, sin estudiar los efectos de la misma en el cemento que reemplaza, puede ocasionar comportamientos inesperados y adversos en el concreto.

#### **COMENTARIO:**

La ceniza volante mejora los resultados de resistencia a compresión de los concretos en todos los casos, a partir de los 28 días. La resistencia a compresión está influenciada por la dosis de ceniza volante empleada.

Aunque no es fácil de establecer una tendencia clara del efecto de las cenizas y el cemento sobre la resistencia mecánica en el hormigón, se puede concluir que los concretos se comportaron mejor al utilizar dosis moderadas de cenizas  $\leq 35\%$ .

#### **2.1.4 REFERENCIA N° 03 A NIVEL INTERNACIONAL:**

**Título:** Tesis, "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO A EDADES TARDÍAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO CON ADICIÓN DE CENIZAS VOLANTES DE TERMOPAIPA".

**Por:** Álvaro, CIFUENTES PACHON; Carlos, IVAN FERRER Jaramillo;  
Universidad Industrial de Santander de Colombia

**Fecha:** 2006

**País:** Colombia

#### **CONCLUSIÓN:**

El estudio reveló que la adición de cenizas volantes mejora las propiedades mecánicas del concreto (compresión, tensión, flexión) aumentando el porcentaje de



ganancia de resistencia, a edades superiores a los 28 días. Igualmente se comprobó que la adición confiere al concreto propiedades tales de permeabilidad, porosidad y absorción capilar que aunadas a las características físico-químicas de la ceniza volante le dan al concreto modificado mayor durabilidad. Con los resultados obtenidos se concluyó que el material modificado cumple a cabalidad con los requerimientos de los materiales para fines estructurales y que este además puede ser utilizado en ambientes difíciles como zonas marinas e industriales con la seguridad de que su desempeño ante los agentes ambientales agresivos será mejor que el de un concreto normal.

#### **COMENTARIO:**

El comportamiento mecánico a compresión de los concretos estudiados, se puede concluir que es factible diseñar concretos adicionados con ceniza volante con la misma resistencia especificada con la certeza que a edades mayores a los 28 días su incremento resistente será mayor que en los concretos normales.

## **2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES**

Para la presente investigación se ha fundamentado en describir el concreto como base de la investigación, destacando sus propiedades, tipos y sus componentes. Asimismo en el desarrollo complementamos conceptos relacionados con la ceniza volante.

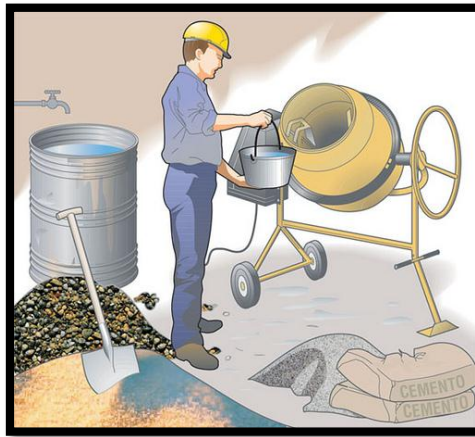
### **2.2.1 CONCRETO**

#### **2.2.1.1. DEFINICIÓN DE CONCRETO**

En general, el concreto u hormigón puede definirse como la mezcla de un aglomerante (material cementante incluyendo cemento. Portland hidráulico y eventualmente adiciones), un material de relleno (agregados o áridos), agua y aditivos, que al endurecer forman un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión.

El principal componente del concreto es el material cementante, que ocupa el 7% y el 15% del volumen de la mezcla y tiene propiedades de adherencia y cohesión que proveen buena resistencia a la compresión (Guzman, 2011).



**Figura 1: MEZCLA DE CONCRETO**

Fuente: Google Images

### **2.2.1.2. TIPOS DE CONCRETO**

Los diferentes tipos de concreto que reconoce la Norma Técnica Peruana son:

#### **2.2.1.2.1. CONCRETO**

Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2009)

#### **2.2.1.2.2. CONCRETO ESTRUCTURAL**

Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2009)

#### **2.2.1.2.3. CONCRETO ARMADO O REFORZADO**

Concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero, pre esforzado o no. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2009)

#### **2.2.1.2.4. CONCRETO SIMPLE**

Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para concreto reforzado. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2009)

#### **2.2.1.2.5. CONCRETO ESTRUCTURAL LIVIANO**

Concreto con agregado liviano que cumple con lo especificado en la NTP E060, y tiene una densidad de equilibrio, determinada por Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete (ASTM C 567), que no excede 1850



kg/m<sup>3</sup>. En esta Norma, un concreto liviano sin arena natural se llama “concreto liviano en todos sus componentes” y un concreto liviano en el que todo el agregado fino sea arena de peso normal se llama “concreto liviano con arena de peso normal”. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2009)

#### **2.2.1.2.6. CONCRETO PESO NORMAL**

Es un concreto que tiene un peso aproximado de 2300 Kg/m<sup>3</sup>. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2009)

#### **2.2.1.2.7. CONCRETO CICLÓPEO**

Se denomina así al concreto simple que esta complementado con piedras desplazadoras de tamaño máximo de 10”, cubriendo hasta el 30% como máximo, de volumen total. Las piedras deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable que cada piedra, en su ubicación definitiva debe estar totalmente recubierta de concreto simple. (ABANTO CASTILLO, 2009).

#### **2.2.1.2.8. CONCRETO CASCOTE**

Es el constituido por cemento, agregado fino, cascote de ladrillo y agua. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2009)

#### **2.2.1.2.9. CONCRETO PREMEZCLADO**

Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2009)

#### **2.2.1.2.10. CONCRETO PRE-ESFORZADO**

Concreto estructural al que se le han introducido esfuerzos internos con el fin de reducir los esfuerzos potenciales de tracción en el concreto causados por las cargas. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2009)

#### **2.2.1.3. COMPONENTES DEL CONCRETO**

La tecnología del concreto moderno define para este material cuatro componentes: Cemento, agua y agregados, y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en

mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. (CARBAJAL, 1993)

### 2.2.1.3.1. CEMENTO

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas de calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes (PASQUEL, 1998).

**Tabla 2: Tipos de cemento sin adición**

<b>Tipo I:</b>	Destinado a obras en general que le exigen propiedades especiales.
<b>Tipo II:</b>	Destinado a obras expuestas a la acción moderada de los sulfatos y a obras en donde se requiere moderado calor de hidratación
<b>Tipo III:</b>	Desarrolla altas resistencias iniciales.
<b>Tipo IV:</b>	Desarrolla bajo calor de hidratación.
<b>Tipo V:</b>	Ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos.

**Fuente: Pasquel Carbajal**

#### 2.2.1.3.1.1 CEMENTO PORTLAND TIPO IP (CEMENTO USADO EN LA INVESTIGACIÓN)

Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre 15% y 40% del peso total.

La puzolana es un material sílico aluminoso que por sí mismo posee poco o ningún valor cementicio pero que, dividido finamente, con la presencia de agua y a la temperatura ambiente normal, es capaz de reaccionar químicamente con el Hidróxido de calcio para formar compuestos con propiedades cementicias. (CEMENTO YURA, 2009)

Tabla 3: Cemento portland 1P

CEMENTO PORTLAND IP	
PESO ESPECÍFICO	2.82 gr/cm <sup>3</sup>
SUPERFICIE ESPECÍFICA	4700 cm <sup>2</sup> /gr.

Fuente: (RIVVA, 2000)

### 2.2.1.3.1.2 FABRICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND

#### 2.2.1.3.1.2.1 PREPARACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

La primera etapa en la fabricación del cemento está constituida por la extracción, de materias primas provenientes de las canteras y el mezclado con agua para asegurar su mezcla íntima. Hay una diferencia en el proceso según se utilice piedra caliza o greda, lo cual puede ocurrir, dependiendo del material que esté disponible o resulte mas económico. Ambas sustancias son químicamente iguales (carbonatos de calcio) pero sus propiedades físicas difieren ligeramente. De ahí que también su procesamiento sea ligeramente diferente.

En el caso de la greda, se la transforma en pequeñas partículas en molinos especiales. Se la mezcla con agua y arcilla, y el barro es filtrado para eliminar toda partícula gruesa, que es retirada, molida en un molino de bolas y devuelta a la corriente principal. La piedra caliza, una vez sacada de la cantera, es molida finamente y mezclada con arcilla y agua, y el barro resultante pasado por un molino de bolas que vuelve a molerlo.

Desde este momento el proceso es siempre el mismo, así se haya empleado caliza o greda. El barro es llevado a grandes depósitos donde se lo revuelve continuamente. (HISTORIA Y BIBLIOGRAFIA , 2014)

#### 2.2.1.3.1.2.2 FORMACIÓN DEL CLINKER

El barro mencionado no es sino una simple mezcla húmeda de los ingredientes básicos. Ahora se lo transfiere a un largo horno rotativo donde sufrirá varios cambios químicos y emergerá como clinker. En la primera etapa se produce el secado por evaporación de toda el agua. La mezcla sigue su avance a lo largo del horno (largo tubo de acero de unos 130 m. de longitud) aumentando cada vez más su temperatura.



Los cambios químicos que tienen lugar son muy complejos y no del todo comprendidos aún. Parece probable que cuando la arcilla, que es un silicato de aluminio, es calentada, primero se deshidrata al tiempo que el carbonato de calcio del yeso o de la caliza pierde bióxido de carbono para dar cal viva, exactamente igual a lo que ocurre en un horno de cal.

A medida que estas sustancias se aproximan al extremo del horno se ponen al rojo blanco (su temperatura es de unos  $2.500^{\circ}$  G.) y entran en nuevas combinaciones químicas que dan por resultado el clinker, sustancia vitrificada que contiene óxidos de calcio, aluminio y silicio que se unen en compuestos tales como el silicato tricálcico ( $3\text{CaO SiO}_2$ ) y aluminato tricálcico ( $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$ ).

El horno rotativo posee una ligera pendiente para que los materiales avancen fácilmente a lo largo de él. La altísima temperatura del extremo se obtiene quemando algún combustible, que en nuestro caso hemos supuesto sea carbón finamente pulverizado, aunque puede utilizarse petróleo o gas natural. Un horno rotativo produce algo así como 500 toneladas de clinker cada 24 horas y consume unos 400 Kg. de carbón —o su equivalente— por cada tonelada de cemento.

Antes de que abandone el horno el clinker incandescente es enfriado, lo que puede hacerse mediante aire frío, mientras cadenas de acero colgadas en su interior ayudan a extraer el calor. Al igual que en todas las otras etapas, se hacen periódicamente ensayos para, comprobar la calidad del producto final. (HISTORIA Y BIBLIOGRAFIA , 2014)

#### **2.2.1.3.1.2.3 DEL CLINKER AL CEMENTO**

A continuación el clinker es almacenado hasta que se requiera para molerlo. Antes y durante la molienda se agrega una determinada cantidad de yeso (sulfato de calcio), el cual sirve para ajustar la velocidad de fraguado del cemento después que se le agrega agua.

En los molinos las piedras de clinker son finamente pulverizadas. Luego el polvo es llevado mediante bombas neumáticas a grandes silos, listo para ser retirado. Para su uso suele embolsárselo, en bolsas de papel o de arpillera, de 50 Kg. de capacidad. (HISTORIA Y BIBLIOGRAFIA , 2014)

### **2.2.1.3.1.3 MECANISMOS DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO**

Se denomina hidratación al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados.

La velocidad con que se desarrolla la hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente proporcional al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo paulatinamente en el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener.

Contrariamente a lo que se creía hace años, la reacción con el agua no une las partículas de cemento sino que cada partícula se dispersa en millones de partículas de productos de hidratación desapareciendo los constituyentes iniciales, el proceso es exotérmico generando un flujo de calor hacia el exterior denominado calor de hidratación (CARBAJAL, 1993)

Dependiendo de las temperaturas, el tiempo y la relación entre la cantidad de agua y cemento que reaccionan, se pueden definir los siguientes estados que se han establecido de manera arbitraria para distinguir las etapas del proceso de hidratación.

#### **2.2.1.3.1.3.1 ESTADO FRESCO**

Al principio el concreto parece una “masa”. Es blando y puede ser trabajado o moldeado en diferentes formas y así se conserva durante la colocación y la compactación. Las propiedades más importantes del concreto fresco son la trabajabilidad y la cohesividad.

#### **2.2.1.3.1.3.2 ESTADO FRAGUADO**

Después el concreto empieza a ponerse rígido. Cuando ya no está blando, se conoce como FRAGUADO del concreto. El fraguado tiene lugar después de la compactación y durante el acabado

#### **2.2.1.3.1.3.3 ESTADO ENDURECIDO**

Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece. Las propiedades del concreto endurecido son resistencia y durabilidad

### 2.2.1.3.2 AGREGADOS

#### 2.2.1.3.2.1 DEFINICIÓN

Los agregados, también llamados áridos, son materiales inertes ya que normalmente no presentan reacciones químicas durante el proceso de fabricación de un concreto; sin embargo determinan gran parte de las características finales del concreto, tales como uniformidad, durabilidad y resistencia.

La calidad de los agregados está determinada por el origen, por su distribución granulométrica, densidad, forma y superficie.

Son el mayor constituyente de la mezcla de concreto, generalmente componen entre el 70 y 80 % de la mezcla de metro cúbico de concreto, son obtenidos generalmente de canteras naturales y depósitos de grava explotados por el hombre.

“Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.074

Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/cm<sup>3</sup>) deberán cumplir con los requisitos de la norma NTP 400.037 o de la norma ASTM C33, así como los de las especificaciones del proyecto.”(NTP)

Se han clasificado en agregado grueso y agregado fino.

#### 2.2.1.3.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS

##### 2.2.1.3.2.2.1 CLASIFICACIÓN POR SU ORIGEN

Por su origen los agregados se clasifican en Agregados Naturales y Agregados Artificiales.

- **Agregados Naturales:** Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto. (LOPEZ R. , 2010)
- **Agregados Artificiales:** Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto. (LOPEZ R. , 2010)

##### 2.2.1.3.2.2.2 CLASIFICACIÓN POR SU TAMAÑO

De acuerdo a su tamaño los agregados se clasifican en: Agregado Fino y Agregado Grueso.



- **Agregado Fino:** Es aquel que pasa íntegramente el tamiz de 3/8" y como mínimo en un 95% el Tamiz N° 4, quedando retenido en el Tamiz N° 200.

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan al tamiz NTP 9.5 mm (3/8") y que cumplen con los límites establecidos en la norma NTP 400.037. (LOPEZ R. , 2010)

- **Agregado Grueso:** Es aquel que queda retenido, como mínimo, en un 95% en el Tamiz N° 4. (LOPEZ R. , 2010)

### 2.2.1.3.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

Los agregados finos y gruesos deben cumplir con las siguientes características físicas.

#### 2.2.1.3.2.3.1 GRANULOMETRÍA

La medición del volumen de los tamaños de diferentes tamaños de partículas sería de difícil realización, es por ello que se realiza la medición de estas de forma indirecta, el cual es tamizándolas por medio de una serie de mallas de aberturas conocidas y pesando los materiales retenidos refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total.

A esto es lo que se denomina análisis granulométrico o granulometría, que es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi-logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada. Cuando se representa la distribución granulométrica de la mezcla de agregados de pesos específicos que no difieren mucho, la granulometría es prácticamente igual sea la mezcla en peso o en volumen absoluto, pero cuando se trata de agregados de pesos específicos muy diferentes, hay que hacer las conversiones a volumen absoluto para que se represente realmente la distribución volumétrica que es la que interesa para la elaboración del concreto. (CARBAJAL, 1993)

La serie de tamices estándar ASTM para concreto tiene la particularidad de que empieza por el tamiz de abertura cuadrada 3" y el siguiente tiene abertura igual a la mitad de la anterior. A partir de la malla 3/8" se mantiene la misma secuencia, pero el nombre de las mallas se establece en función del número de aberturas por pulgada cuadrada. (CARBAJAL, 1993)



Figura 2: GRANULOMETRÍA, JUEGO DE TAMICES.



**FUENTE: Elaboración propia**

El significado práctico del análisis granulométrico de los agregados estriba en que la granulometría influye directamente en muchas propiedades del concreto tanto fresco como endurecido, por lo que interviene como elemento indispensable en todos los métodos de diseño de mezclas. (CARBAJAL, 1993)

Tabla 4: TAMICES ESTÁNDAR ASTM

1 DENOMINACIÓN DEL TAMIZ	ABERTURA EN PULGADAS	ABERTURA EN MILÍMETROS
3"	3.0000	75.0000
1 1/2"	1.5000	37.5000
3/4"	0.7500	19.0000
3/8"	0.3750	9.5000
Nro. 4	0.1870	4.7500
Nro. 8	0.0937	2.3600
Nro. 16	0.0469	1.1800
Nro. 30	0.0234	0.5900
Nro. 50	0.0117	0.2950
Nro. 100	0.0059	0.1475
Nro. 200	0.0023	0.0737

**FUENTE: Enrique Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto**

**2.2.1.3.2.3.1.1 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO**

Agregado fino se le denomina aquel agregado que pasa la malla 3/8 y el N° 4 y es retenido casi completamente en la malla N°200 y que cumple con los requisitos establecidos en la norma. En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

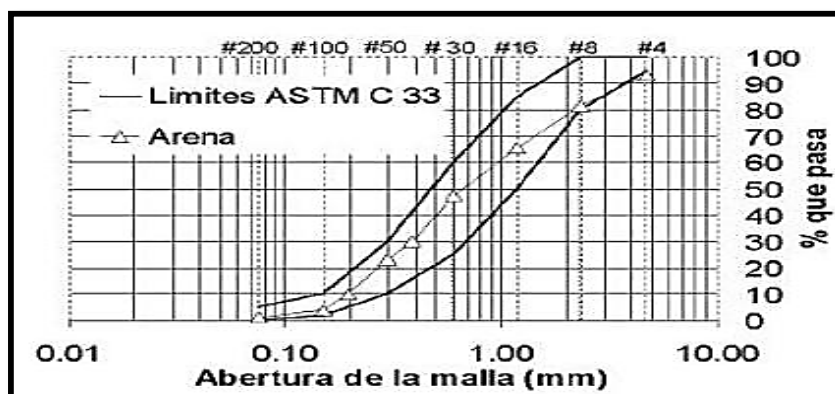
**Tabla 5: REQUISITOS GRANULOMÉTRICAS DE AGREGADO FINO SEGÚN NTP 400.037.**

Malla	% Que Pasa
3/8	100
N° 4	95-100
N° 8	80-100
N° 16	50-85
N°30	25- 60
N°50	05-30
N°100	0-10

**Fuente: Riva López Enrique, Diseño de mezcla**

El control de la granulometría se aprecia mejor mediante un gráfico, en la que las ordenadas representan el porcentaje acumulado que pasa la malla, y las abscisas, las aberturas correspondientes.

**Figura 3: GRANULOMETRÍA DE LA ARENA.**



**Fuente: NORMA ASTM C33 O NTP 400.037.**

**2.2.1.3.2.3.1.2 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO**

Se denomina agregado grueso es aquel que es retenido en la malla N°4 proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca. (INDECOPI, NTP 400.037, 2002) El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037 o en la norma ASTM C-33, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

**Tabla 6: Requisitos granulométricos de agregado grueso según la NTP 400.037**

TAMAÑO N°	TAMAÑO NOMINAL EN PULGADAS	4" (100 mm)	3 1/2" (90mm)	3" ( 75 mm)	2 1/2" (63 mm)	2" ( 50 mm)	1 1/2" ( 37.5 mm)	1" ( 25mm)	3/4" (19mm)	1/2" ( 12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	N° 4 (4.75 mm)	N°8 (2.36 mm)	N°16 (1.18 mm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	-----	25 a 60	-----	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----
2	2 1/2" a 1 1/2"	-----	-----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----
3	2" a 1"	-----	-----	-----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----
357	2" a Malla # 4	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	35 a 70	-----	10 a 30	-----	0 a 5	-----	-----
4	1 1/2" a 3/4"	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----
467	1 1/2" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	35 a 70	-----	10 a 30	0 a 5	-----	-----
5	1" a 1/2"	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-----	-----	-----
56	1" a 3/8"	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-----	-----
57	1" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	25 a 60	-----	0 a 10	0 a 5	-----
6	3/4" a 3/8"	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-----	-----
67	3/4" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	-----	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-----
7	1/2" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-----
8	3/8" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5

**Fuente: Riva López Enrique, Diseño de Mezcla (INDECOPI, NTP 400.037, 2002)**

**2.2.1.3.2.3.2 MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO**

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos.

El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de las mallas estándar: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100.

Según la norma ASTM la arena debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos de 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

#### **2.2.1.3.2.3.3 TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO**

Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso (MINISTERIO DE VIVINDA, 2002)

#### **2.2.1.3.2.3.4 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO**

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (MINISTERIO DE VIVINDA, 2002)

#### **2.2.1.3.2.3.5 PESO ESPECÍFICO**

El peso específico de un cuerpo o sustancia, es la relación que existe entre el peso y el volumen que ocupa una sustancia ya sea en estado sólido, líquido o gaseoso. Es una constante en el sentido de que es un valor que no cambia para cada sustancia ya que a medida que aumenta su peso también aumentara su volumen ocupado, al igual que sucede con la densidad. (QUIMICA Y ALGO MAS , 2014)

$$Pe = \text{Peso} / \text{volumen}$$

$$Pe = \text{Peso específico.}$$

#### **2.2.1.3.2.3.6 PESO UNITARIO**

El peso unitario es el peso de la unidad de volumen de material a granel en las condiciones de compactación y humedad es que se efectúa el ensayo, expresada en (kg/m<sup>3</sup>). Aunque puede realizarse el ensayo sobre agregado fino y agregado grueso; el valor que es empleado en la práctica como parámetro para la dosificación de hormigones, es el peso unitario compactado del agregado grueso. (CARBAJAL, 1993)

#### 2.2.1.3.2.3.7 PORCENTAJE DE VACÍOS

Es la medida del volumen expresada en porcentaje de espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. (CARBAJAL, 1993)

#### 2.2.1.3.2.3.8 ABSORCIÓN

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera "seco" cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar. (INDECOPI, NTP 400.037, 2002)

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

Tiene importancia, pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias:

Las normas NTP 400.021 (ASTM C-127) y NTP 400.022 (ASTM C-128), ya mencionadas, establecen la metodología para su determinación en agregados gruesos expresada en la siguiente formula:

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{\text{Peso Humedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

#### 2.2.1.3.2.3.9 PESO ESPECÍFICO DE MASA (PEM)

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas. (MINISTERIO DE VIVINDA, 2002)

El peso específico de masa (Pem) se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$P_{em} = \frac{W_o}{V - V_a} * 100$$

- **Dónde:**

$P_{em}$  = Peso específico de masa,

$W_o$  = Peso del aire en la muestra secada en el horno (Gramos),

$V$  = Volumen del frasco en  $cm^3$

$V_a$  = Peso en gramos o volumen  $cm^3$  de agua añadida al frasco.

#### 2.2.1.3.2.3.10 PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (SSS)

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa del agua de los poros llenos hasta colmarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente (pero no incluyendo los poros entre partículas), comparada con la masa en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas. (MINISTERIO DE VIVINDA, 2002)

El peso específico de masa saturada superficialmente seco (SSS) se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$P_{eSSS} = \frac{500}{V - V_a} * 100$$

- **Dónde:**

$P_{eSSS}$  = Peso específico de masa saturada

$V$  = Volumen del frasco en  $cm^3$

$V_a$  = Peso en gramos o volumen  $cm^3$  de agua añadida al frasco.

#### 2.2.1.3.2.3.11 PESO ESPECÍFICO APARENTE ( $P_{ea}$ )

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas

El peso específico aparente ( $P_{ea}$ ) se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$Pea = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)} * 100$$

- **Dónde:**

Pea = Peso específico aparente,

Wo = Peso del aire en la muestra secada en el horno (Gramos),

V = Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>

Va = Peso en gramos o volumen cm<sup>3</sup> de agua añadida al frasco.

#### 2.2.1.3.2.3.12 POROSIDAD

Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados. Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas. No hay un método estándar en ASTM para evaluarla. (CARBAJAL, 1993)

#### 2.2.1.3.2.3.13 CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas.

La humedad se expresa de la siguiente manera según la norma NTP 339-185 (ASTM C-566):

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Peso Original de la Muestra} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

#### **2.2.1.3.2.4 CARACTERÍSTICAS RESISTENTES**

Están constituidas por aquellas propiedades que le confieren la capacidad de soportar esfuerzos o tensiones producidos por agentes externos. Las principales son:

##### **2.2.1.3.2.4.1 RESISTENCIA**

Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión. Normalmente se mide por medio de la resistencia en compresión, para lo cual se necesita ensayar testigos cilíndricos o cúbicos de tamaño adecuado al equipo de ensayo, que se perforan o cortan de una muestra lo suficientemente grande. (AbantoCastillo, 2009)

##### **2.2.1.3.2.4.2 TENACIDAD**

Se denomina así en general a la resistencia al impacto.

Esta más relacionada con la sollicitación en flexión que en compresión, así como con la angulosidad y aspereza de la superficie.

Tiene trascendencia en las propiedades del concreto ante impactos, que son importantes en términos prácticos, al momento de evaluar las dificultades en el procesamiento por chancado del material. Su estimación es más cualitativa que cuantitativa. (AbantoCastillo, 2009)

##### **2.2.1.3.2.4.3 DUREZA**

Es la resistencia al desgaste por la acción de unas partículas sobre otras o por los agentes externos.

##### **2.2.1.3.2.5 AGREGADO GRUESO**

El agregado grueso es retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (Nº 4) proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca y cumple con límites establecidos en la presente Norma (LOPEZ I. E., 2014)

##### **2.2.1.3.2.5.1 DATOS A CONSIDERAR DEL AGREGADO GRUESO**

- El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales.



- El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial.
- El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, y de textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

#### **2.2.1.3.2.6 AGREGADO FINO**

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz NTP 9.5 mm (3/8) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la norma NTP 400.037 (LOPEZ I. E., 2014)

##### **2.2.1.3.2.6.1 REQUISITOS DE USO**

- El agregado fino podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duros, compactados y resistentes
- Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas
- El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la norma NTP 400.037 es recomendable tener en cuenta lo siguiente:
- La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N° 8, N°16, N°30, N°50, N°100
- El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.

### 2.2.1.3.2.7 FUNCIONES DEL AGREGADO EN EL CONCRETO

Los agregados en el concreto cumplen una de su principal función que es la resistencia que ofrece los agregados en la mezcla que es el concreto, y también reducen el contenido de cemento en la mezcla y esto hace que sea menos costosa.

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclados y endurecidos, en las proporciones de la mezcla y en la economía.

El esqueleto granular está formado por los agregados que son elementos inertes, generalmente más resistentes que la pasta cementante y además económicos. Por lo tanto conviene colocar la mayor cantidad posible de agregados para lograr un concreto resistente, que no presente grandes variaciones dimensionales y sea económico.

Pero hay un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la trabajabilidad del concreto. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva la mezcla se volverá difícil de trabajar y habrá una tendencia de los agregados gruesos a separarse del concreto (segregación). Llegado este caso se suele decir que el concreto es "áspero", "pedregoso" y "poco dócil".

En el concreto fresco, es decir recién elaborado y hasta que comience su fraguado, la pasta cementante tiene la función de lubricar las partículas del agregado, permitiendo la movilidad de la mezcla. En este aspecto también colabora el agregado fino (arena).

La arena debe estar presente en una cantidad mínima que permita una buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla. Pero no debe estar en exceso porque perjudicará las resistencias.



Se debe optimizar la proporción de cada material de forma tal que se logren las propiedades deseadas al mismo costo.

Las funciones en el concreto son de ser el esqueleto, reduciendo el contenido de pasta, también le proporciona resistencia a las acciones mecánicas y reduce los cambios de volumen. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta).

Los agregados de menor tamaño demandan mayor cantidad de pasta, por lo tanto conviene poner mayor cantidad de agregado grueso para lograr un concreto resistente, pero al incorporar mayor cantidad de agregado grueso este será menos trabajable y se producirá la segregación, llegando al caso de ser un concreto áspero pedregoso y poco dócil. (CARBAJAL, 1993)

#### **2.2.1.4. AGUA**

Siendo el agua un elemento indispensable para el proceso de hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales, si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

#### **2.2.1.5 CURADO CON AGUA**

El método elegido debe proporcionar una cubierta de agua continua y completa libre de cantidades perjudiciales de materias deletéreas o de otras que ataquen, manche, o decoloren el concreto. Se debe evitar el impacto térmico debido al empleo de agua fría (AbantoCastillo, 2009).

- **Inmersión:** Se emplea cuando se trata de losas como pisos de puentes, pavimentos, techos planos, es decir cualquier lugar donde sea posible crear un charco de agua mediante un bordo o dique de tierra u otro material en el borde de una losa. Debe evitarse los daños provocados por la liberación prematura; el agua de curado no debe de ser de 11°C más fría que el concreto, ya que el posible desarrollo de esfuerzos de temperatura en la superficie puede causar agrietamiento (AbantoCastillo, 2009).

#### **2.2.1.6 ADITIVOS**

Los aditivos son materiales distintos del agua, del agregado o del cemento que son utilizados como componente del concreto, estos son añadidos antes o durante el

mezclado, generalmente son líquidos y se combinan con el agua de mezcla tienen como finalidad modificar una o varias propiedades.

No necesariamente son productos químicos, materiales naturales o artificiales que modifiquen el proceso del fraguado, con el propósito de mejorar la calidad. Podemos clasificar a los aditivos en dos grupos: los aditivos naturales y artificiales, como su nombre lo indica los naturales, son los que encontramos prácticamente en la rutina del trabajo con experiencias y análisis, los artificiales son los creados en laboratorios y cuentan con un respaldo mayor técnicamente.

#### 2.2.1.6.1 ADITIVOS NATURALES

Aquellos que encontramos en la naturaleza, el limo de 3 al 5%, un rango de 2% que podemos manejar como aditivo para retardar el fraguado.

Aguas saladas actúan como retardadores de fragua, disminuyendo el calor de hidratación, perjudicial en la presencia del concreto.

Las aguas azucaradas aceleran el fraguado.

#### 2.2.1.6.2 ADITIVOS ARTIFICIALES

Fabricados en laboratorio, de los principales tenemos:

- **Acelerantes:** disminuyen el tiempo de fraguado, endurecimiento pronto antes de tiempo.
- **Retardadores:** retarda el endurecimiento.
- **Plastificantes:** realizar más trabajable la mezcla.
- **Adherentes:** unir de forma confiable proporciones.
- **Impermeabilizantes:** grasos o aceitosos que logran la impermeabilización al 100%.
- **Incorporadores de aire:** actúa como efervescente.

#### 2.2.1.7 PROPIEDADES DEL CONCRETO

Las propiedades del concreto son sus características o cualidades básicas. Las cinco propiedades del concreto son: trabajabilidad, durabilidad, impermeabilidad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.



Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por tanto, para una estructura específica resulta utilizar un concreto que tenga las características necesarias, aunque este débil en otras.

#### **2.2.1.7.1 TRABAJABILIDAD**

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante un tiempo determinado según sea la calidad del cemento. Actualmente la trabajabilidad se puede medir con la aguja de Vicat en función del tiempo de fraguado o endurecimiento.

#### **2.2.1.7.2 DURABILIDAD**

Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. El concreto debe ser capaz de resistir a la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufridos por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revenimiento protector a la superficie. (ABANTO CASTILLO, 2009).

#### **2.2.1.7.3 IMPERMEABILIDAD**

Es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua.

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades, después de la evaporación, y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad. (ABANTO CASTILLO, 2009).

#### **2.2.1.7.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

La resistencia a la compresión se define como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Expresado en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm<sup>2</sup>), mega pascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg<sup>2</sup> o PSI) a una edad de 28 días. Se pueden utilizar otras edades para las

pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y las resistencias en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 75%  $P$  de la resistencia a los 28 días. La resistencia a la compresión especificada se designa con el símbolo de  $f'_c$ . La resistencia a la compresión del concreto se mide mediante unos testigos de 30cm de altura por 15 cm de diámetro, llevándole hasta la ruptura mediante cargas que se incrementan relativamente rápidos esto dura unos pocos minutos. La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplea los ingenieros para diseñar edificios y otras estructura. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayo de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia específica,  $f_c$ , en la especificación de trabajo. (CARBAJAL, 1993).

**Figura 4: Muestras cilíndricas de concreto para ensayos de compresión estándar.**



Fuente: Romo P.M.

#### **2.2.1.7.5 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034 2015)**

El método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra (INDECOPI, NTP 339.034, 2015).

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula con la siguiente fórmula:

$$F'c = \frac{4G}{\pi D^2}$$

Dónde:

**F'c:** Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado.

**G:** La carga máxima de rotura en kilogramos.

**D:** Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

#### 2.2.1.7.6 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el módulo de rotura ( $M_r$ ).

El módulo de rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volúmenes del agregado grueso utilizando, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de la mezcla. El módulo de rotura determinada por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio. Los diseñadores de pavimentos utilizan una teoría basada en la resistencia a la flexión, se utiliza muy poco el ensayo a flexión para el concreto estructural. (Farfán, 2000)

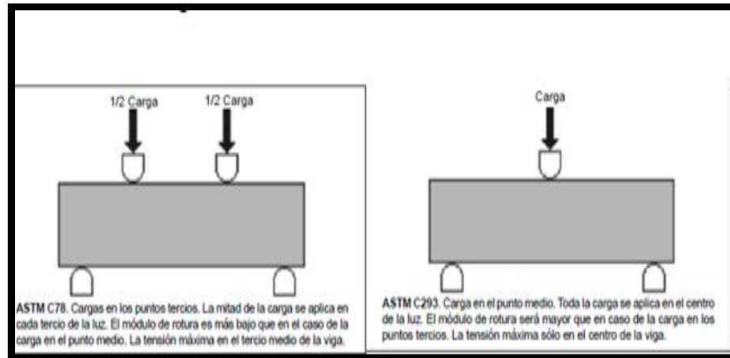
##### 2.2.1.7.6.1 MODULO DE RUPTURA

Resistencia máxima determinada en un ensayo de flexión o torsión. En un ensayo de flexión, el módulo de rotura en la flexión es el esfuerzo máximo en la fibra cuando se produce el fallo.

En un ensayo de torsión, el módulo de rotura en la torsión es el esfuerzo de cizalladura máximo de la fibra extrema de un miembro circular cuando se produce el fallo. Sinónimos: resistencia a la flexión. El Modulo de rotura tiene una relación entre el 10 y 20% de la resistencia a la compresión ( $f'c$ ). (Riva Lopez, 2010).

### 2.2.1.7.6.2 ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

Figura 5: CARGAS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



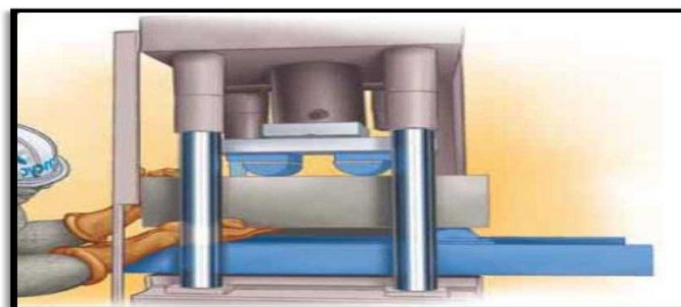
Fuente:  
<http://www.nrmca.org>.

### 2.2.1.7.6.3 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (NTP 300.078)

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga a los tercios de la luz en una probeta de ensayo en forma de viga, hasta que la falla ocurra. El módulo de rotura, se calculará, según que la grieta se localice dentro del tercio medio o a una distancia de éste, no mayor del 5% de la luz libre.

Se aplica una carga a una velocidad que incremente constantemente la resistencia de la fibra extrema. Entre 0,86 MPa/min y 1,21 MPa/min, hasta producir la rotura de la viga. (INDECOPI, NTP. 300.078, 2002).

Figura 6: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO.



Fuente: INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y CONCRETO.





#### 2.2.1.7.6.4 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA EN EL CENTRO DEL TRAMO (NTP 300.079)

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a la flexión de probetas de hormigón mediante el uso de una viga simple con el centro de punto de carga.

Este método de ensayo se utiliza para determinar el módulo de ruptura de especímenes de concreto. El cuál variará de acuerdo al tamaño de la muestra, la forma de preparación, la condición de humedad o curado. (INDECOPI, NTP. 300.079, 2001)

Para calcular el módulo de rotura, se debe utilizar la siguiente formula:

$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Dónde:

**Mr** = módulo de rotura, psi, o MPa,

**P** = carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo, lbf, o N,

**L** = longitud de tramo, pulgadas o mm,

**b** = anchura media de la muestra, en la fractura, pulg o mm,

**h** = altura media de la muestra, en la fractura, pulgadas o mm.

## 2.2.2 DISEÑO DE MEZCLA

Este procedimiento considera pasos para el proporcionamiento de mezclas de concreto normal, incluidos el ajuste por humedad de los agregados y la corrección a las mezclas de prueba.

El método del American Concrete Institute se basa en tablas empíricas mediante las cuales se determinan las condiciones de partida y la dosificación (Riva López, 2010).

### 2.2.2.1 SECUENCIA DE DISEÑO

La secuencia del diseño de mezcla de método ACI es de la siguiente manera. Independientemente que las características finales del concreto sean indicadas en las especificaciones o dejadas al criterio del profesional responsable del diseño de la mezcla, las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto pueden ser determinadas, cuando se emplea el Método del comité del ACI, siguiendo la secuencia que a continuación se indica: (Riva López, 2010)

Asumiendo que se conocen todas las características de los materiales: Cemento elegido y sus propiedades, los agregados y sus pesos específicos secos y pesos unitarios secos, granulometrías, humedades, absorciones y las condiciones particulares de la obra a ejecutar, todos los métodos aplican los siguientes pasos:

#### a) Selección de la Resistencia Promedio a partir de la Resistencia en Compresión Especificada y la Desviación Estándar:

Para hallar la resistencia a la compresión promedio requerida si tenemos la desviación estándar (Riva López, 2010).

**Tabla 7: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO CON DESVIACIÓN ESTÁNDAR**

$f'_{cr}$	$f_c + 1.34s$
$f'_{cr}$	$f_c + 2.33s - 35$

Fuente: Riva López Enrique, Diseño de mezcla.

Cuando no se cuente con un registro de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar, la resistencia promedio requerida debe ser determinada empleando los valores de la siguiente tabla.

Tabla 8: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO.

$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'cr$
Menos de 210	$fc+70$
210 a 350	$fc+85$
Mayor a 350	$1.10fc+5$

Fuente: Riva López Enrique, Diseño de mezcla.

**b) Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado:**

La Norma NTP 400.037 define al "Tamaño Máximo" como a aquel que "corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso".

La Norma NTP 400.037 define al "Tamaño Máximo Nominal" como a aquel que "corresponde el menor tamiz por la serie utilizada que produce el primer retenido" (Rivva Lopez, 2010).

**c) Determinación del Asentamiento:**

La consistencia es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia, las mezclas de concreto la clasifican en:

Mezclas secas: aquella cuyo asentamiento está entre cero y dos pulgadas (0mm a 50mm). Mezclas plásticas: aquella cuyo asentamiento está entre tres y cuatro pulgadas (75mm a 100mm). S Mezclas fluidas: aquella cuyo asentamiento está entre cinco a más pulgadas (mayor de 125mm). De todos ellos se considera que el ensayo de determinación del asentamiento, medido con el Cono de Abrams, es aquel que da una mejor idea de las características de la mezcla de concreto (Rivva López, 2010).

**d) Establecimiento de la Cantidad de Agua por m<sup>3</sup> de Concreto:** En función de las condiciones de trabajabilidad, el Tamaño Máximo de los agregados y ocasionalmente el Tipo de Cemento (Ver Tabla 10).

**e) Definición de la Relación Agua/Cemento en Peso:** En base a la resistencia en compresión solicitada o requisitos de durabilidad (Ver Tabla 11).

**f) Cálculo de la Cantidad de Cemento en Peso.** En función de la Relación Agua / Cemento y la cantidad de agua:

$$Cemento(kg) = \frac{Peso\ del\ agua\ (kg)}{Relación\ A/C}$$

**g) Cálculo de los Volúmenes Absolutos de Agua y el Cemento:**

$$Vol. Abs. Cemento(m^3) = \frac{Peso del Cemento(kg)}{Peso específico Agua(\frac{Kg}{m^3})}$$

$$Vol. Abs. Agua(m^3) = \frac{Peso del Agua(kg)}{Peso específico Agua(\frac{Kg}{m^3})}$$

**h) Estimación del Porcentaje de Aire:** por m<sup>3</sup> y el volumen absoluto que atraparé el concreto en función de las características granulométricas de los agregados. (Ver Tabla 9)

**i) Obtención del Volumen Absoluto del Agregado Grueso:** Se determina en la tabla N° 12 en donde influye el Tamaño Máximo Nominal, y el Modulo de Fineza del Agregado Fino.

**j) Obtención del Volumen del Agregado Fino:** determinado a través de la resta de 1 m<sup>3</sup> los volúmenes hallados de cemento, agua, agregado grueso y aire.

$$Vol. Abs. Agre. Fino = 1m^3 - Vol. Abs. Cemento (m^3) - Vol. Abs. Agua(m^3) - Vol. Aire(m^3) - Vol. Abs del Ag. Grueso$$

**k) Cálculo de los Pesos que corresponden a los Volúmenes de Agregados Obtenidos:**

$$Peso Piedra (Kg) = Vol. Abs. Piedra (m^3) \times Peso. Espec. Piedra (Kg/m^3)$$

$$Peso Arena (Kg) = Vol. Abs. Arena (m^3) \times Peso. Espec. Arena (Kg/m^3)$$

$$Peso piedra (Kg) = Vol. Abs Piedra (m^3) \times Peso Espec. Piedra(\frac{Kg}{m^3})$$

$$Peso arema (Kg) = Vol. Abs Arena (m^3) \times Peso Espec. Arena(\frac{Kg}{m^3})$$

**l) Corrección por Humedad y Absorción del Diseño:**

$$Peso Húmedo Piedra (Kg) = Peso Piedra (kg) \times (1+Humedad Piedra)$$

$$Peso Húmedo Arena (Kg) = Peso Arena (kg) \times (1+Humedad Arena)$$

$$Balance Agua en la Piedra (%) = Humedad Piedra - Absorción Piedra$$

$$Balance Agua en la Arena (%) = Humedad Arena - Absorción Arena$$

$$Contribución Agua Piedra (Kg) = Balance Piedra (%) \times Peso Húmedo Piedra (Kg)$$

$$Contribución Agua Arena(Kg) = Balance Arena(%) \times Peso Hum. Arena (Kg)$$

$$Agua Final = Agua (Kg) - Contr. Agua Piedra (Kg) - Contr. Agua Arena (Kg)$$

**m) Diseño Final:**

- Agua Final (Kg),
- Peso Húmedo Piedra (Kg),
- Peso Húmedo Arena (Kg)
- Peso

- Cemento (Kg)

Tabla 9: CANTIDADES APROXIMADAS DE AGUA DE AMASADO PARA DIFERENTE SLUMP, TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO Y CONTENIDO DE AIRE.

Vantidades aproximadas de agua de amasado para diferente Slump, Tamaño Maximo de agregado y contenido de Aire								
Slump	Tamaño Maximo Nominal							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin Aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	----
% aire atrapado	3	25	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>Concreto con Aire Incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----
<b>% aire atrapado Recomendado en funcion del Agregado de exposicion</b>								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderado	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: Enrique Pasquel.

Tabla 10 : RELACIÓN AGUA-CEMENTO VS F'C.

Relacion Agua/cemento vs Fc		
Fc a 28 Dias kg/cm2	Relacion Agua/Cemento en Peso	
	Sin Aire incorporado	Con Aire incorporado
450	0.38	-----
400	0.42	-----
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.6
150	0.79	0.7

Fuente: Enrique Pasquel.

Tabla 11: ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA DIVERSAS OBRAS.

Asentamientos Recomendados para diversos tipos de Obras		
Tipo de Estructura	Slump Maximo	Slump Minimo
Zapatas y muros de Cimentacion reforzados	3"	1"
Cimentacion Simples y Calzadas	3"	1"
Vigas de muros Armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Lozas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclopeo	2"	1"
El Slump puede Incrementarse Cuando Se usa aditivos Siempre que no se modifique la relacion A/C ni exista Segregacion o Exudacion		
El Slump puede Incrementarse de 1" si no se usa Vibrador al compactar		

Fuente: Enrique Pasquel.

Tabla 12: VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO COMPACTADO EN SECO PARA DIVERSOS MÓDULOS DE FINEZA DE LA ARENA.

Volumen de Agregado Grueso compactado en seco para diversos modulos de fineza de arena				
Tamaño Maximo del Agregado	Volumen del Agregado grueso compactdo en seco para diversos modulos de fineza de arena			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.49	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Enrique Pasquel.

### 2.2.3 CENIZA VOLANTE – NORMA EUROPEA UNE-EN 450-1, 2013

Las cenizas volantes son como granos de polvo que se componen principalmente de partículas vítreas esféricas, producidas durante la combustión de carbón.

Las cenizas volantes están constituidas fundamentalmente por partículas vítreas, esféricas o redondeadas, de granulometría muy fina y con composición química muy similar a la de la materia mineral del carbón, de la que procede. Sus componentes principales son sílice, alúmina, óxido férrico y cal, en diferentes proporciones según su origen. También se encuentran en la ceniza partículas irregulares y angulosas, tanto minerales como partículas de carbón quemado (coque). (Norma Europea UNE-EN 450-1, 2013)

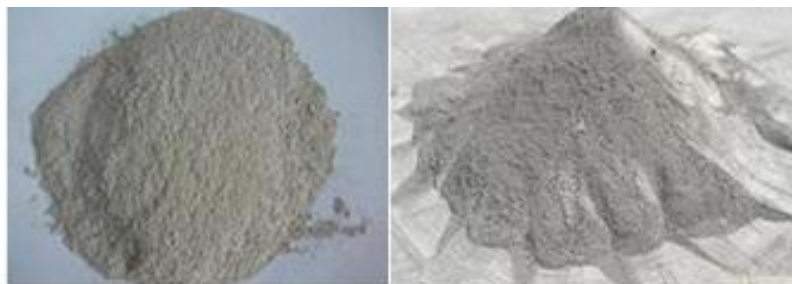
### 2.2.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

Las características físicas de las cenizas son función del proceso y eficiencia de las centrales térmicas. En consecuencia se produce una gran variabilidad entre las propiedades físicas de las mismas. Estas se refieren a:

- 1.- Superficie específica
- 2.- Demanda de agua.
- 3.- Estabilidad de volumen.
- 4.- Densidad.

Las cenizas volantes secas se suelen presentar como un polvo muy fino y suave Al tacto, cuyo color depende del contenido en óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y de su Riqueza en carbón. En general, son de un color gris más o menos claro.

**Figura 7 COMPARACIÓN ASPECTUAL ENTRE A CENIZA VOLANTE (IZQUIERDA) FRENTE AL CEMENTO (DERECHA)**



Fuente: Propia

### **2.2.3.1.1 SUPERFICIE ESPECIFICA**

La superficie específica se define como el número de unidades de área superficial contenidas en una unidad de masa; las unidades más empleadas son el  $\text{cm}^2/\text{g}$ . Con el fin de no provocar variaciones físicas en las propiedades del hormigón, sobre todo en la docilidad, es importante que las cenizas presenten superficies específicas próximas al cemento. Un aumento en la superficie específica favorece la actividad puzolánico, debido a un mejor contacto entre partículas de cemento y cenizas. Algunos autores aseguran que a mayor superficie específica las reacciones se producen con una velocidad mayor, ya que la energía necesaria para activar la reacción es menor, por ser porcentualmente mayor el número de puntos activos de una ceniza volante con superficie específica elevada. (Lorca, 2014)

### **2.2.3.1.2 DEMANDA DE AGUA**

Las cenizas volantes absorben líquidos, especialmente agua, debido a su extremada sequedad inicial, al grado de finura que ofrece gran superficie de contacto y a su textura irregular y porosa. Algunos ensayos han encontrado que las cenizas brutas absorben sensiblemente más líquido que las trituradas o molidas. El agua sustituye el aire del material y separa las partículas, lo cual da al producto la aptitud de alcanzar la compacidad, bajo presión o fuerza centrífuga, que anteriormente no poseía. (Lorca, 2014)

### **2.2.3.1.3 ESTABILIDAD DE VOLUMEN**

Se denomina estabilidad de volumen a la capacidad de una pasta, mortero u hormigón para resistir las tensiones internas producidas durante la hidratación del cemento sin sufrir variaciones de volumen ni grietas. Por el contrario, las alteraciones que ocurren cuando la pasta se ha endurecido, se denominan inestabilidad del volumen. La retracción se ve muy poco modificada por la adición de ceniza volante al cemento, y tal vez se deba a la diferencia granulométrica entre el cemento y la ceniza. Cuando la granulometría de la ceniza es la misma que la del cemento, la retracción que se produce es idéntica a la del cemento puro, pero si el tamaño del grano de la ceniza volante es mayor que el del cemento la retracción disminuye, si el tamaño de grano es menor que el del cemento, la retracción



aumenta, aunque ligeramente en ambos casos. También el aumento en la proporción de cenizas volantes disminuye el fenómeno de retracción. (Lorca, 2014)

#### **2.2.3.1.4 DENSIDAD DE LAS CENIZAS VOLANTES**

La densidad aparente de las partículas de cenizas volantes varía, en general, entre 1,88 y 2,84 g/cm<sup>3</sup>. La densidad de la ceniza volante aumenta cuando se somete a un molido y se ha encontrado que para una densidad inicial de 2,44 g/cm<sup>3</sup> después de ser molida durante 60 minutos cambia a 2,69 g/cm<sup>3</sup> [21][22]. Estos resultados varían con el tipo y duración de la molienda. Asimismo, las densidades son distintas, en razón de la cantidad presente de cenosferas (partículas huecas) o de partículas macizas en las cenizas, así como del contenido de óxidos de hierro. (Lorca, 2014)

#### **2.2.3.2 ACTIVIDAD PUZOLÁNICA**

La actividad puzolánica se define como la capacidad del material para fijar la cal a temperatura ambiente y formar compuestos que tengan propiedades hidráulicas. Entendiéndose por propiedad hidráulica la capacidad de dicho producto para endurecer en presencia de agua. Algunos autores establecen que la actividad puzolánica de las cenizas se debe a su composición y estructura vítrea que, a su vez, está condicionada por la temperatura en su formación y en su enfriamiento, de forma que, cuando existe un enfriamiento rápido después del tratamiento, la actividad puzolánica de la ceniza aumenta, y ésta disminuye si su enfriamiento se hace lentamente, causando la formación de fases cristalinas. (Lorca, 2014)

#### **2.2.3.3 TIPOS DE CENIZA VOLANTE SEGÚN LA NORMA ASTM C 618**

Existen principalmente dos tipos de cenizas volantes:

Clase C: Las cenizas volantes que se consideran en este grupo presentan propiedades cementicias y puzolánicas, obtenidas de lignitos y carbones subbituminosos, y que deben tener un contenido mínimo de SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> del 50% y un máximo en cal del 20% para poder ser empleadas en hormigones.

Clase F: Son las cenizas volantes normalmente obtenidas en la combustión de antracitas y carbones bituminosos, con un contenido mínimo de SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> del 70% en peso y presentan también propiedades puzolánicas.

(Norma de ASTM C618)

#### 2.2.3.4 PRODUCCIÓN DE CENIZAS VOLANTES

Diariamente se generan cantidades considerables de cenizas volantes y escoria debido al alto consumo de carbón y al contenido de materia mineral del mismo. La combustión de 1 tm de carbón genera un promedio de 80 a 250 kg de residuos dependiendo del tipo de carbón.

La producción de cenizas volantes de la combustión del carbón en E.E.U.U. y Europa se estima en 88 y 55 millones de toneladas por año respectivamente. De esta producción, una proporción muy baja es reciclada y en promedio solo el 50% en la UE presentándose grandes diferencias de un país a otro. España tiene una producción aproximada de 9 millones de toneladas de las cuales se recicla aproximadamente un 63%.

En función de la tecnología de combustión del carbón empleada, podemos distinguir entre los residuos generados en la combustión de lecho fluidizado y los residuos originados a partir del carbón pulverizado que son, en los que se va a centrar este trabajo.

Los residuos de la combustión en lecho fluidizado se caracterizan por el contacto entre el combustible y las partículas no combustibles, que se mantiene en suspensión mediante un flujo ascendente del aire, a través del lecho. La principal ventaja de este sistema es que utiliza como partículas no combustibles absorbentes del azufre como la caliza, lo que supone, una considerable ventaja frente a los métodos convencionales, en los cuales, es necesario disponer de una instalación depuradora del SO<sub>2</sub> producido. Su alta capacidad para la retención in situ del azufre depende fundamentalmente de la relación calcio/azufre, temperatura del lecho, tipo y granulometría de la caliza y tiempo de residencia. Por tanto, las cenizas que produce este tipo de combustión presentan un elevado contenido en calcio, hecho que limita la síntesis de zeolitas. Por esta razón, estos materiales no se han estudiado en el presente trabajo.

El proceso de combustión del carbón pulverizado genera diferentes tipos de residuos. Las escorias, cenizas de fondo y cenizas volantes se forman debido a los componentes minerales del carbón.

EL carbón pulverizado se quema a una temperatura entre 1400- 1600° C, y la materia mineral del carbón se funde en forma de escorias y cenizas de fondo que salen del combustor en estado fluido y se recogen en la boca del extractor de escorias. Estas

escorias y las cenizas procedentes de la caldera constituyen como media aproximadamente un 17 % de los residuos totales generados en la combustión del carbón pulverizado. Este tipo de materiales, debido a sus propiedades físicas y su mayor granulometría, tienen usos más limitados que las cenizas volantes. No obstante, su utilización en fabricación de cemento, o bien, dependiendo de las características del material, como áridos en rellenos industriales, áridos en hormigón, bases de carreteras, techados, es muy común.

Los colectores de cenizas volantes pueden ser: ciclones sencillos, ciclones múltiples, precipitadores electrostáticos y filtros textiles. La tecnología a utilizar depende de la eficiencia de retención requerida, pudiéndose alcanzar eficiencias del 60 - 70 % en los ciclones y > 99.5 % en los precipitadores electrostáticos y filtros textiles.

En los precipitadores electrostáticos, la eficiencia de retención mejora con el número de campos conectados sucesivamente. Un inconveniente de los ciclones es que separan principalmente las fracciones de polvo grueso, dejando fracciones respirables de polvo fino, con mayor impacto potencial sobre la salud. Los filtros textiles son muy útiles para la separación de polvos finos con contenidos elevados en metales pesados. (Bossart y Newman, 1995)

**Tabla 13: PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE CENIZAS VOLANTES POR PAÍSES; Fuente: Manz (1997)**

Tabla 1.2. Producción y utilización de cenizas volantes por países, según Manz (1997). CV, cenizas volantes; F+E, cenizas de fondo y escorias; REC, total reciclado; N.D., No determinado. Unidades en miles de toneladas.

PAÍS	AÑO	CV	F+E	TOTAL	REC	%REC
HOLANDA	1992	780 <sup>a</sup>	82	862	883	102.4
ARGENTINA <sup>b</sup>	1992	35	10	45	45	100
ALEMANIA	1992	14300	5740	20040	19840	99
FRANCIA	1993	1436	287	1723	1636	95
COREA SUR	1992	1868	3701	5569	5217	93.7
ISRAEL	1992	462	61	523	479	91.6
PORTUGAL	1992	335	39	374	335	89.6
GRECIA	1992	7000	630 <sup>c</sup>	7630	6800	89.1
POLONIA	1992	14010	N.D.	14010	11995	85.6
DINAMARCA	1992	1043	133	1176	920	78.2
ESPAÑA	1992	7444	1431	8875	5582	62.9
HONG KONG	1992	841	71	912	553	60.6
TAIWAN	1994	1206	299	1505	882	58.6
COLOMBIA	1992	924	126	1050	590	56.2
JAPON	1992	3659	472	4131	2153	52.1
ITALIA	1992	910	102	1012	507	50.1
FINLANDIA	1993	490	90	580	230	39.7
CHINA	1992	80641	10498	91139	34100	37.4
IRLANDA	1992	200	22	222	80	36
REINO UNIDO	1989	13300	2200	15500	5467	35.3
USA	1992	43631	16368	59999	18183	30.3

<sup>a</sup> + 1900 toneladas importadas de Alemania; 53% de la producción exportada a Francia/Bélgica.

<sup>b</sup> Existe tan solo una planta termoelectrica de carbón en Argentina

<sup>c</sup> Estimado a partir de datos anteriores. Grecia es el cuarto país del mundo en utilización de cenizas volantes en la industria cementera.

Fuente: Bossart y Newman, 1995

### 2.2.3.5 USOS DE LA CENIZA VOLANTE

Los residuos de combustión del carbón contienen más del 70% de material sílico-aluminoso vítreo lo cual hace posible que sean utilizados como



materia prima para rellenos inertes y funcionales, absorbentes, inmovilizadores, y materiales de construcción de alto valor. Mientras que los componentes indeseables como los metales pesados están presentes tan solo como trazas, con excepciones muy puntuales.

Tradicionalmente estos productos de combustión son utilizados como materiales de construcción en obras de ingeniería ya que una de las propiedades más importantes de las cenizas volantes es su carácter puzolánico, es decir, su capacidad para combinarse con la cal para formar un aglomerado hidráulico. Por ello los cementos a partir de cenizas volantes tienen un poder de retención de agua excepcional y un elevado poder aglomerante. Además este modo de reutilización de las cenizas volantes permite reducir la emisión de CO<sub>2</sub> que se generaría al producir la fracción de cemento sustituido por las cenizas volantes, al mismo tiempo que se reduce el consumo de materias primas naturales.

La utilización de cenizas volantes en la fabricación de hormigón tiene como finalidad la reducción de la cantidad de cemento. La sustitución de una fracción del cemento del hormigón por cenizas volantes resuelve satisfactoriamente este problema. Así pues, las cenizas volantes pueden utilizarse en el hormigón de dos maneras: como elementos activos, aprovechando su carácter puzolánico, o como elemento inerte es decir, como árido. Las cenizas se incorporan al hormigón para mejorar la granulometría de la arena, para formar parte del conglomerante como producto cementicio o para ambas finalidades.

Tanto si las cenizas volantes se incorporan para sustituir al cemento, o al árido, éstas deben cumplir todas las normas UNE (UNE 83.275/87, UNE 83.415/87) y además la Norma UNE 83.414/90 tiene recomendaciones para la adición de cenizas volantes a los hormigones.

También pueden utilizarse cenizas volantes como materiales de relleno y firmes de carreteras solas, o bien mezcladas con cal y cemento, que estabilizan el subsuelo en obras de ingeniería civil. Para este uso se necesitan pequeñas cantidades de cenizas. (Vadillo, 1995)



## **CAPITULO III. METODOLOGÍA.**

### **3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

Por el tipo de investigación la presente tesis fue cuantitativa, ya que en base a cantidades y estadísticas se probó las diferentes hipótesis propuestas para la investigación, así también se dedujo los posibles resultados de nuestra investigación.

#### **3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.2.1 DESCRIPTIVO.**

Según (SAMPIERI, 2010)

Este tipo de investigación reunió las condiciones para ser una investigación de nivel descriptivo, ya que se midió, evaluó y recolectó datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

Es decir esta investigación observó y cuantificó la resistencia a la compresión y flexión, de la modificación del concreto sustituyendo el cemento con Cenizas Volante.

#### **3.1.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.**

##### **3.1.3.1 HIPOTÉTICO - DEDUCTIVO.**

Según (SAMPIERI, 2010) En la presente investigación se usa el método hipotético deductivo porque partimos de una hipótesis la cual vamos a demostrar mediante una serie de pasos los cuales nos permite deducir relaciones entre las variables y/o resultados que permiten demostrar la hipótesis, comparándolos con la experiencia.



### **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

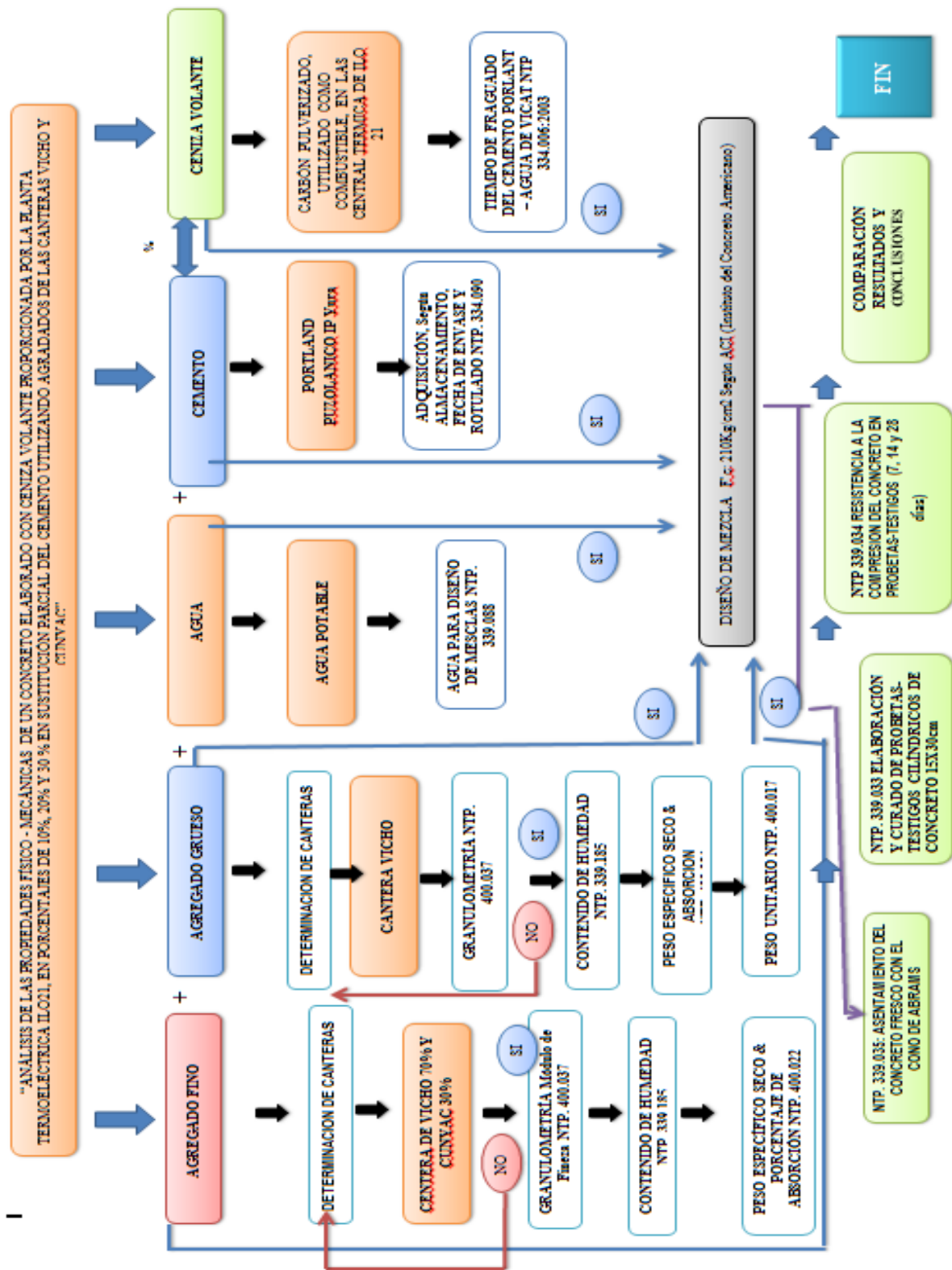
#### **3.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Según (SAMPIERI, 2010)

El diseño de la investigación del presente trabajo fue experimental ya que el objetivo fue conocer las causas y los fenómenos que ocurre al remplazar porcentajes de ceniza volante al concreto tradicional y analizar los cambios que se produce para poder explicar los fenómenos ocurridos, de acuerdo a métodos y técnicas de recaudación de información sobre el tema a investigar.

3.2.2 PASOS A SEGUIR EN LA INVESTIGACIÓN - DISEÑO DE INGENIERÍA.

Figura 8: DISEÑO DE INGENIERIA



Fuente: Propia



### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.**

#### **3.3.1 POBLACIÓN.**

##### **3.3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN.**

La población es el conjunto de elementos con características comunes que son objetos de análisis y para los cuales serán válidas las conclusiones de la investigación. (SAMPIERI, 2010)

La Población de la investigación será el Concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> sustituido por ceniza volante en diferentes porcentajes en reemplazo de cemento y el Concreto Patrón  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> sin sustitución.

La Población se registrará mediante un conjunto de Probetas de Concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> elaborados con Agregado Grueso de la cantera de Vicho, Agregado Fino de las canteras de Cunyac y Vicho, Cemento Portland Puzolánico IP (Yura), Ceniza volante tipo F (Ilo 21- Moquegua) y Agua bebibible.

##### **3.3.1.1.1. LOS AGREGADOS**

Para la determinación de las canteras adecuadas se buscó que cumplan con los parámetros establecidos por las normas técnicas peruanas:

- Para el Agregado Fino, de la cantera Cunyac y Vicho; debe cumplir con los parámetros establecidos en la NTP 400.013.
- Para el Agregado Grueso, de la cantera Vicho; debe cumplir con los parámetros establecidos en la NTP 400.017.

##### **3.3.1.1.2. AGUA**

El agua utilizada en nuestro diseño de mezcla es agua potable, porque fue el más idóneo para la mezcla de concreto, además está estipulada en la norma técnica peruana NTP 339.088 “Agua para Diseños de Mezclas”.

##### **3.3.1.1.3. CEMENTO**

El cemento utilizado en la presente tesis es el cemento portland IP de la marca Yura que es el más comercial en nuestra ciudad, y dicha marca es la única que encontramos en el mercado local.

Es el cemento que contiene puzolana y esta se obtiene por la pulverización conjunta de una mezcla de Clinker portland y puzolana con la adición eventual de sulfato de calcio. El contenido de puzolana debe estar comprendido entre 15% y 40% en peso del total.



**3.3.1.1.4. CENIZA VOLANTE.**

Las cenizas volantes se originan cuando se lleva a cabo el proceso de combustión del carbón pulverizado, utilizado como combustible, en las centrales térmicas. García (2003).

**3.3.1.2 CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN.**

El cardinal total de la investigación es de 132 probetas-testigos de Concreto realizadas en Laboratorio, para el concreto patrón y para el concreto sustituido por vidrio molido en diferentes porcentajes en el agregado fino, ver la siguiente tabla.

**Tabla 14: CUANTIFICACION DE LA POBLACION - BRIQUETAS**

<b>CONCRETO F<sup>g</sup>C 210 KG/CM2</b>	<b>CANTIDAD</b>
PROBETAS-TESTIGOS PARA PRUEBAS DE CONTROL	
Probetas de Concreto patrón 7 días	7
Probetas de Concreto patrón 14 días	7
Probetas de Concreto patrón 28 días	7
PROBETAS-TESTIGOS PARA PRUEBAS DE EXPERIMENTALES:	
Probetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 10% 7 días	7
Probetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 20% 7 días	7
Probetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 30% 7 días	7
Probetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 10% 14 días	7
Probetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 20% 14 días	7
Probetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 30% 14 días	7
Probetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 10% 28 días	7
Probetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 20% 28 días	7
Probetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 30% 28 días	7
<b>TOTAL</b>	<b>84</b>

Tabla 15: CUANTIFICACION DE LA POBLACION - VIGUETAS

<b>CONCRETO F<sup>c</sup> 210 KG/CM2</b>	<b>CANTIDAD</b>
PROBETAS-TESTIGOS PARA PRUEBAS DE CONTROL	
Viguetas de Concreto patrón 7 días	4
Viguetas de Concreto patrón 14 días	4
Viguetas de Concreto patrón 28 días	4
PROBETAS-TESTIGOS PARA PRUEBAS DE EXPERIMENTALES:	
Viguetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 10% 7 días	4
Viguetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 20% 7 días	4
Viguetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 30% 7 días	4
Viguetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 10% 14 días	4
Viguetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 20% 14 días	4
Viguetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 30% 14 días	4
Viguetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 10% 28 días	4
Viguetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 20% 28 días	4
Viguetas de Concreto reemplazando el cemento por ceniza volante en un 30% 28 días	4
<b>TOTAL</b>	<b>48</b>

Fuente: Propia

**3.3.2 MUESTRA.**

**3.3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.**

La Muestra está conformada por un conjunto de Probetas y viguetas de Concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, la muestra es de tipo censal ya que coincide con la población (132 Probetas y viguetas -Testigos). Muestras representadas en Probetas de Concreto Patrón y Probetas de concreto remplazando el cemento por ceniza volante en diferentes porcentajes.

**3.3.2.2 CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA.**

La Cuantificación de muestras se está considerando 132 Testigos representados en Briquetas y viguetas de concreto de  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>, como son el conjunto de Briquetas y viguetas Patrón y el conjunto de Briquetas y viguetas reemplazando el cemento con ceniza volante en diferentes porcentajes.

**Tabla 16: CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA, COMPRESIÓN Y FLEXIÓN.**

TESTIGOS A COMPRESION			TESTIGOS A FLEXION		
PATRON 210 KG/CM <sup>2</sup>			PATRON 210 KG/CM <sup>2</sup>		
7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
7	7	7	4	4	4
CENIZA VOLANTE 10%			CENIZA VOLANTE 10%		
7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
7	7	7	4	4	4
CENIZA VOLANTE 20%			CENIZA VOLANTE 20%		
7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
7	7	7	4	4	4
CENIZA VOLANTE 30%			CENIZA VOLANTE 30%		
7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
7	7	7	4	4	4
TOTAL TESTIGOS A COMPRESION		8 4	TOTAL TESTIGOS A FLEXION		4 8
TOTAL COMPRESION Y			132		

Fuente: Propia

**Según (E.060, 2006)**

Para cada relación agua-material o contenido de material cementante deben confeccionarse y curarse al menos tres probetas cilíndricas para cada edad de ensayo de acuerdo con Stanford Practicefor Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory (ASTM C 192M).

Las probetas serán ensayadas a los 7, 14 y 28 días o a la edad de ensayo establecida para determinar  $f'c$ .

**3.3.2.3 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA MUESTRA.**

Para aplicar los criterios de evaluación lo realizaremos en función del ensayo de la resistencia a la compresión y flexión aplicados a las muestras testigo, para ello, los componentes de estos testigos deberán cumplir los requisitos según Normas Técnicas Peruanas establecidas y con el ACI (Instituto Del Concreto Americano) para su diseño de Mezclas.

Cada briqueta cilíndrica-Testigo, deberán tener las medidas estandarizadas, para este caso de diámetro 10cm y altura de 20cm, las muestras no deberán estar dañadas, astilladas, rajadas, no deberá tener ningún tipo de modificación u alteración, siendo así el testigo deberá ser descartado. (N.T.P. 339.034, 2013).

Cada vigueta -Testigo, deberán tener las medidas estandarizadas, para este caso una altura 15cm, ancho 15cm y largo de 50cm, las muestras no deberán estar dañadas, astilladas, rajadas, no deberá tener ningún tipo de modificación u alteración, siendo así el testigo deberá ser descartado. (N.T.P. 339.034, 2013).

**3.3.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN.**

Para la definición de nuestra muestra se tomó en cuenta lo siguiente:

- Todas las Probetas-Testigos son diseñadas con concreto de resistencia a la compresión  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Todas las briquetas-Testigos son de forma cilíndrica de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura.
- Todas las viguetas-Testigos son de forma rectangular de 15cm, ancho 15cm y largo de 50cm.



- Todas las Probetas-Testigos se elaboraron con Agregado Grueso de la cantera de Vicho de Tamaño Máximo Nominal de  $\frac{3}{4}$ " cumplen con la NTP 400.017.
- Todas las Probetas-Testigos se elaboraron con Agregado Fino (en un 70% Vicho y un 30% de la cantera de Cunyac) cumplen con la NTP 400.013
- Todas las Probetas-Testigos se elaboraron con Cemento Portland Puzolánico IP (Yura).
- Todos los análisis de laboratorio en cuanto al Agregado Fino, se realizaron directamente a la combinación (en un 70% Vicho y un 30% de la cantera de Cunyac), por condiciones de granulometría.
- Las Probetas-Testigos son evaluados con Ceniza Volante en remplazo del cemento en porcentajes de 10%, 20% 30%.
- Todas las Probetas-Testigos se elaboran con agua bebible-potable.
- Todas las Probetas-Testigos son curados por inmersión (sumergimiento total en agua).
- Todas las briquetas-Testigos serán evaluados mediante el ensayo de resistencia a la compresión según (N.T.P. 339.034, 2013).
- Todas las viguetas -Testigos serán evaluados mediante el ensayo de resistencia a la flexión según (N.T.P. 339.078, 2013).
- Todas las viguetas y briquetas -Testigos serán evaluados con el equipo de compresión HUMBOLDT MODELO CM-500LX 160 de la UAC.
- Todas briquetas – testigo serán evaluados con tapas de neopreno en las tapas retenedores.

3.4. INSTRUMENTOS

3.4.1. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS O INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1.1. HOJA DE CÁLCULO PARA GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS

Figura 9: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESO

**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
*"Hecho del Buen Servicio al Ciudadano"*

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS**  
**NTP 400.012 ASTM C 136**

TESIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECANICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON CENIZA VOLANTE EN PORCENTAJES DE 10%, 20% Y 30 % EN SUSTITUCION PARCIAL DEL  
 POR: Bach. VENEGAS ALCARRAZ, Edimar Rouswel.  
 Bach. PATIÑO MADUEÑO, Crísthian Paul.  
 NORMA NTP 400.012: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS. (GRUESO)  
 FECHA ... /... /... LUGAR : Laboratorio de Tecnología del concreto de la

**AGREGADO GRUESO : 0**

Cantera: \_\_\_\_\_ Peso Inicial: \_\_\_\_\_ gr.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO				RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULADO %	ACUMULADO QUE PASA %
		M-1	M-2	M-3	Promedio			
3"	76.200							
2"	50.600							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400							
3/4"	19.050							
1/2"	12.700							
3/8"	9.525							
Nº4	4.760							
Total (Tamices)								
Fondo								
<b>PESO TOTAL</b>								
Error del Ensayo								
Ensayo Representativo								

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	0	Límites mínimos	Límites máximos
1 1/2"	38.100	0.00%	100%	100%
1"	25.400	0.00%	100%	100%
3/4"	19.050	0.00%	90%	100%
1/2"	12.700	0.00%	20%	55%
3/8"	9.525	0.00%	0%	15%
Nº4	4.760	0.00%	0%	5%

**MÓDULO DE FINURA**

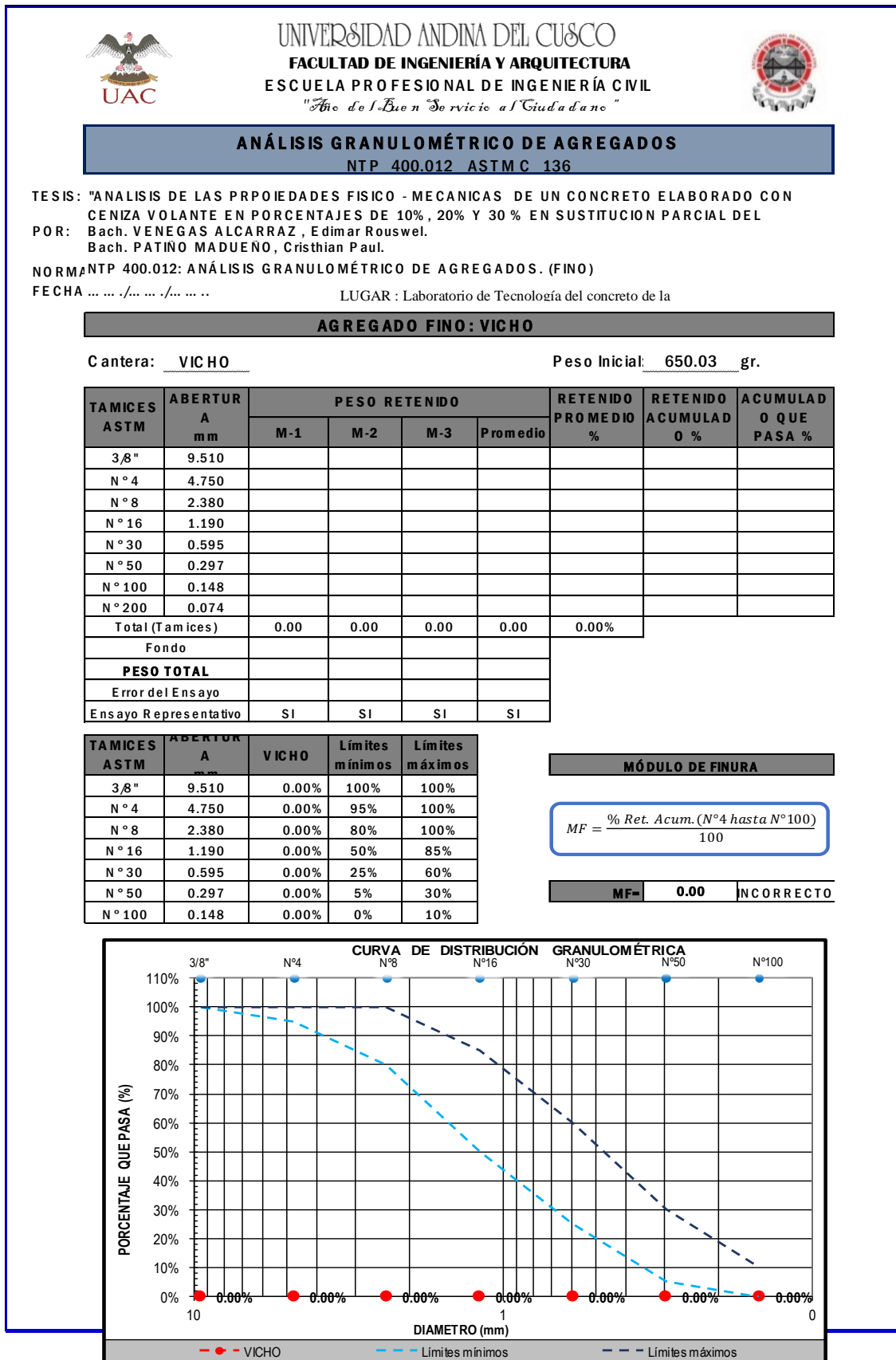
$$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acum. } (3", 1 \frac{1}{2}", \frac{3}{4}", \frac{1}{2}", \frac{3}{8}", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

**MF= 0.00**

**CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**

Fuente: Propia


Figura 10: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS



Fuente: Propia

3.4.1.2 HOJA DE CÁLCULO PARA PORCENTAJE DE HUMEDAD

Figura 11: CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

*"Arte del Buen Servicio al Ciudadano"*



**CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO**  
NTP 339.185 ASTM C 566

TESIS: ELABORADO CON CENIZA VOLANTE EN PORCENTAJES DE 10%, 20% Y 30 % EN SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO "

POR: Bach. VENEGAS ALCARRAZ , Edimar Rouswel.  
Bach. PATIÑO MADUEÑO , Cristhian Paul.

NORMA: NTP 339.185 MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL EVAPORABLE DE AGREGADOS POR SECADO. (GRUESO)

FECHA: LUGAR : Laboratorio de Tecnología del concreto de la

**AGREGADO GRUESO: VICHO**

$$(\%) \text{ Humedad} = \frac{W_i - W_f}{W_f} \times 100$$

Cantera VICHO  
TMN: 3/4

S	DESCRIPCIÓN	B-1	B-2	B-3	Und.
W i=	Peso de la Muestra Húmeda				
W f=	Peso de la Muestra Seca				
	Peso de Agua				
P =	Contenido de Humedad W %				
	Promedio de W %				

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fuente: Propia





UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
"Hecho del Buen Servicio al Ciudadano"



**CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO**  
NTP 339.185 ASTM C 566

TESIS: ELABORADO CON CENIZA VOLANTE EN PORCENTAJES DE 10%, 20% Y 30 % EN SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO "

POR: Bach. VENEGAS ALCARRAZ , Edimar Rouswel.  
Bach. PATIÑO MADUEÑO , Cristhian Paul.

NORMA NTP 339.185 MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL EVAPORABLE DE AGREGADOS POR SECADO . (FINO)

FECHA \_\_\_\_\_ LUGAR : Laboratorio de Tecnología del concreto de la

**AGREGADO FINO : CUNYAC**

$$(\%)Humedad = \frac{W_i - W_f}{W_f} \times 100$$

Cantera CUNYAC

S	DESCRIPCIÓN	B-1	B-2	B-3	Und.
W <sub>i</sub> =	Peso de la Muestra Húmeda				
W <sub>f</sub> =	Peso de la Muestra Seca				
	Peso de Agua				
P =	Contenido de Humedad W %				
	Promedio de W %				

Observaciones: \_\_\_\_\_

**AGREGADO FINO : VICHO**

$$(\%)Humedad = \frac{W_i - W_f}{W_f} \times 100$$

Cantera VICHO

S	DESCRIPCIÓN	B-1	B-2	B-3	Und.
W <sub>i</sub> =	Peso de la Muestra Húmeda				gr.
W <sub>f</sub> =	Peso de la Muestra Seca				gr.
	Peso de Agua				gr.
P =	Contenido de Humedad W %				%
	Promedio de W %				#DIV/0!

Observaciones: \_\_\_\_\_

Fuente: Propia

3.4.1.3 HOJA DE CÁLCULO PARA PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS

Figura 13: PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
*"Año de al Buen Servicio al Ciudadano"*

**PESO ESPECÍFICO SECO & % ABSORCIÓN - AGREGADO FINO**  
**NTP 400.022 ASTM C 128**

TESIS: CENIZA VOLANTE EN PORCENTAJES DE 10%, 20% Y 30 % EN SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO "

POR: Bach. VENEGAS ALCARRAZ , Edimar Rouswel.  
 Bach. PATIÑO MADUEÑO , Cristhian Paul

NORMA: NTP 400.022: MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO .

FECHA: \_\_\_\_\_ LUGAR : Laboratorio de Tecnología del concreto de la \_\_\_\_\_

**PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO : CUNYAC**

Cantera: CUNYAC

<u>Peso Especifico de Masa</u>	<u>Peso Especifico de Masa Sat. con Superficie Seca</u>	<u>Absorción</u>
$(Pem) = \frac{W_o}{V_f - V_a}$	$(PeSSS) = \frac{500}{V_f - V_a}$	$(Abs) = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$
<u>Peso Especifico Aparente (Pea)</u>		
$(Pea) = \frac{W_o}{(V_f - V_a) - (500 - W_o)}$		

**500=** Muestra Saturada con Superficie Seca  
**Pem=** Peso Especifico de Masa  
**PeSSS=** Peso Especifico de Masa Saturado con Superficie Seca  
**Pea=** Peso Especifico Aparente  
**Abs=** Absorción expresado en porcentaje  
**Wo=** Peso en el aire de la Muestra secada en el horno  
**Vf=** Volumen de Fiola  
**Va=** Peso en gramos o volumen del agua añadida a la fiola

Símbolo	DESCRIPCIÓN	CUNYAC				Und.
		M-1	M-2	M-3	Promedio	
	<b>Muestra Saturada con Superficie Seca</b>					gr.
<b>Wo=</b>	<b>Peso en el aire de la Muestra secada en el horno</b>					gr.
<b>Vf=</b>	<b>Volumen de Fiola</b>					cm 3
<b>Va=</b>	<b>Peso en gramos o volumen del agua añadida a la fiola</b>					cm 3
<b>Pem=</b>	<b>Peso Especifico de Masa</b>					g/cm 3
<b>PeSSS=</b>	<b>Peso Especifico de Masa Saturado con Superficie Seca</b>					g/cm 3
<b>Pea=</b>	<b>Peso Especifico Aparente</b>					g/cm 3
<b>Abs=</b>	<b>Absorción expresado en porcentaje</b>					%

O bservaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Fuente: Propia

3.4.1.4 HOJA DE CÁLCULO PARA PESO UNITARIO LOS AGREGADOS

Figura 14: PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
*"Año del Buen Servicio al Ciudadano"*

**PESO UNITARIO - AGREGADOS**  
 NTP 400.017 ASTM C 29

TESIS: ELABORADO CON CENIZA VOLANTE EN PORCENTAJES DE 10%, 20% Y 30 % EN SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO "

POR: Bach. VENEGAS ALCARRAZ , Edimar Rouswel.  
 Bach. PATIÑO MADUEÑO , Cristhian Paul.

NORMA: NTP 400.017: MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR EL PESO

FECHA: \_\_\_\_\_ LUGAR : Laboratorio de Tecnología del concreto de la

**PESO UNITARIO (AGREGADO GRUESO): VICHO**

Canter: VICHO

PESO UNITARIO SUELTO

$$PU_s = \frac{G_{sc} - T}{V_e}$$

PESO UNITARIO COMPACTADO

$$PU_c = \frac{G_{co} - T}{V_e}$$

T = Peso del envase  
 Ve = Volumen del envase  
 Gsc = Envase + Muestra (Sin Compactar)  
 Gsc - T = Muestra (Sin Compactar)  
 Gco = Envase + Muestra (Compactado)  
 Gco - T = Muestra (Compactado)

		VICHO				
S	DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3	Promedio	Und.
T =	Peso del envase					gr.
Ve =	Volumen del envase					cm <sup>3</sup>
Gsc =	Envase + Muestra (Sin Compactar)					gr.
Gsc - T =	Muestra (Sin Compactar)					gr.
Gco =	Envase + Muestra (Compactado)					gr.
Gco - T =	Muestra (Compactado)					gr.
PU <sub>s</sub> =	PESO UNITARIO SUELTO					gr./cc
PU <sub>c</sub> =	PESO UNITARIO COMPACTADO					gr./cc

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Fuente: Propia

### 3.4.1.5 HOJA DE CÁLCULO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Figura 15: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN- TOMA DE DATOS

**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
*"Arte del Buen Servicio al Ciudadano"*

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
**NTP 339.034 ASTM C 39**

"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECANICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON CENIZA VOLANTE EN PORCENTAJES DE 10% , 20% Y 30 % EN SUSTITUCION PARCIAL TESIS: DEL CEMENTO "

POR: Bach. VENEGAS ALCARRAZ , Edimar Rouswel.  
 Bach. PATIÑO MADUEÑO, Cristhian Paul.

NORMA NTP 339.034: MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA  
 FECHA \_\_\_\_\_ LUGAR : Laboratorio de Tecnología del concreto de la

CONCRETO PATRÓN - CP										
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE										
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE										
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE										
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										

Fuente: Propia

3.4.1.6 HOJA DE CÁLCULO PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN


Figura 16: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – TOMA DE DATOS

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UAC ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL "Año del Buen Servicio al Ciudadano"													
RESISTENCIA A LA FLEXION													
NTP 339.078													
"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON CENIZA VOLANTE EN TESIS: PORCENTAJES DE 10%, 20% Y 30% EN SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO"													
POR: Bach. VENEGAS ALCARRAZ, Edimar Rouswel.  Bach. PATIÑO MADUEÑO, Cristhian Paul.													
NORMA NTP 339.078: MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FECHA <span style="float: right;">LUGAR: Laboratorio de Tecnología del concreto de la</span>													
CONCRETO PATRÓN - CP													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1													
2													
3													
4													
CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1													
2													
3													
4													
CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1													
2													
3													
4													
CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1													
2													
3													
4													

Fuente: Propia

**3.4.1.7. DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT.**

**Figura 17: TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT**




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

*"No al Bien de servicio al Ciudadano"*



**TIEMPO DE FRAGUADO**  
NTP 334.006

TESIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON CENIZA VOLANTE EN PORCENTAJES DE 10%, 20% Y 30 % EN SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO "

POR: Bach. VENEGAS ALCARRAZ , Edimar Rouswel.  
Bach. PATIÑO MADUEÑO , Crithian Paul.

NORMA: NTP 400.017: MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT.

FECHA: LUGAR : Laboratorio de Tecnología del concreto de la

**TIEMPO DE FRAGUADO**

CEMENTO PORTLAND TIPO IP				
LECTUR	PENETRACION(mm)	PENETRACION(mm) C(90%) + CV(10%)	PENETRACION(mm) C(80%) + CV(20%)	PENETRACION(mm) C(700%) + CV(30%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				0

Fuente: Propia

### 3.4.1.8 MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO CON EL CONO DE ABRAMS

Figura 18: MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO CON EL CONO DE ABRAMS

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b>          ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  <i>"Alto del Buen Servicio al Ciudadano"</i></p>				
<b>CONSISTENCIA DEL CONCRETO</b> NTP 339.035    ASTM C 143					
TESIS: CON CENIZA VOLANTE EN PORCENTAJES DE 10%, 20% Y 30 % EN SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO "					
POR: Bach. VENEGAS ALCARRAZ , E dimar Rouswel. Bach. PATIÑO MADUEÑO , C risthian Paul.					
NORMA: NTP 339.035: METODO DE ENSAYO PARA LA MEDICION DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO CON EL CONO DE ABRAMS					
LUGAR : Laboratorio de Tecnología del concreto de la					
FECHA: ... .. /... .. /... ..					
<b>TANDA N°01</b>					
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>SLUMP (CM)</b>			<b>Promedio (CM)</b>	<b>Promedio (PULG)</b>
	<b>Lectura 1</b>	<b>Lectura 2</b>	<b>Lectura 3</b>		
Patrón					
Concreto Reemplazando el 10% del cemento por C.V.					
Concreto Reemplazando el 20% del cemento por C.V.					
Concreto Reemplazando el 30% del cemento por C.V.					
<b>TANDA N°02</b>					
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>SLUMP (CM)</b>			<b>Promedio</b>	<b>Promedio (PULG)</b>
	<b>Lectura 1</b>	<b>Lectura 2</b>	<b>Lectura 3</b>		
Patrón					
Concreto Reemplazando el 10% del cemento por C.V.					
Concreto Reemplazando el 20% del cemento por C.V.					
Concreto Reemplazando el 30% del cemento por C.V.					
<b>TANDA N°03</b>					
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>SLUMP (CM)</b>			<b>Promedio</b>	<b>Promedio (PULG)</b>
	<b>Lectura 1</b>	<b>Lectura 2</b>	<b>Lectura 3</b>		
Patrón					
Concreto Reemplazando el 10% del cemento por C.V.					
Concreto Reemplazando el 20% del cemento por C.V.					
Concreto Reemplazando el 30% del cemento por C.V.					

Fuente: Propia

### 3.4.2. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA

Los instrumentos, herramientas y equipos utilizados en esta investigación, son del laboratorio de Tecnología del Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco, el cual cumplen con los estándares de calidad y calibración para los diversos ensayos.




Los instrumentos requeridos para la investigación son de acuerdo a los siguientes cuadros:

DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO		IMAGEN
<b>JUEGO DE TÁMICES STANDART.</b>	Cada tamiz tiene un diámetro interior de 8 pulgadas, estos serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices están en números ascendentes para el Agregado Fino desde el #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 y cazuela y de orden descendente para el Agregado Grueso 1- ½ ", 1", ¾ ", ½ ", 3/8", #4, #8 y cazuela.	
<b>AGITADOR MECÁNICO DE TÁMICES.</b>	Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado. El tiempo del tamizado será a criterio del ensayista ya que un exceso podría producir una degradación de la muestra, lo recomendable es de un periodo de 1.5 a 2.5 minutos.	



<p><b>BALANZA ELECTRÓNICA</b> (Capacidad 30Kg)</p>	<p>Balanza Electrónica comercial, ideal para pesar a los agregados, con precisión de 2 decimales representa en Kg. y con sensibilidad de error de <math>\pm 0.001</math> Kg.</p>	
<p><b>BALANZA ELECTRÓNICA</b> (Capacidad 5000 g)</p>	<p>Balanza Electrónica, ideal para pesar a los agregados con más precisión, con 2 decimales de precisión representa en g. y con sensibilidad de error de <math>\pm 0.001</math> g.</p>	
<p><b>BALANZA ELECTRÓNICA HIDROSTÁTICA</b> (Cap. 5000 g)</p>	<p>Balanza Electrónica de uso exclusivo para medidas de peso en el agua, este equipo tiene una perilla donde se sujeta el cable de la canastilla enmallada acuática, equipo ideal para pesar a los agregados dentro del agua, con 2 decimales de precisión representa en g. y con sensibilidad de error de <math>\pm 0.001</math> g.</p>	
<p><b>HORNO ELÉCTRICO DE MATERIALES.</b></p>	<p>Es un horno con recirculante de aire, termostáticamente controlado para garantizar una temperatura uniforme de <math>105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}</math>.</p>	

<p><b>FIOLA &amp; EQUIPO DE BOMBA DE VACÍOS</b></p>	<p>FIOLA.- Instrumento de Vidrio, también llamados matraces aforados, son recipientes de vidrio de cuello muy largo y angosto, el cual tienen una marca que señala el volumen (en nuestro caso de 500 cm<sup>3</sup>)</p> <p>BOMBA DE VACÍOS.- Equipo que succiona el aire a una determinada presión, ideal para conectar a una fiola, para extraer los vacíos que existe en el agregado fino con agua.</p>	
<p><b>CONO DE ABSORCIÓN Y APISONADOR DE METAL</b></p>	<p>Es metálico de forma cónica de 40 mm±3mm de diámetro en la parte superior, 90mm± 3mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm± 3 mm de altura.</p> <p>Apisonador con un peso de 340g ± 15g, con un extremo de superficie plana circular de 25mm ± 3mm de diámetro de contacto</p>	
<p><b>BARRA COMPACTADORA O VARILLA APISONADORA</b></p>	<p>Es una varilla de acero liso de sección circular de 3/8", con una longitud de 50 cm aproximadamente y de forma redondeada en ambos extremos.</p>	

<p>CONO DE ABRAHAMS</p>	<p>Es un molde metálico con forma de cono truncado, con un diámetro en la base de 20cm (8") y un diámetro en la parte superior de 10cm (4"), con una altura de 30cm (12"). Este elemento permite realizar los ensayos de consistencia del concreto en estado fresco.</p>	
<p>MEZCLADORA DE CONCRETO TIPO TROMPO</p>	<p>Es una mezcladora de concreto tipo trompo- eléctrico, diseñado para la preparación de concreto con capacidad de 3 P3</p>	
<p>MOLDES DE PROBETAS</p>	<p>Son moldes cilíndricos metálicos que permiten la retención del concreto fresco hasta que este llegue a fraguar. Sus dimensiones son: 10cm (4") de diámetro y 20cm (8") de altura</p>	

### 3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.5.1. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA CENIZA VOLANTE

- Como primer paso investigamos cuantas plantas térmicas en el país utilizan carbón mineral como materia prima.
- En el sur del Perú actualmente solo existe una planta termoeléctrica que utiliza como materia prima carbón mineral.
- La planta ENGIE S.A se encuentra en la provincia de Ilo departamento de Moquegua.
- Una vez identificada la planta de ENGIE S.A que genera ceniza volante nos pusimos en contacto y se solicitó 150 kg de muestra de ceniza volante, cantidad que ellos aceptaron mandarnos.
- El material llegó de 60 días de haber hecho la solicitud formalmente, fue enviado en la Empresa de Transportes Cruz del Sur, empaquetado y rotulado correctamente para no alterar las propiedades del material.

Figura 19: RECEPCIÓN DE LA CENIZA VOLANTE EN LA CIUDAD DEL CUSCO - 150 KG



#### 3.5.2. MUESTREO DE LOS AGREGADOS

Fuente: Propia

Para el muestreo los agregados éstas deberán estar en condiciones ideales, limpias y libres de cualquier elemento perjudicial para la elaboración del concreto, serán cantidades requeridas según indiquen las normas técnicas peruanas a utilizar. Para este procedimiento, es importante conocer el procedimiento técnico y la correcta obtención de muestras representativas en Laboratorio para cada ensayo.



El muestreo de los agregados y las cantidades a utilizar será de acuerdo a lo que requiere cada ensayo según sean las Normas.

### 3.5.2.1 MUESTREO DEL AGREGADO FINO

#### 3.5.2.1.1 EQUIPOS Y MATERIALES

- 25 Kg. De agregado fino para el cuarteo.
- Brocha.
- Regla de madera.
- Escoba.
- Espátula.
- Pala.
- Balanza.
- Bolsa para la muestra.

#### 3.5.2.1.2 PROCEDIMIENTO

- a) Se toma una muestra de 25 Kg, de agregado como mínimo.
- b) Se forma una ruma de agregado con ayuda de la pala dándole forma de cono, de preferencia darle mínimo 7 vueltas removiendo con la pala el agregado.
- c) Con la pala bajamos la punta del cono para facilitar la división.
- d) Con ayuda de la regla se procede a dividir diagonalmente el agregado en 4 partes semejantes.
- e) Una vez dividida se procede a escoger 2 partes semejantes diagonalmente opuestas.
- f) Luego las 2 partes no elegidas se desechan del muestreo.
- g)** Con las partes elegidas nuevamente se realiza la operación, este procedimiento se repetirá 4 veces.
- h)** Finalmente la muestra final se pesa en la balanza y se guarda en una bolsa



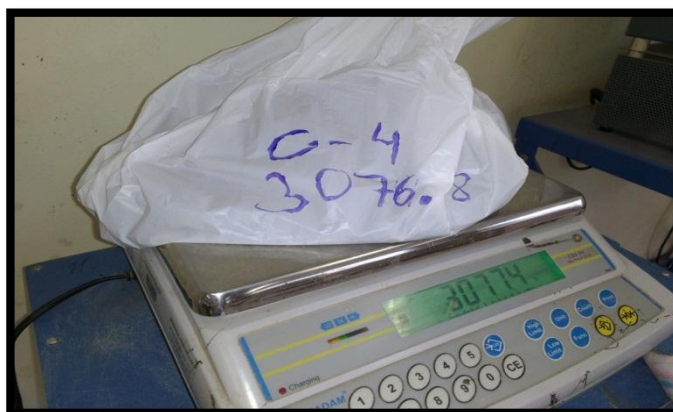
Fuente: Propia

Figura 21: MUESTREO DEL AGREGADO FINO- CUARTEO



Fuente: Propia

Figura 22: PESADO DE MUESTRA FINAL



Fuente: Propia

### 3.5.3. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

#### 3.5.3.1. EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza de precisión.
- Brocha.
- Recipiente.
- Juego de tamices, No. 8, No. 10, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200.

#### 3.5.3.2. PROCEDIMIENTO

- Se toma una muestra de 5Kg, aproximadamente del cuarte anterior.
- Se coloca los tamices de acuerdo a la norma ASTM de mayor a menor.
- Se vacía toda la muestra de agregado.
- Se coloca la tapa de maíz en la parte superior del juego de tamices.
- El tamizado se realiza en forma circular.
- Se determina el peso del agregado retenido en los tamices y con los datos de los pesos retenidos se desarrolla el cálculo.
- Una vez procesado los cálculos se obtiene la gráfica de la curva granulométrica

Figura 23: PESADO DEL PESO UNCIAL DEL AGREGADO FINO



Fuente: Propia

Figura 24: JUEGO DE TAMICES PARA EL AGREGADO FINO



Fuente: Propia

Figura 25: MATERIAL RETENIDO TRAS EL TAMIZADO



Fuente: Propia

### 3.5.3.3. TOMA DE DATOS

#### 3.5.3.3.1 ARENA FINA DE CUNYAC

Tabla 17: TOMA DE DATOS DE LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO DE CUNYAC

AGREGADO FINO: CUNYAC								
Cantera: <u>CUNYAC</u>				Peso Inicial: <u>400.06</u> gr.				
TAMICES ASTM	ABERTUR A mm	PESO RETENIDO				RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULAD O %	ACUMULAD O QUE PASA %
		M-1	M-2	M-3	Promedio			
3/8"	9.510	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 8	2.380	3.20	4.60	4.18	3.99	1.03%	1.03%	98.97%
N° 16	1.190	5.90	5.20	6.12	5.74	1.48%	2.51%	97.49%
N° 30	0.595	31.80	25.32	30.14	29.09	7.49%	10.00%	90.00%
N° 50	0.297	125.60	108.70	115.64	116.65	30.05%	40.05%	59.95%
N° 100	0.148	160.20	185.80	172.95	172.98	44.56%	84.61%	15.39%
N° 200	0.074	59.40	57.80	58.31	58.50	15.07%	99.68%	0.32%
Total (Tamices)		386.10	387.42	391.12	388.21	99.68%		
Fondo		13.30	11.90	12.15	12.45			
<b>PESO TOTAL</b>		399.40	399.32	399.49	399.40			
Error del Ensayo		0.16%	0.18%	0.14%	0.16%			
Ensayo Representativo		SI	SI	SI	SI			

Fuente: Propia



3.5.3.3.2 ARENA GRUESA DE VICHO

Tabla 18: TOMA DE DATOS DE LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO DE VICHO

AGREGADO FINO : VICHO								
Cantera: <u>VICHO</u>		Peso Inicial: <u>650.03</u> gr.						
TAMICES ASTM	ABERTUR A mm	PESO RETENIDO				RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULADO %	ACUMULADO QUE PASA %
		M-1	M-2	M-3	Promedio			
3/8"	9.510	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.750	162.90	144.31	157.38	154.86	24.11%	24.11%	75.89%
N° 8	2.380	203.90	174.20	185.98	188.03	29.27%	53.38%	46.62%
N° 16	1.190	149.00	143.50	140.50	144.33	22.47%	75.85%	24.15%
N° 30	0.595	71.20	85.20	76.30	77.57	12.08%	87.93%	12.07%
N° 50	0.297	37.30	50.60	46.20	44.70	6.96%	94.88%	5.12%
N° 100	0.148	14.40	27.59	24.90	22.30	3.47%	98.36%	1.64%
N° 200	0.074	6.40	13.18	12.10	10.56	1.64%	100.00%	0.00%
Total (Tamices)		645.10	638.58	643.36	642.35	100.00%		
Fondo		4.15	10.80	5.60	6.85			
<b>PESO TOTAL</b>		649.25	649.38	648.96	649.20			
Error del Ensayo		0.12%	0.10%	0.16%	0.13%			
Ensayo Representativo		SI	SI	SI	SI			

Fuente: Propia

3.5.3.3.3 AGREGADO FINO DE VICHO 70% Y CUNYAC 30%

Tabla 19: TOMA DE DATOS DE LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO VICHO 70% Y CUNYAC 30%

AGREGADO FINO : VICHO -CUNYAC								
Cantera: <u>VICHO -CUNYAC</u>		Peso Inicial: <u>800.00</u> gr.						
TAMICES ASTM	ABERTUR A mm	PESO RETENIDO				RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULADO %	ACUMULADO QUE PASA %
		M-1	M-2	M-3	Promedio			
3/8"	9.510	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.750	32.30	34.60	20.10	29.00	3.71%	3.71%	96.29%
N° 8	2.380	119.20	128.10	112.80	120.03	15.35%	19.06%	80.94%
N° 16	1.190	178.40	176.20	164.20	172.93	22.12%	41.18%	58.82%
N° 30	0.595	111.30	110.20	113.10	111.53	14.27%	55.45%	44.55%
N° 50	0.297	134.80	136.40	146.40	139.20	17.80%	73.25%	26.75%
N° 100	0.148	148.40	141.10	157.60	149.03	19.06%	92.31%	7.69%
N° 200	0.074	58.90	58.10	63.30	60.10	7.69%	100.00%	0.00%
Total (Tamices)		783.30	784.70	777.50	781.83	100.00%		
Fondo		15.90	15.00	20.00	16.97			
<b>PESO TOTAL</b>		799.20	799.70	797.50	798.80			
Error del Ensayo		0.10%	0.04%	0.31%	0.15%			
Ensayo Representativo		SI	SI	NO	SI			

Fuente: Propia



### 3.5.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

#### 3.5.4.1. EQUIPOS Y MATERIALES

- a) Balanza de precisión 0.5 gr.
- b) Picnómetro, denominado también fiola, que es un matraz o frasco volumétrico que tiene una capacidad de 500 ml.
- c) Molde cónico metálico.
- d) Apisonador de metal.
- e) Horno para materiales.
- f) Bomba de vacíos.

#### 3.5.4.2. PROCEDIMIENTO

- a) Se anota el peso del picnómetro con agua hasta el nivel de 500 ml.
- b) Se cuartea el material hasta conseguir una muestra de 1Kg. El material que pasa la malla No. 4 se pone a secar a 110 C hasta obtener un peso constante, se enfría a temperatura ambiente de 1 a 3 horas y se sumerge en un balde con agua por 24 horas para lograr su saturación.
- c) Se coloca el agregado hasta la tercera parte del cono metálico y se le da 25 golpes con el apisonador. Se repite esa operación 3 veces hasta completas la altura del cono.
- d) Se vuelve a completar, se engrasa y se retira el cono:
  - 1) Si se queda con forma tronco-cónica tiene más humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
  - 2) Si se queda con forma cónica terminada en punta sin desmoronarse tiene la humedad correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
  - 3) Si se demora, tiene menos humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
- e) Cuando el agregado se encuentra en estado saturado superficialmente seco, se pesan 500 gr. De material en el picnómetro y otros 500 gr se ponen en el horno a secar.
- f) Se llena el picnómetro hasta un nivel aproximado a los 500ml y con la bomba de vacíos se le quitan los vacíos que tengan el material hasta que se eliminen las burbujas de aire.
- g) Se añade agua hasta el nivel de 500ml anotándose su peso.

h) Se anota el peso de la muestra secada al horno hasta peso constante.

**Figura 26 : SECADO DEL MATERIAL HAST TENER UN PESO**



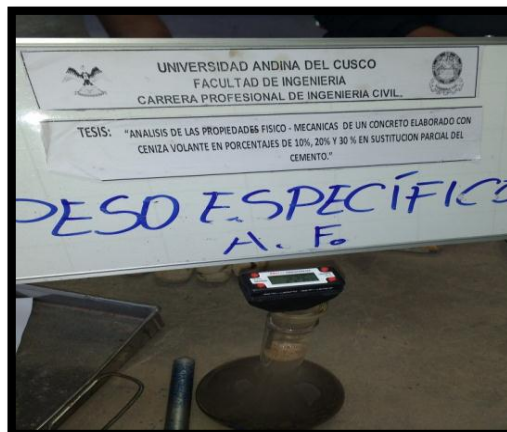
Fuente: Propia

**Figura 27: PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO**



Fuente: Propia

**Figura 28: PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO**



Fuente: Propia

Figura 29: PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO



Fuente: Propia

### 3.5.4.3. TOMA DE DATOS: ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Tabla 20: TOMA DE DATOS DEL PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO DE VICHO

Símbolo	DESCRIPCIÓN	VICHO				Und.
		M-1	M-2	M-3	Promedio	
500=	Muestra Saturada con Superficie Seca	500.50	500.70	500.80	500.67	gr.
W o=	Peso en el aire de la Muestra secada en el horno	490.80	489.10	489.20	489.70	gr.
Vf=	Volumen de Fiola	500.00	500.00	500.00	500.00	cm 3
Va=	Peso en gramos o volumen del agua añadida a la muestra	312.30	313.60	314.80	313.57	cm 3
Pem =	Peso Específico de Masa	2.61	2.62	2.64	2.63	g/cm 3
PeSSS=	Peso Específico de Masa Saturado con Superficie Seca	2.67	2.69	2.70	2.69	g/cm 3
Pea=	Peso Específico Aparente	2.76	2.80	2.82	2.79	g/cm 3
Abs=	Absorción expresado en porcentaje	1.98%	2.37%	2.37%	2.24%	%

Fuente: Propia

Tabla 21: TOMA DE DATOS DEL PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO DE CUNYAC

Símbolo	DESCRIPCIÓN	CUNYAC				Und.
		M-1	M-2	M-3	Promedio	
	Muestra Saturada con Superficie Seca	500.00	500.00	500.00	500.00	gr.
W o=	Peso en el aire de la Muestra secada en el horno	492.20	492.30	493.40	492.63	gr.
Vf=	Volumen de Fiola	500.00	500.00	500.00	500.00	cm 3
Va=	Peso en gramos o volumen del agua añadida a la muestra	304.10	303.40	302.70	303.40	cm 3
Pem =	Peso Específico de Masa	2.51	2.50	2.50	2.51	g/cm 3
PeSSS=	Peso Específico de Masa Saturado con Superficie Seca	2.55	2.54	2.53	2.54	g/cm 3
Pea=	Peso Específico Aparente	2.62	2.61	2.59	2.60	g/cm 3
Abs=	Absorción expresado en porcentaje	1.58%	1.56%	1.34%	1.50%	%

Fuente: Propia

### 3.5.5. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

#### 3.5.5.1. EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza.
- Horno para m materiales.
- Recipientes.

#### 3.5.5.2. PROCEDIMIENTO

- Procedemos a tomar una cantidad adecuada de agregado fino (CUNYAC Y VICHO) en diferentes recipientes.
- Procedemos a pesarlo en balanza sensible al 0.1 % de peso medido, para agregado fino y para agregado grueso en balanza sensible a 0.5 gr y con capacidad de 5000 gr a más.
- Luego colocamos los agregados en sus respectivos recipientes al horno a temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , durante 24hrs.
- Concluido el ensayo, se procedió a pesar cada muestra de material que ha sido secado en el horno.
- Finalmente en gabinete se realizó los cálculos respectivos del contenido de humedad.

**Figura 30: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**



Fuente: Propia

**3.5.5.3. TOMA DE DATOS CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**

**Tabla 22:** TOMA DE DATOS CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO DE CUNYAC

AGREGADO FINO : CUNYAC					
$(\%)Humedad = \frac{W_i - W_f}{W_f} \times 100$					
Cantera <u>CUNYAC</u>					
S	DESCRIPCIÓN	B-1	B-2	B-3	Und.
W <sub>i</sub> =	Peso de la Muestra Húmeda	21.70	23.88	22.81	gr.
W <sub>f</sub> =	Peso de la Muestra Seca	21.05	23.04	22.03	gr.
	Peso de Agua	0.65	0.84	0.78	gr.
P=	Contenido de Humedad W	3.09%	3.65%	3.54%	%
	Promedio de W %	<b>3.42%</b>			

Fuente: Propia

**3.5.6. MUESTREO DEL AGREGADO GRUESO**

**3.5.6.1. EQUIPOS Y MATERIALES**

- 70 Kg de agregado grueso de ½” para el cuarteo.
- Brocha.
- Regla de madera.
- Escoba.
- Espátula.
- Pala.
- Balanza.
- Bolsa para la muestra.

**3.5.6.2. PROCEDIMIENTO**

- a) Se toma la muestra de 70 Kg del agregado grueso como mínimo.
- b) Se forma una ruma de agregado con la pala dándole forma de un cono, darle de preferencia como mínimo 7 vueltas removiendo con la pala el agregado.
- c) Con la pala bajamos la punta del cono para facilitar la división.
- d) Con ayuda de la regla se procede a dividir diagonalmente el agregado en 4 partes semejantes.

- e) Una vez dividida se procede a escoger 2 partes semejantes diagonalmente opuestas.
- f) Luego las 2 partes no elegidas se desechan del muestreo.
- g) Con las partes elegidas nuevamente se realiza la operación este procedimiento se repetirá 4 veces.
- h) Finalmente la muestra final se pesa en la balanza y se guarda en una bolsa con una cartilla donde se especifiquen datos importantes.

**Figura 31: MUESTREO DEL AGREGADO GRUESO**



Fuente: Propia

**Figura 32: MUESTREO DEL AGREGADO GRUESO**



Fuente: Propia

### 3.5.7. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

#### 3.5.7.1. EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza de precisión.
- Brocha.
- Recipiente.
- Serie de tamices.

#### 3.5.7.2. PROCEDIMIENTO

- Del Muestreo se extraen muestras de Agregado Grueso de 06 kg aproximadamente y son colocadas en el horno a temperatura constante  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas para que este en condición seca.
- Se agarra 5000 g de muestras de Agregado Grueso y es sometida a un proceso de tamizado mecánico a través de una serie de tamices estandarizados y ordenados en forma decreciente de acuerdo al tamaño.
- Los tamices utilizados son en este orden los siguientes: 1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", #4 y el fondo.
- Concluido el proceso de tamizado, se procede a pesar cada porción de material que ha sido retenido en cada tamiz y se anota. Cada uno de estos pesos retenidos debe ser expresado como un porcentaje del total de la muestra.

**Figura 33: GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO - VICHO**



Fuente: Propia



Figura 34: GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO - VICHO



Fuente: Propia

### 3.5.7.3. TOMA DE DATOS – GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 23: TOMA DE DATOS – GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO DE VICHO

AGREGADO GRUESO: VICHO								
Cantera: <u>VICHO</u>				Peso Inicial: <u>5003.40</u> gr.				
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO				RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULADO %	ACUMULADO QUE PASA %
		M-1	M-2	M-3	Promedio			
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.050	408.30	220.80	717.90	449.00	9.00%	9.00%	91.00%
1/2"	12.700	2515.20	2411.40	2822.40	2583.00	51.76%	60.75%	39.25%
3/8"	9.525	1382.70	1557.30	936.00	1292.00	25.89%	86.64%	13.36%
Nº4	4.760	687.60	800.70	512.10	666.80	13.36%	100.00%	0.00%
Total (Tamices)		4993.80	4990.20	4988.40	4990.80	100.00%		
Fondo		8.10	8.70	14.10	10.30			
<b>PESO TOTAL</b>		5001.90	4998.90	5002.50	5001.10			
Error del Ensayo		0.03%	0.09%	0.02%	0.05%			
Ensayo Representativo		SI	SI	SI	SI			

Fuente: Propia

### 3.5.8. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

#### 3.5.8.1. EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza de precisión 0.1 gr.
- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido que está relacionado con el tamaño máximo del agregado.
- Varilla de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud con una punta redondeada.

- Horno para materiales.

### 3.5.8.2. PROCEDIMIENTO

#### 3.5.8.2.1 PESO UNITARIO COMPACTADO

Del muestreo se extraen muestras de Agregado y son llevados al horno a temperatura de  $105 \pm 5$  °C durante 24 horas, los materiales para este ensayo deberán estar secos.

- Se determina y anota el peso y volumen del molde.
- Se vierte el material en el mismo, con ayuda de una cuchara o de otro.
- El proceso de llenado se realiza entre 03 sesiones, el cual en cada sesión se dará 25 golpes con la varilla para compactar el material, sin que la varilla toque el fondo del recipiente, vibrando simultáneamente el molde en el suelo para que el material se acomode y/o compacte, por consiguiente su peso será el mayor posible.
- Se repite esta operación completando las otras dos capas, cuidando que en cada capa la varilla al golpear no pase a la capa inferior.
- Se enrasa el material al nivel del borde superior del molde, con la ayuda de la varilla.
- Enseguida se lleva a la balanza y se anota el peso del molde más el material.

**Figura 35: PESO UNITARIO COMPACTADO**



**Fuente: Propia**

#### 3.5.8.2.2 PESO UNITARIO SUELTO

- Del muestreo se extraen muestras de Agregado y son llevados al horno a temperatura de  $105 \pm 5$  °C durante 24 horas, los materiales para este ensayo deberán estar secos.

- b) Se determina y anota el peso y volumen del molde.
- c) Se vierte el material en el mismo, con ayuda de una cuchara o de otro implemento, cuidando que la altura de caída sea de 5cm aproximadamente sobre el borde superior del molde, se vierte el material hasta que este enraizado de material el molde.
- d) Se enrasa el material al nivel del borde superior del molde, con la ayuda de la varilla.
- f) Enseguida se lleva a la balanza y se anota el peso del molde más el material.

Figura 36: PESO UNITARIO SUELTO



Fuente: Propia

### 5.8.3. TOMA DE DATO- PESO UNITARIO

Tabla 24:TOMA DE DATOS DEL PESO UNITARIO

S	DESCRIPCIÓN	VICH O				Und.
		M-1	M-2	M-3	Promedio	
T =	Peso del envase	8490.00	8490.00	8490.00	8490.00	gr.
Ve=	Volumen del envase	4032.85	4032.85	4032.85	4032.85	cm 3
Gsc=	Envase + Muestra (Sin Compactar)	14250.00	14390.00	14370.00	14336.67	gr.
Gsc- T=	Muestra (Sin Compactar)	5760.00	5900.00	5880.00	5846.67	gr.
Gco=	Envase + Muestra (Compactado)	14980.00	15150.00	15050.00	15060.00	gr.
Gco-T=	Muestra (Compactado)	6490.00	6660.00	6560.00	6570.00	gr.
PU <sub>s</sub> =	PESO UNITARIO SUELTO	1.43	1.46	1.46	1.45	gr./cc
PU <sub>c</sub> =	PESO UNITARIO COMPACTADO	1.61	1.65	1.63	1.63	gr./cc

Fuente: Propia

### 3.5.9. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Este método establece el procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca y el porcentaje de absorción después de 24 horas del Agregado Grueso de la cantera de Vicho, ensayo resguardado según la (N.T.P. 400.021, 2013).

#### 3.5.9.1 EQUIPOS Y MATERIALES

- 01 Balanza de hidrostática de capacidad 5000 g a más, la balanza estuvo equipada con una canastilla enmallada colgante en el centro del dispositivo.
- 01 Balanza capacidad 30 Kg.
- 01 Depósito de agua, adecuado para sumergir la cesta o canastilla enmallada colgante.
- 01 Horno eléctrico de materiales.
- 01 Estufa secadora.
- 01 Tamiz Estándar #4.
- Recipientes Metálicos.
- 02 kit de EPP (Equipos de protección personal).

#### 3.5.9.2 PROCEDIMIENTO:

- a) Según el muestreo establecido en la Norma (N.T.P. 400.021, 2013), el peso mínimo para este ensayo será de 02 Kg y el material pasante por el tamiz #4 será descartado.
- b) Bajo esas consideraciones agarramos 10 Kg aproximados de agregado grueso después del cuarteo, para sumergirlo dentro del agua durante 24 horas.
- c) Seguidamente se extrajo la muestra a un recipiente e inmediatamente es secado por un paño grande absorbente hasta hacer desaparecer cualquier película de agua visible, siendo así se obtiene la muestra del agregado en condiciones saturada con superficie seca.
- d) Enseguida se agarra una porción de muestra saturada con superficie seca. (Pesado en el aire) y se introduce en la canastilla enmallada, esta operación se realizó removiendo y sacudiendo levemente mientras que la muestra es sumergida, así evitando la presencia de aire atrapado.

- e) Una vez sumergido la muestra a la canastilla se procede a dar lectura del peso en la balanza de hidrostática.
- f) Al mismo tiempo se agarra el resto de agregado grueso en condiciones saturada con superficie seca, este se pesa y seguidamente es llevado al horno de materiales durante 24 horas a temperatura constante de  $105 \pm 5$  °C.
- g) Seguidamente se vuelve a pesar la muestra seca.
- h) Finalmente en gabinete se realizó los cálculos respectivos del peso específico seco, peso específico saturado superficialmente seco y el porcentaje de absorción.

**Figura 37: PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO**



Fuente: Propia

**Figura 38: SECADO DE MUESTRA DE AGREGADO GRUESO- PARA HALLAR SU PESO ESPECIFICO**



Fuente: Propia

### 3.5.9.3 TOMA DE DATOS PESO ESPECIFICO- AGREGADO GRUESO

Tabla 25: TOMA DE DATOS PESO ESPECIFICO- AGREGADO GRUESO

Símbolo	DESCRIPCIÓN	VICH O				Und.
		M-1	M-2	M-3	Promedio	
	Peso de la Muestra Saturada dentro del agua + Ca	3919.30	3920.90	3918.75	3919.65	gr.
	Peso de la Canastilla dentro del Agua	730.20	730.20	730.20	730.20	gr.
A=	Peso de la Muestra Seca	4954.90	4948.70	4946.20	4949.93	gr.
B=	Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	5000.70	5000.00	5000.00	5000.23	gr.
C=	Peso de la Muestra dentro del Agua	3189.10	3190.70	3188.55	3189.45	gr.
Pem=	Peso Específico de Masa	2.74	2.74	2.73	2.73	g/cm <sup>3</sup>
PeSSS=	Peso Específico de Masa Saturado con Superficie	2.76	2.76	2.76	2.76	g/cm <sup>3</sup>
Pea=	Peso Específico Aparente	2.81	2.81	2.81	2.81	g/cm <sup>3</sup>
Abs=	Absorción expresado en porcentaje	0.92%	1.04%	1.09%	1.02%	%

Fuente: Propia

### 3.5.10. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

#### 3.5.10.1. EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza.
- Horno para materiales.
- Recipientes.

#### 3.5.10.2. PROCEDIMIENTO

- Procedemos a tomar una cantidad adecuada de agregado grueso (VICH O) en diferentes recipientes.
- Procedemos a pesarlo en balanza sensible al 0.1 % de peso medido, para agregado fino y para agregado grueso en balanza sensible a 0.5 gr y con capacidad de 5000 gr a más.
- Luego colocamos los agregados en sus respectivos recipientes al horno a temperatura de 110 °C ±5°C, durante 24hrs.

**3.5.10.3 TOMA DE DATOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD****Tabla 26:** TOMA DE DATOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**AGREGADO FINO : VICH O**

$$(\%)Humedad = \frac{W_i - W_f}{W_f} \times 100$$

Cantera VICH O

S	DESCRIPCIÓN	B-1	B-2	B-3	Und.
W <sub>i</sub> =	Peso de la Muestra Húmeda	44.76	45.02	47.98	gr.
W <sub>f</sub> =	Peso de la Muestra Seca	43.67	44.03	46.59	gr.
	Peso de Agua	1.09	0.99	1.39	gr.
P=	Contenido de Humedad W	2.50%	2.25%	2.98%	%
	Promedio de W %	<b>2.58%</b>			

Fuente: Propia

**3.5.11 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA, VERIFICACIÓN DEL REVENIMIENTO Y MOLDEADO DE PROBETAS DEL CONCRETO FRESCO.**

Se describe la elaboración de las Probetas-Testigos de concreto tal como se produjo en la etapa de mezclado y vaciado.

En cuanto a la dosificación del concreto (diseño de Mezclas) para: Concreto Patrón y Concreto modificado reemplazando el cemento por ceniza volante en porcentajes de 10%, 20%, 30%.

En cuanto a la elaboración y/o moldeado de probetas-testigos se realizó bajo las consideraciones de la (N.T.P. 339.033, 2009), realizado en campo.

En cuanto al Revenimiento del concreto, no se realizó ningún tipo de control, solo se verificó lo que sucede, con la misma cantidad de agua para todas las dosificaciones, para este punto se tuvo la consideraciones previas de (N.T.P.339.045).

Los pasos descritos a continuación son exclusivamente para 01 Tanda de vaciado, que abastecerá a 07 briquetas testigo o 2 viguetas testigo respectivamente.

**3.5.11.1 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA**

- Agregado Grueso – cantera Vicho (cantidad según dosificación).
- Agregado Fino – cantera vicho (cantidad según dosificación).
- Agregado Fino – cantera Cunyac (cantidad según dosificación).
- Cemento Puzolánico IP (bolsa) – Yura (cantidad según dosificación).
- Ceniza Volante proveniente de la planta térmica Ilo 21 – Engie.



- Agua – Potable bebible (cantidad según dosificación).
- 01 Mezcladora de Concreto, tipo Trompo (1.25 P3)
- 04 Envases o Baldes de plástico (05 gls).
- 02 Carretilla.
- 02 pala.
- 01 Balanza capacidad (30 kg)
- Cono de Abrams.
- Barra compactadora lisa 5/8”
- Cinta métrica.
- Bandeja plana.
- 02 Cucharas metálicas.
- 20 moldes estándares plásticos (briqueteras) de 10cm de diámetro y 20 cm de altura, que cumplan con (N.T.P. 339.209, 2006).
- 08 moldes de madera de 15 de ancho, 15 cm de alto y 50 cm de largo.
- Comba de Goma.
- ½ gln Petróleo Biodiesel.
- 02 kit de EPP (Equipos de protección personal).
- La cantidad de estos insumos son constantes para todas las Tandas, no varían en cuanto a su dosificación en Peso.

### 3.5.11.2 PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO

- Se utilizó los EPP's.
- Se alistan todos los insumos o componentes a mezclar de modo que sobre material al final de cada tanda.
- Se verifica que la mezcladora trompo este en óptimas condiciones mecánicas de modo que no falle durante la etapa de mezclado.
- Se satura con agua la mezcladora trompo, de modo que no absorba agua durante el mezclado.
- Se pesa en la balanza cada material de acuerdo a la dosificación prevista con la ayuda de las cucharas metálicas.
- Se introduce los agregados y cemento a la mezcladora y se empieza con el mezclado.
- Inmediatamente se introduce el agua de forma constante, del modo que no se produzca grumos o bolones dentro de la mezcladora.



- Etapa que dura 2 a 5 minutos, se verifica que la mezcla del concreto este bien combinado de forma pastosa.

**Figura 39: INTRODUCCIÓN DE LOS AGREGADOS Y CEMENTO A LA MEZCLADORA Y SE EMPIEZA CON EL MEZCLADO**



Fuente: Propia

**Figura 40: PREPARACION DEL CONCRETO**



Fuente: Propia

**Figura 41: PREPARACION DEL CONCRETO CON CENIZA VOLANTE EN DIFERENTES PORCENTAJES**



Fuente: Propia



### 3.5.11.3 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DEL REVENIMIENTO–SLUMP DEL CONCRETO.

- Se detiene el mezclado, Inmediatamente se procede a realizar la verificación del revenimiento del concreto con la ayuda del cono de Abrams.
- El molde cónico antes del ensayo deberá estar saturado con agua de modo que no absorba agua durante el ensayo, ya que esto puede alterar el resultado durante el ensayo.
- Se pisa las patillas del cono de Abrams, y se empieza llenar con la mezcla de concreto hasta la tercera parte.
- Inmediatamente se agarra la barra compactadora y se empieza a compactar con la punta de la barra con 25 ciclos de forma uniforme en el área de relleno.
- Seguidamente se llena las 2 terceras partes del molde y se repite de nuevo el compactado de los 25 ciclos, de forma uniforme y evitando de que la punta de la barra llegue al compactado anterior.
- Seguidamente se llena la última tercera parte del molde cónico de modo que el molde este copeado o rebosado con la mezcla de concreto fresco, y se repite de nuevo el compactado de los 25 ciclos, de forma uniforme y evitando de que la punta de la barra llegue al compactado anterior.
- Se enraza la parte superior del molde cónico, con la ayuda de la varilla de modo que este en nivel.
- Finalmente se sujeta fuertemente de las orejas del molde cónico, y se levanta de forma vertical.
- Inmediatamente se invierte el molde cónico y se coloca al costado de la muestra ensayada y con la ayuda de la varilla que este en nivel se verifica el asentamiento de la mezcla de concreto.
- La verificación del asentamiento se medió con cinta métrica y se tomó el respectivo apunte de cada tanda realizada.

Figura 42: ENSAYO DE CONODE ABRAMS



Fuente: Propia

Figura 43: ENSAYO DE CONODE ABRAMS



Fuente: Propia

### 3.5.11.4 TOMA DE DATOS:

Tabla 27: REVENIMIENTO-SLUMP DEL CONCRETO.

TANDA N°01					
TIPO DE MUESTRA	SLUMP (CM)			Promedio (CM)	Promedio (PULG)
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3		
Patrón	3.70	3.75	3.68	3.71	1.46
Concreto Reemplazando el 10% del cemento por C.V.	3.52	3.41	3.45	3.46	1.36
Concreto Reemplazando el 20% del cemento por C.V.	3.19	3.25	3.23	3.22	1.27
Concreto Reemplazando el 30% del cemento por C.V.	2.78	2.76	2.82	2.79	1.10

TANDA N°02					
TIPO DE MUESTRA	SLUMP (CM)			Promedio	Promedio (PULG)
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3		
Patrón	3.65	3.62	3.58	3.62	1.43
Concreto Reemplazando el 10% del cemento por C.V.	3.55	3.48	3.52	3.52	1.39
Concreto Reemplazando el 20% del cemento por C.V.	3.09	3.15	3.20	3.15	1.24
Concreto Reemplazando el 30% del cemento por C.V.	2.65	2.74	2.71	2.70	1.06

TANDA N°03					
TIPO DE MUESTRA	SLUMP (CM)			Promedio	Promedio (PULG)
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3		
Patrón	3.70	3.62	3.75	3.69	1.45
Concreto Reemplazando el 10% del cemento por C.V.	3.61	3.58	3.52	3.57	1.41
Concreto Reemplazando el 20% del cemento por C.V.	3.20	3.15	3.10	3.15	1.24
Concreto Reemplazando el 30% del cemento por C.V.	2.70	2.85	2.76	2.77	1.09

Fuente: Propia



### 3.5.11.5 MOLDEADO DE PROBETAS-TESTIGOS:

- Una vez verificado el Revenimiento-Slump del concreto, inmediatamente se procedió al moldeado de cada Probeta-Testigo.
- Antes del moldeado se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones, que los moldes-briqueteras deberán estar bien ajustados, nivelados y calibrados, seguidamente se deberá cubrir o pintar el interior del molde con Petróleo Biodiesel, para que la mezcla del concreto no se adhiera a la superficie interior del molde.
- Se agarra el Molde plástico (Briquetera) con las precauciones dadas y se empieza a llenar con mezcla de concreto fresco hasta la tercera parte, inmediatamente con la ayuda de la barra compactadora se empieza a compactar con la punta de la barra con 25 ciclos de forma uniforme en el área de relleno, seguidamente con la comba de goma se realizan 10 golpes alrededor del Molde Metálico (Briquetera).
- Seguidamente se llena las 2 terceras partes del molde y se repite de nuevo el compactado de los 25 ciclos, de forma uniforme y evitando de que la punta de la barra llegue al compactado anterior, seguidamente con la comba de goma se realizan 10 golpes alrededor del Molde Metálico (Briquetera).
- Seguidamente se llena la última tercera parte del Molde Metálico – Briquetera de modo que el molde este copeado o rebosado con la mezcla de concreto fresco, y se repite de nuevo el compactado de los 25 ciclos, de forma uniforme y evitando de que la punta de la barra llegue al compactado anterior, seguidamente con la comba de goma se realizan 10 golpes alrededor del Molde Metálico (Briquetera).
- Finalmente se realiza el enrazado de las probetas de concreto fresco con la ayuda de una espátula, y verificar que este bien nivelado y que estos sean lo más preciso posible.

- Esperar a que las probetas-testigos fragüen alrededor de 24 horas para luego desmoldar los testigos y empezar con la etapa del curado del concreto.

**Figura 45: MOLDEADO DE PROBETAS-TESTIGOS**



Fuente: Propia

**Figura 44: MOLDEADO DE PROBETAS-TESTIGOS**



Fuente: Propia

**Figura 47: MOLDEADO DE PROBETAS-TESTIGOS**



Fuente: Propia

**Figura 46: MOLDEADO DE PROBETAS-TESTIGOS**



Fuente: Propia

### 3.5.11.6 CURADO DE PROBETAS-TESTIGOS DE CONCRETO.

El proceso de curado de esta investigación está bajo las consideraciones de la (N.T.P. 339.033, 2009), realizadas en campo.

Las condiciones en cuanto a este procedimiento están basadas de acuerdo al marco teórico de este documento, siendo así este procedimiento se realizó de la siguiente forma:

#### 3.5.11.6.1 EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA.

- Cámara o poza de agua que tenga la altura suficiente para almacenar las probetas-testigo, totalmente sumergido.
- Probetas-Testigos.

#### 3.5.11.6.2 PROCEDIMIENTO.

- a) Una vez que el concreto ha fraguado los Probetas-testigos son desmoldados cuidadosamente, sin que haya algún desperfecto en lo posible, es muy importante tener en cuenta que si las aristas de los testigos son dañados o astillados entonces tendremos resultados alterados.
- b) Cumpliendo con las precauciones dadas, procedemos a marcar cada testigo, ya sea con pintura o con la ayuda de un corrector.
- c) Se trasladan cuidadosamente las probetas-Testigos hacia la poza o cámara.
- d) Se sumergió cuidadosamente dentro de la poza con agua, cada probeta-testigo, verificando que la base esté llano y libre de cualquier partícula o sustancia perjudicial.

**Figura 50:** CURADO DE PROBETAS



Fuente: Propia

**Figura 49:** CURADO DE PROBETAS



Fuente: Propia

**Figura 48:** CURADO DE PROBETAS



Fuente: Propia

### 3.5.11.7 ELABORACIÓN DE VIGAS DE CONCRETO

#### 3.5.11.7.1 PROCEDIMIENTO

- a) Se engraso los moldes y se verifico que estén bien armados, para engrasar los moldes se utilizó petróleo y una brocha.
- b) Se colocó los moldes en una superficie plana y firme en el lugar donde se quedaran hasta que se desmolden.
- c) Se midió el revenimiento del concreto, se llenó cada molde de la viga en 2 capas con un mismo volumen de concreto. Después de completar cada capa se procedió a compactar con la varilla lisa de 5/8" dando 75 golpes por capa atravesando toda su profundidad.
- d) Después que cada capa fue varillada, se golpeó de 10 a 15 veces las paredes externas del molde con el martillo de goma, con el propósito de acomodar la mezcla y eliminar el aire que pudo quedar atrapado.
- e) Se engraso en la parte superior del molde con la varilla de compactación badilejo y se aliso la superficie.
- f) Inmediatamente después del moldeo y acabado de la superficie, los especímenes se almacenaron por un periodo de 24 horas en un ambiente que prevenga la perdida de humedad de los especímenes, para posteriormente desmoldar las probetas de concreto

**Figura 51: ELABORACIÓN DE VIGAS DE CONCRETO**



Fuente: Propia



### **3.5.11.8 ENSAYO, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL Y CORROBORACIÓN DE DIMENSIONES DE PROBETAS- TESTIGOS.**

Ensayo resguardado según (N.T.P. 339.034, 2013).

Antes del ensayo de resistencia a la compresión se corroboró las dimensiones de cada testigo, en cuanto a la relación (Longitud/Diámetro) de cada testigo.

Si un testigo no cumple con lo establecido según los parámetros de la norma en cuanto a sus dimensiones, la muestra será descartada y no se realizará su ensayo de resistencia a la compresión, o de lo contrario el testigo será refrentado.

Las Probetas-Testigos fueron evaluadas a los 7, 14 y 28 días, en cuanto a la tolerancia permisible del tiempo de ensayo.

#### **3.5.11.8.1 EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA**

- Equipo de compresión Axial (calibrado).
- Vernier.
- Balanza (Capacidad 30Kg).
- Cinta métrica (Wincha 03m).
- 02 kit de EPP (Equipos de protección personal).

#### **3.5.11.8.2 PROCEDIMIENTO.**

- Se retiran las probetas-testigos de la cámara o poza de curado, y se traslada a un lugar adecuado y llano.
- Se procede a realizar la corroboración de las medidas de cada Probeta-Testigo, con la ayuda del vernier y/o cinta métrica.
- Se realizó la medición de sus diámetros de la parte superior y de la parte inferior de cada Probeta-Testigo, con vernier y/o cinta métrica.
- Se realizó la medición de las alturas de cada Probeta-Testigo, con vernier y/o cinta métrica.
- También forma opcional se pesó cada probeta-testigo.
- Enseguida se enciende el Equipo de Compresión Axial, y se calibra en su Menú, el tipo de ensayo a realizar compresión axial, dimensión de testigos a ensayar y la velocidad de carga aplicada de forma constante.
- Seguidamente se capeó cada probeta-testigo, se colocó y se alineó en el eje de la base y cabeza del respectivo equipo donde la fuerza es aplicada.
- El equipo tiene 2 velocidades fundamentales, la primera es para que el cabezal llegue a topar con el testigo de forma rápida, una vez topado con el



testigo, se reduce a la segunda velocidad el cual es controlado por una perilla tipo timón, el cual se debe conducir en la pantalla de lectura que la dirección del cabezal este lo más centrado posible.

- En la segunda velocidad la aplicación de fuerza es constante y esperar hasta que el testigo llegue a su máxima resistencia, una vez que el testigo falla, inmediatamente dirigir u ordenar a la maquina la dirección de retorno del cabezal a su posición original.
- Del ensayo realizado se tomó las lecturas correspondientes.

**Figura 53: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**



Fuente: Propia

**Figura 52: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**



Fuente: Propia

### 3.5.11.8.3. TOMA DE DATOS

- La toma de datos se realizó a los 7, 14 y 28 días de curado de las respectivas probetas-testigos.
- Probetas-Testigos de concreto con diseño  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, que fueron evaluados, Concreto patrón y concreto remplazando el cemento por ceniza volante en 10%, 20, 30%.

Tabla 28: CONCRETO PATRÓN – 7 DÍAS

CONCRETO PATRÓN - CP												
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P - 01	7	10.00	10.05	10.07	10.04	20.60	20.70	20.65	79.17	11810.00	149.17
2	P - 02	7	10.02	10.00	10.05	10.02	20.60	20.50	20.55	78.91	11010.00	139.53
3	P - 03	7	10.05	10.00	10.10	10.05	20.80	20.70	20.75	79.33	11250.00	141.82
4	P - 04	7	10.00	10.02	10.05	10.02	20.60	20.70	20.65	78.91	12100.00	153.35
5	P - 05	7	10.08	10.05	10.02	10.05	20.90	20.70	20.80	79.33	12980.00	163.63
6	P - 06	7	10.00	10.02	10.05	10.02	20.80	20.70	20.75	78.91	12390.00	157.02
7	P - 07	7	10.00	10.05	10.00	10.02	20.70	20.90	20.80	78.80	12450.00	157.99

Fuente: Propia

Tabla 29: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE												
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C10CV-01	7	10.05	10.09	10.00	10.05	20.90	20.80	20.85	79.27	8510.00	107.35
2	C10CV-02	7	10.00	10.07	10.10	10.06	20.60	20.80	20.70	79.43	9640.00	121.36
3	C10CV-03	7	10.10	10.05	10.00	10.05	20.70	20.90	20.80	79.33	10120.00	127.57
4	C10CV-04	7	10.07	10.00	10.10	10.06	20.60	20.70	20.65	79.43	9260.00	116.58
5	C10CV-05	7	10.07	10.10	10.05	10.07	20.50	20.60	20.55	79.70	9910.00	124.35
6	C10CV-06	7	10.10	10.05	10.05	10.07	20.70	20.90	20.80	79.59	10270.00	129.04
7	C10CV-07	7	10.05	10.07	10.10	10.07	20.60	20.70	20.65	79.70	10220.00	128.24

Fuente: Propia

Tabla 30: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE												
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C20CV-01	7	10.05	10.00	10.10	10.05	20.90	20.60	20.75	79.33	9020.00	113.71
2	C20CV-02	7	10.05	10.05	10.00	10.03	20.60	20.70	20.50	79.06	9240.00	116.87
3	C20CV-03	7	10.06	10.05	10.10	10.07	20.90	20.70	20.80	79.64	7730.00	97.06
4	C20CV-04	7	10.10	10.00	10.07	10.06	20.60	20.50	20.55	79.43	8920.00	112.30
5	C20CV-05	7	10.06	10.10	10.05	10.07	20.60	20.70	20.65	79.64	8800.00	110.49
6	C20CV-06	7	10.05	10.10	10.00	10.05	20.50	20.60	20.55	79.33	9400.00	118.50
7	C20CV-07	7	10.10	10.05	10.06	10.07	20.70	20.60	20.65	79.64	9320.00	117.02

Fuente: Propia

Tabla 31: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE												
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C30CV-01	7	10.05	10.05	10.10	10.07	20.36	20.70	20.53	79.59	7070.00	88.83
2	C30CV-02	7	10.00	10.10	10.05	10.05	20.90	20.80	20.50	79.33	6690.00	84.33
3	C30CV-03	7	10.07	10.05	10.10	10.07	20.60	20.70	20.65	79.70	7100.00	89.09
4	C30CV-04	7	10.05	10.10	10.00	10.05	20.90	20.80	20.85	79.33	6500.00	81.94
5	C30CV-05	7	10.06	10.10	10.07	10.08	20.70	20.60	20.65	79.75	7300.00	91.54
6	C30CV-06	7	10.10	10.00	10.06	10.05	20.80	20.80	20.80	79.38	6470.00	81.51
7	C30CV-07	7	10.10	10.05	10.00	10.05	20.90	20.60	20.75	79.33	6920.00	87.23

Fuente: Propia

Tabla 32: CONCRETO PATRÓN – 14 DÍAS

CONCRETO PATRÓN - CP												
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P - 01	14	10.00	10.05	10.07	10.04	20.60	20.70	20.65	79.17	15350.00	193.89
2	P - 02	14	10.02	10.00	10.05	10.02	20.60	20.50	20.55	78.91	16320.00	206.83
3	P - 03	14	10.05	10.00	10.10	10.05	20.80	20.70	20.75	79.33	16820.00	212.03
4	P - 04	14	10.00	10.02	10.05	10.02	20.60	20.70	20.65	78.91	17200.00	217.98
5	P - 05	14	10.08	10.05	10.02	10.05	20.90	20.70	20.80	79.33	16110.00	203.08
6	P - 06	14	10.00	10.02	10.05	10.02	20.80	20.70	20.75	78.91	14990.00	189.97
7	P - 07	14	10.00	10.05	10.00	10.02	20.70	20.90	20.80	78.80	16440.00	208.62

Fuente: Propia

Tabla 33: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE												
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C10CV-01	14	10.05	10.09	10.00	10.05	20.90	20.80	20.85	79.27	14820.00	186.95
2	C10CV-02	14	10.00	10.07	10.10	10.06	20.60	20.80	20.70	79.43	13920.00	175.24
3	C10CV-03	14	10.10	10.05	10.00	10.05	20.70	20.90	20.80	79.33	14410.00	181.65
4	C10CV-04	14	10.07	10.00	10.10	10.06	20.60	20.70	20.65	79.43	13990.00	176.12
5	C10CV-05	14	10.07	10.10	10.05	10.07	20.50	20.60	20.55	79.70	14980.00	187.96
6	C10CV-06	14	10.10	10.05	10.05	10.07	20.70	20.90	20.80	79.59	13910.00	174.77
7	C10CV-07	14	10.05	10.07	10.10	10.07	20.60	20.70	20.65	79.70	15120.00	189.72

Fuente: Propia

Tabla 34: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE												
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C20CV-01	14	10.05	10.00	10.10	10.05	20.90	20.60	20.75	79.33	12860.00	162.11
2	C20CV-02	14	10.05	10.05	10.00	10.03	20.60	20.70	20.50	79.06	12990.00	164.30
3	C20CV-03	14	10.06	10.05	10.10	10.07	20.90	20.70	20.80	79.64	13220.00	165.99
4	C20CV-04	14	10.10	10.00	10.07	10.06	20.60	20.50	20.55	79.43	12840.00	161.65
5	C20CV-05	14	10.06	10.10	10.05	10.07	20.60	20.70	20.65	79.64	13120.00	164.73
6	C20CV-06	14	10.05	10.10	10.00	10.05	20.50	20.60	20.55	79.33	14220.00	179.26
7	C20CV-07	14	10.10	10.05	10.06	10.07	20.70	20.60	20.65	79.64	12980.00	162.98

Fuente: Propia

Tabla 35: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE												
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C30CV-01	14	10.05	10.05	10.10	10.07	20.36	20.70	20.53	79.59	10900.00	136.95
2	C30CV-02	14	10.00	10.10	10.05	10.05	20.90	20.80	20.50	79.33	11120.00	140.18
3	C30CV-03	14	10.07	10.05	10.10	10.07	20.60	20.70	20.65	79.70	10340.00	129.74
4	C30CV-04	14	10.05	10.10	10.00	10.05	20.90	20.80	20.85	79.33	9980.00	125.81
5	C30CV-05	14	10.06	10.10	10.07	10.08	20.70	20.60	20.65	79.75	10220.00	128.15
6	C30CV-06	14	10.10	10.00	10.06	10.05	20.80	20.80	20.80	79.38	11470.00	144.50
7	C30CV-07	14	10.10	10.05	10.00	10.05	20.90	20.60	20.75	79.33	11920.00	150.26

Fuente: Propia

Tabla 36: CONCRETO PATRON – 28 DIAS

CONCRETO PATRÓN - CP												
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P - 01	28	10.00	10.05	10.07	10.04	20.60	20.70	20.65	79.17	21840.00	275.86
2	P - 02	28	10.02	10.00	10.05	10.02	20.60	20.50	20.55	78.91	19440.00	246.37
3	P - 03	28	10.05	10.00	10.10	10.05	20.80	20.70	20.75	79.33	22320.00	281.37
4	P - 04	28	10.00	10.02	10.05	10.02	20.60	20.70	20.65	78.91	20910.00	265.00
5	P - 05	28	10.08	10.05	10.02	10.05	20.90	20.70	20.80	79.33	22390.00	282.25
6	P - 06	28	10.00	10.02	10.05	10.02	20.80	20.70	20.75	78.91	20960.00	265.63
7	P - 07	28	10.00	10.05	10.00	10.02	20.70	20.90	20.80	78.80	23440.00	297.46

Fuente: Propia

Tabla 37: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE												
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	$\varnothing_1$	$\varnothing_2$	$\varnothing_3$	PROMEDIO DE DIÁMETRO Dp (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C10CV-01	28	10.05	10.09	10.00	10.05	20.90	20.80	20.85	79.27	20910.00	263.77
2	C10CV-02	28	10.00	10.07	10.10	10.06	20.60	20.80	20.70	79.43	18950.00	238.57
3	C10CV-03	28	10.10	10.05	10.00	10.05	20.70	20.90	20.80	79.33	21000.00	264.73
4	C10CV-04	28	10.07	10.00	10.10	10.06	20.60	20.70	20.65	79.43	20430.00	257.20
5	C10CV-05	28	10.07	10.10	10.05	10.07	20.50	20.60	20.55	79.70	20220.00	253.71
6	C10CV-06	28	10.10	10.05	10.05	10.07	20.70	20.90	20.80	79.59	19530.00	245.38
7	C10CV-07	28	10.05	10.07	10.10	10.07	20.60	20.70	20.65	79.70	19420.00	243.68

Fuente: Propia

Tabla 38: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE												
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	$\varnothing_1$	$\varnothing_2$	$\varnothing_3$	PROMEDIO DE DIÁMETRO Dp (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C20CV-01	28	10.05	10.00	10.10	10.05	20.90	20.60	20.75	79.33	18430.00	232.33
2	C20CV-02	28	10.05	10.05	10.00	10.03	20.60	20.70	20.50	79.06	16970.00	214.64
3	C20CV-03	28	10.06	10.05	10.10	10.07	20.90	20.70	20.80	79.64	20890.00	262.29
4	C20CV-04	28	10.10	10.00	10.07	10.06	20.60	20.50	20.55	79.43	18580.00	233.91
5	C20CV-05	28	10.06	10.10	10.05	10.07	20.60	20.70	20.65	79.64	20090.00	252.25
6	C20CV-06	28	10.05	10.10	10.00	10.05	20.50	20.60	20.55	79.33	17860.00	225.14
7	C20CV-07	28	10.10	10.05	10.06	10.07	20.70	20.60	20.65	79.64	18730.00	235.17

Fuente: Propia

Tabla 39: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE												
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	$\varnothing_1$	$\varnothing_2$	$\varnothing_3$	PROMEDIO DE DIÁMETRO Dp (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C30CV-01	28	10.05	10.05	10.10	10.07	20.36	20.70	20.53	79.59	17280.00	217.11
2	C30CV-02	28	10.00	10.10	10.05	10.05	20.90	20.80	20.50	79.33	17310.00	218.21
3	C30CV-03	28	10.07	10.05	10.10	10.07	20.60	20.70	20.65	79.70	16200.00	203.27
4	C30CV-04	28	10.05	10.10	10.00	10.05	20.90	20.80	20.85	79.33	15530.00	195.77
5	C30CV-05	28	10.06	10.10	10.07	10.08	20.70	20.60	20.65	79.75	16200.00	203.14
6	C30CV-06	28	10.10	10.00	10.06	10.05	20.80	20.80	20.80	79.38	17290.00	217.81
7	C30CV-07	28	10.10	10.05	10.00	10.05	20.90	20.60	20.75	79.33	17180.00	216.57

Fuente: Propia

### 3.5.11.9 ENSAYO DE FLEXIÓN

#### 3.5.11.9.1. PROCEDIMIENTO

- a) Se tomaron como testigos para el ensayo de flexión a los especímenes prismáticos (vigas) elaborados con concreto de resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>, dichos especímenes tuvieron dimensiones de 15x15x50 cm.
- b) Se procedió a medir el peralte, ancho y longitud de las vigas tomando dos lecturas por cada medición, para posteriormente promediarlas y obtener valores de peralte, ancho y longitud para hallar el módulo de rotura de los especímenes prismáticos de concreto.
- c) El ensayo a flexión que se realizó fue con una sola carga puntual al medio de su luz como lo normaliza la norma ASTM C239.
- d) Se realizó el montaje de la viga en el equipo de flexión, colocando carga puntual al medio de la luz, se procedió a ensayar los especímenes hasta la falla de los mismos.
- e) Posteriormente se anotó la máxima carga aplicada, y se observó el tipo de falla que produjeron los especímenes de concreto.

Figura 55: ENSAYO DE FLEXIÓN



Fuente: Propia

Figura 54: ENSAYO DE FLEXIÓN



Fuente: Propia

Figura 56: ENSAYO DE FLEXIÓN



Fuente: Propia

### 3.5.11.9.2. TOMA DE DATOS

Tabla 40: CONCRETO PATRON 7 DIAS

CONCRETO PATRÓN - CP													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P - 01	7	50.01	50.00	50.01	15.02	15.04	15.03	14.98	15.04	15.01	2430.00	35.84
2	P - 02	7	50.05	50.02	50.04	15.01	15.02	15.02	15.02	15.01	15.02	2360.00	34.88
3	P - 03	7	49.97	50.04	50.01	14.99	15.00	15.00	15.04	15.00	15.02	2080.00	30.80
4	P - 04	7	50.02	50.05	50.04	14.99	15.03	15.01	15.02	15.00	15.01	2510.00	37.14

Fuente: Propia

Tabla 41: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE - 7 DIAS													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C10CV-01	7	50.01	50.02	50.02	14.99	15.00	15.00	14.99	15.00	15.00	2150.00	31.89
2	C10CV-02	7	49.99	50.01	50.00	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	1950.00	28.77
3	C10CV-03	7	50.02	50.02	50.02	15.01	15.00	15.01	14.99	15.00	15.00	2180.00	32.32
4	C10CV-04	7	50.05	50.00	50.03	15.01	15.02	15.02	15.02	15.01	15.02	1920.00	28.37

Fuente: Propia

Tabla 42: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE - 7 DIAS													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C20CV-01	7	50.02	50.02	50.02	15.01	15.01	15.01	15.00	15.01	15.01	1890.00	27.96
2	C20CV-02	7	49.99	50.00	50.00	15.02	15.01	15.02	15.02	15.02	15.02	1910.00	28.20
3	C20CV-03	7	50.01	50.00	50.01	15.01	15.02	15.02	15.01	15.01	15.01	1810.00	26.75
4	C20CV-04	7	49.99	50.01	50.00	15.02	15.04	15.03	15.02	15.00	15.01	2070.00	30.52

Fuente: Propia

Tabla 43: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE - 7 DIAS													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C30CV-01	7	50.01	50.02	50.02	15.02	15.04	15.03	14.99	15.00	15.00	1810.00	26.72
2	C30CV-02	7	49.99	50.01	50.00	15.01	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	1950.00	28.79
3	C30CV-03	7	50.02	50.02	50.02	14.99	15.00	15.00	14.99	15.00	15.00	1790.00	26.56
4	C30CV-04	7	50.05	50.00	50.03	14.99	15.03	15.01	15.02	15.01	15.02	2010.00	29.72

Fuente: Propia

Tabla 44: CONCRETO PATRÓN – 14 DÍAS

CONCRETO PATRÓN - CP 14 DIAS													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P - 01	14	50.01	50.00	50.01	15.02	15.04	15.03	14.98	15.04	15.01	2920.00	43.06
2	P - 02	14	50.05	50.02	50.04	15.01	15.02	15.02	15.02	15.01	15.02	2640.00	39.02
3	P - 03	14	49.97	50.04	50.01	14.99	15.00	15.00	15.04	15.00	15.02	2710.00	40.13
4	P - 04	14	50.02	50.05	50.04	14.99	15.03	15.01	15.02	15.00	15.01	2120.00	31.37

Fuente: Propia

Tabla 45: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE - 14 DIAS													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C10CV-01	14	50.01	50.02	50.02	14.99	15.00	15.00	14.99	15.00	15.00	2480.00	36.79
2	C10CV-02	14	49.99	50.01	50.00	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	2320.00	34.23
3	C10CV-03	14	50.02	50.02	50.02	15.01	15.00	15.01	14.99	15.00	15.00	2110.00	31.28
4	C10CV-04	14	50.05	50.00	50.03	15.01	15.02	15.02	15.02	15.01	15.02	2820.00	41.67

Fuente: Propia

Tabla 46: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE - 14 DIAS													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C20CV-01	14	50.02	50.02	50.02	15.01	15.01	15.01	15.00	15.01	15.01	2560.00	37.89
2	C20CV-02	14	49.99	50.00	50.00	15.02	15.01	15.02	15.02	15.02	15.02	1990.00	29.37
3	C20CV-03	14	50.01	50.00	50.01	15.01	15.02	15.02	15.01	15.01	15.01	2360.00	34.88
4	C20CV-04	14	49.99	50.01	50.00	15.02	15.04	15.03	15.02	15.00	15.01	2520.00	37.21

Fuente: Propia

Tabla 47: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE - 14 DIAS													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C30CV-01	14	50.01	50.02	50.02	15.02	15.04	15.03	15	15	15	2340	34.63
2	C30CV-02	14	49.99	50.01	50	15.01	15.02	15.02	15	15.02	15.02	2120	31.29
3	C30CV-03	14	50.02	50.02	50.02	14.99	15	15	15	15	15	1880	27.89
4	C30CV-04	14	50.05	50	50.03	14.99	15.03	15.01	15	15.01	15.02	2220	32.82

Fuente: Propia



Tabla 48: CONCRETO PATRON – 28 DIAS

CONCRETO PATRÓN - CP													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P - 01	28	50.01	50.00	50.01	15.02	15.04	15.03	14.98	15.04	15.01	2940.00	43.36
2	P - 02	28	50.05	50.02	50.04	15.01	15.02	15.02	15.02	15.01	15.02	3390.00	50.11
3	P - 03	28	49.97	50.04	50.01	14.99	15.00	15.00	15.04	15.00	15.02	2860.00	42.35
4	P - 04	28	50.02	50.05	50.04	14.99	15.03	15.01	15.02	15.00	15.01	3310.00	48.97

Fuente: Propia

Tabla 49: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE-28 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C10CV-01	28	50.01	50.02	50.02	14.99	15.00	15.00	14.99	15.00	15.00	2480.00	36.79
2	C10CV-02	28	49.99	50.01	50.00	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	2690.00	39.69
3	C10CV-03	28	50.02	50.02	50.02	15.01	15.00	15.01	14.99	15.00	15.00	2530.00	37.48
4	C10CV-04	28	50.05	50.00	50.03	15.01	15.02	15.02	15.02	15.01	15.02	2740.00	40.49

Fuente: Propia

Tabla 50: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE-28 DÍAS

Fuente: Propia

Tabla 51: CONCRETO SUSTITUYENDO

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C20CV-01	28	50.02	50.02	50.02	15.01	15.01	15.01	15.00	15.01	15.01	2370.00	35.07
2	C20CV-02	28	49.99	50.00	50.00	15.02	15.01	15.02	15.02	15.02	15.02	2780.00	41.04
3	C20CV-03	28	50.01	50.00	50.01	15.01	15.02	15.02	15.01	15.01	15.01	2410.00	35.61
4	C20CV-04	28	49.99	50.01	50.00	15.02	15.04	15.03	15.02	15.00	15.01	2680.00	39.52

EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE-28 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE													
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C30CV-01	28	50.01	50.02	50.02	15.02	15.04	15.03	14.99	15.00	15.00	2550.00	37.65
2	C30CV-02	28	49.99	50.01	50.00	15.01	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	2390.00	35.29
3	C30CV-03	28	50.02	50.02	50.02	14.99	15.00	15.00	14.99	15.00	15.00	2580.00	38.28
4	C30CV-04	28	50.05	50.00	50.03	14.99	15.03	15.01	15.02	15.01	15.02	2620.00	38.74

Fuente: Propia

### 3.6 PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS.

#### 3.6.1. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

El respectivo análisis de este ensayo fue bajo las consideraciones de la (N.T.P.400.037, 2014), donde establece los requisitos de gradación (granulometría) de los agregados fino, para la elaboración de un concreto de peso normal.

Tabla 52: LIMITES GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO

Tami	Porcentaje que
9.5m m	100
4.75m m	95% - 100%
2.36m m	80% - 100%
1.18m m	50% - 85%
600um	25% - 60%
300um	05% - 30%
150um	0% - 10%

Para la granulometría del agregado fino se utilizaran las siguientes formulas:

$$\text{Peso pond. Acumulado} = \frac{(\text{Peso Acum. 1} \times \% \text{ agregado}) + (\text{Peso Acum. 2} \times \% \text{ agregado})}{100 + 100}$$

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso de material retenido en tamiz}}{\text{Peso Total de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

### 3.6.1.1. ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE VICHO.

#### a) PROCESAMIENTO DE LA PRUEBA - AGREGADO FINO VICHO

Tabla 53: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE VICHO

AGREGADO FINO : VICHO								
C cantera: <u>VICHO</u>			Peso Inicial: <u>650.03</u> gr.					
TAMICES ASTM	ABERTUR A mm	PESO RETENIDO				RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULAD O %	ACUMULAD O QUE PASA %
		M-1	M-2	M-3	Promedio			
3/8"	9.510	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N ° 4	4.750	162.90	144.31	157.38	154.86	24.11%	24.11%	75.89%
N ° 8	2.380	203.90	174.20	185.98	188.03	29.27%	53.38%	46.62%
N ° 16	1.190	149.00	143.50	140.50	144.33	22.47%	75.85%	24.15%
N ° 30	0.595	71.20	85.20	76.30	77.57	12.08%	87.93%	12.07%
N ° 50	0.297	37.30	50.60	46.20	44.70	6.96%	94.88%	5.12%
N ° 100	0.148	14.40	27.59	24.90	22.30	3.47%	98.36%	1.64%
N ° 200	0.074	6.40	13.18	12.10	10.56	1.64%	100.00%	0.00%
Total (Tamices)		645.10	638.58	643.36	642.35	100.00%		
Fondo		4.15	10.80	5.60	6.85			
<b>PESO TOTAL</b>		<b>649.25</b>	<b>649.38</b>	<b>648.96</b>	<b>649.20</b>			
Error del Ensayo		0.12%	0.10%	0.16%	0.13%			
Ensayo Representativo		SI	SI	SI	SI			

TAMICES ASTM	ABERTUR A mm	VICHO	Lím ites mínimos	Lím ites máx imos
3/8"	9.510	100.00%	100%	100%
N ° 4	4.750	75.89%	95%	100%
N ° 8	2.380	46.62%	80%	100%
N ° 16	1.190	24.15%	50%	85%
N ° 30	0.595	12.07%	25%	60%
N ° 50	0.297	5.12%	5%	30%
N ° 100	0.148	1.64%	0%	10%

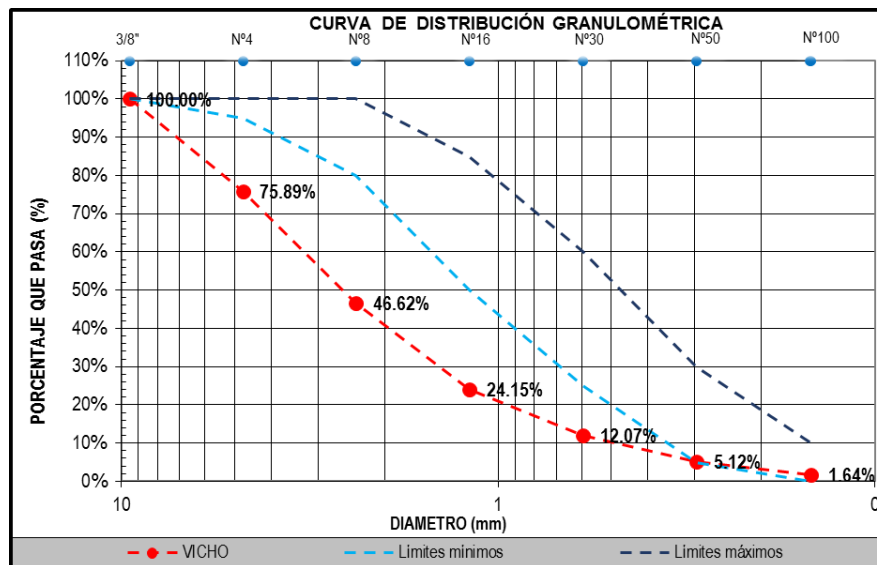
  

MÓDULO DE FINURA		
$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acum. (N}^\circ 4 \text{ hasta N}^\circ 100)}{100}$		
<b>MF=</b>	<b>4.35</b>	<b>INCORRECTO</b>

Fuente: Propia

## b) DIAGRAMA DE INTERPRETACIÓN

Figura 57: CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA- VICHO



Fuente: Propia

## c) ANÁLISIS DE LA PRUEBA

- Al realizar la granulometría del agregado fino de Vicho se encontró que no cumplía los requisitos que exige la norma, una de ellas es la curva granulométrica la cual no se encontraba dentro de los parámetros exigidos.
- El ensayo se le realizó con los requisitos del análisis granulométrico para el Agregado Fino, (N.T.P. 400.037, 2014).
- Según las condiciones de los Límites granulométricos que estipula esta norma, los porcentajes acumulados que pasa en función de los tamices retenidos de este agregado están por debajo de los límites previstos, interpretándose que la muestra de este Agregado tiene demasiado contenido de material grueso.
- Para el cálculo del módulo de finura de este Agregado, se determina según la (N.T.P. 400.037, 2014).
- Se aprecia que el módulo de finura de este agregado es de 4.35, el cual no está dentro de los parámetros establecidos según las consideraciones de la norma. Lo recomendable y aceptable es que este valor esté dentro 2.3 y 3.1.
- Del anterior análisis se concluye que el módulo de finura de este agregado

tiene mucho contenido de material grueso, por lo tanto este agregado no cumple con los requisitos establecidos según (N.T.P. 400.037, 2014).

- También se verifica que el porcentaje de material pasante por la malla #200, es inferior al 10% con respecto del peso total la muestra, análisis según lo estipula la (E. BOWLES, 1980)

### 3.6.1.2 ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC

#### a) PROCESAMIENTO DE LA PRUEBA

Tabla 54: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC

AGREGADO FINO : CUNYAC								
Cantera: <u>CUNYAC</u>					Peso Inicial: <u>400.06</u> gr.			
TAMICES ASTM	ABERTUR A mm	PESO RETENIDO				RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULADO %	ACUMULAD O QUE PASA %
		M-1	M-2	M-3	Promedio			
3/8"	9.510	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 8	2.380	3.20	4.60	4.18	3.99	1.03%	1.03%	98.97%
N° 16	1.190	5.90	5.20	6.12	5.74	1.48%	2.51%	97.49%
N° 30	0.595	31.80	25.32	30.14	29.09	7.49%	10.00%	90.00%
N° 50	0.297	125.60	108.70	115.64	116.65	30.05%	40.05%	59.95%
N° 100	0.148	160.20	185.80	172.95	172.98	44.56%	84.61%	15.39%
N° 200	0.074	59.40	57.80	58.31	58.50	15.07%	99.68%	0.32%
Total (Tamices)		386.10	387.42	391.12	388.21	99.68%		
Fondo		13.30	11.90	12.15	12.45			
<b>PESO TOTAL</b>		<b>399.40</b>	<b>399.32</b>	<b>399.49</b>	<b>399.40</b>			
Error del Ensayo		0.16%	0.18%	0.14%	0.16%			
Ensayo Representativo		SI	SI	SI	SI			

TAMICES ASTM	ABERTUR A mm	CUNYAC	Límites mínimos	Límites máximos
3/8"	9.510	100.00%	100%	100%
N° 4	4.750	100.00%	95%	100%
N° 8	2.380	98.97%	80%	100%
N° 16	1.190	97.49%	50%	85%
N° 30	0.595	90.00%	25%	60%
N° 50	0.297	59.95%	5%	30%
N° 100	0.148	15.39%	0%	10%

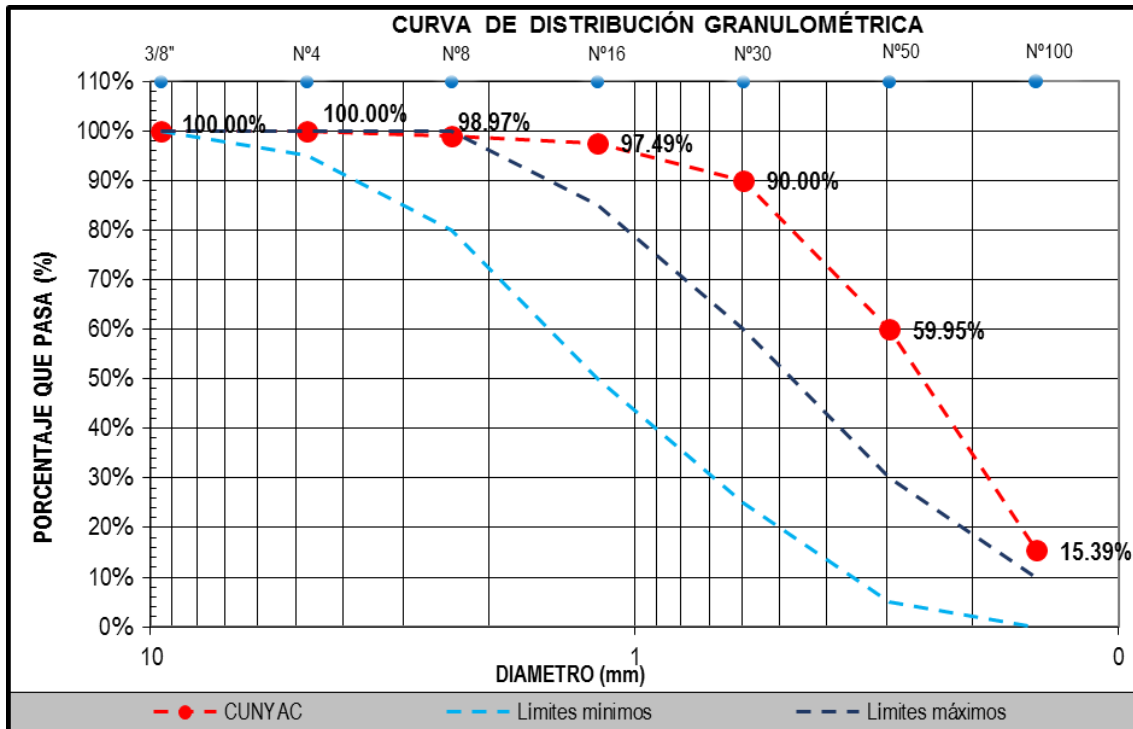
  

MÓDULO DE FINURA		
$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acum. (N}^\circ 4 \text{ hasta N}^\circ 100)}{100}$		
<b>MF=</b>	<b>1.38</b>	<b>INCORRECTO</b>

Fuente: Propia

b) DIAGRAMA DE INTERPRETACIÓN

Figura 58: CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA- CUNYAC



Fuente: Propia

c) ANÁLISIS DE LA PRUEBA

- Se aprecia que el módulo de finura de este agregado es de 1.38, el cual no está dentro de los parámetros establecidos según las consideraciones de la norma. Lo recomendable y aceptable es que este valor este dentro 2.3 y 3.1.
- Del anterior análisis se concluye que el módulo de fineza de este agregado tiene mucho contenido de material fino, por lo tanto este agregado no cumple con los requisitos establecidos según (N.T.P. 400.037, 2014).
- También se verifica que el porcentaje de material pasante por la malla #200, es inferior al 10% con respecto del peso total la muestra, análisis según lo estipula la (E. BOWLES, 1980)

**3.6.1.3 ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC 30% y VICHO 70 %**

a) PROCESAMIENTO DE LA PRUEBA

Tabla 55: ANALISIS DE GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC 30% y VICHO 70 %

**AGREGADO FINO : VICHO -CUNYAC**

Cantera: VICHO -CUNYAC

Peso Inicial: 800.00 gr.

TAMICES ASTM	ABERTUR A mm	PESO RETENIDO				RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULAD O %	ACUMULAD O QUE PASA %
		M-1	M-2	M-3	Promedio			
3/8"	9.510	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.750	32.30	34.60	20.10	29.00	3.71%	3.71%	96.29%
N° 8	2.380	119.20	128.10	112.80	120.03	15.35%	19.06%	80.94%
N° 16	1.190	178.40	176.20	164.20	172.93	22.12%	41.18%	58.82%
N° 30	0.595	111.30	110.20	113.10	111.53	14.27%	55.45%	44.55%
N° 50	0.297	134.80	136.40	146.40	139.20	17.80%	73.25%	26.75%
N° 100	0.148	148.40	141.10	157.60	149.03	19.06%	92.31%	7.69%
N° 200	0.074	58.90	58.10	63.30	60.10	7.69%	100.00%	0.00%
Total (Tamices)		783.30	784.70	777.50	781.83	100.00%		
Fondo		15.90	15.00	20.00	16.97			
<b>PESO TOTAL</b>		799.20	799.70	797.50	798.80			
Error del Ensayo		0.10%	0.04%	0.31%	0.15%			
Ensayo Representativo		SI	SI	NO	SI			

TAMICES ASTM	ABERTUR A mm	VICHO - CUNYAC	Límites mínimos	Límites máximos
3/8"	9.510	100.00%	100%	100%
N° 4	4.750	96.29%	95%	100%
N° 8	2.380	80.94%	80%	100%
N° 16	1.190	58.82%	50%	85%
N° 30	0.595	44.55%	25%	60%
N° 50	0.297	26.75%	5%	30%
N° 100	0.148	7.69%	0%	10%

**MÓDULO DE FINURA**

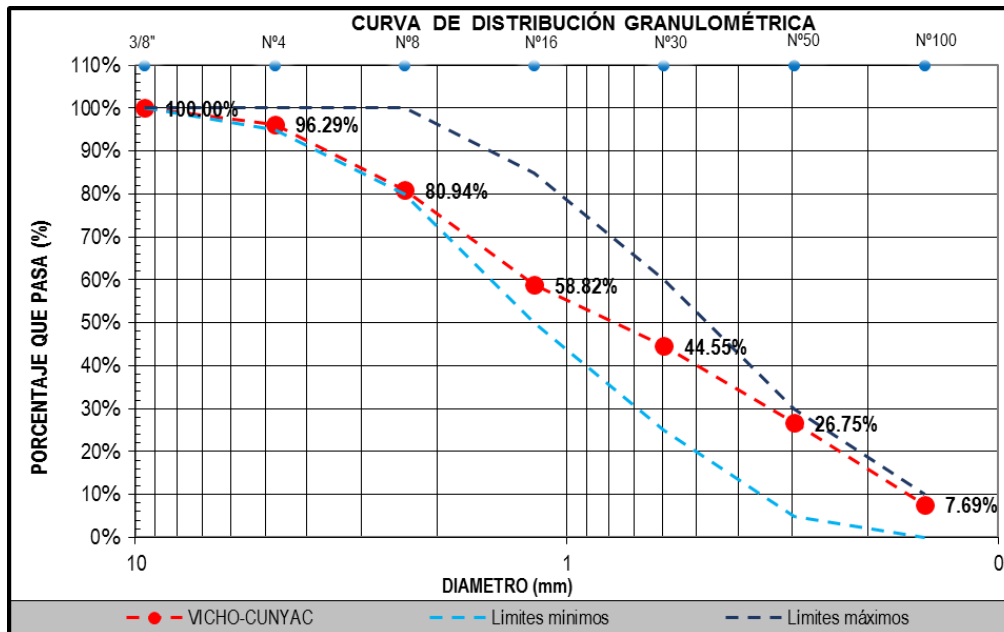
$$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acum. (N}^\circ 4 \text{ hasta N}^\circ 100)}{100}$$

**MF= 2.85 CORRECTO**

Fuente: Propia

b) DIAGRAMA DE INTERPRETACIÓN

Figura 59: CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA – VICHO 70% Y CUNYAC 30%



Fuente: Propia

c) ANÁLISIS DE LA PRUEBA

- Para la obtención de este resultado, antes de la combinación de estos agregados, se tamizaron con el tamiz #4 y se desechó todo lo retenido a este tamiz y se utilizó el material pasante.
- Para el cálculo del módulo de fineza de este Agregado, se determina según la (N.T.P. 400.037, 2014).
- Se aprecia que el módulo de finura de este agregado es de 2.85, el cual está dentro de los parámetros establecidos según las consideraciones de la Norma, donde cumple con las recomendaciones de rango entre 2.3 y 3.1.
- Del anterior análisis se concluye que el módulo de finura de esta combinación de agregados es el ideal, por lo tanto esta combinación de agregados cumple con los requisitos de granulometría establecidos según (N.T.P. 400.037, 2014).
- También se verifica que el porcentaje de material pasante por la malla #200, es inferior al 10% con respecto del peso total la muestra, análisis según lo estipula la (E. BOWLES, 1980)

### 3.6.4 ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO

Dicho análisis se realizará al Agregado Grueso de la cantera de Vicho.

En el proceso de los análisis de granulometría con respecto al agregado grueso se utilizó las siguientes fórmulas.

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso del Material Restenido}}{\text{Peso Total de la Muestra Evaluada}} \times 100$$

$$\%Retenido\ Acumulado = \%Retenido + \%Retenido\ acumulado\ anterior$$

$$\% que\ pasa = 100 - \%Retenido\ acumulado\ anterior$$

Figura 60: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS									
		50 mm (2 pulg.)	37,5 mm (1 1/2 pulg.)	25,0 mm (1 pulg.)	19,0 mm (3/4 pulg.)	12,5 mm (1/2 pulg.)	9,5 mm (3/8 pulg.)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	4,75 μm (No. 50)
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 a 3/4 pulg.)	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	---
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg. a No. 4)	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 a 1/2 pulg.)	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 a 3/8 pulg.)	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg. a No. 4)	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 a 3/8 pulg.)	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	19,0 mm a 4,75 mm (3/4 pulg. a No. 4)	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg. a No. 4)	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg. a No. 8)	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	9,5 mm a 1,18 mm (3/8 pulg. a No. 16)	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

(AbantoCastillo, 2009)



a) Procesamiento y Cálculos de datos:

Tabla 56: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO

AGREGADO GRUESO: VICHO								
Cantera: <u>VICHO</u>				Peso Inicial: <u>5003.40</u> gr.				
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO				RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULADO %	ACUMULADO QUE PASA %
		M-1	M-2	M-3	Promedio			
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.050	408.30	220.80	717.90	449.00	9.00%	9.00%	91.00%
1/2"	12.700	2515.20	2411.40	2822.40	2583.00	51.76%	60.75%	39.25%
3/8"	9.525	1382.70	1557.30	936.00	1292.00	25.89%	86.64%	13.36%
Nº4	4.760	687.60	800.70	512.10	666.80	13.36%	100.00%	0.00%
Total (Tamices)		4993.80	4990.20	4988.40	4990.80	100.00%		
Fondo		8.10	8.70	14.10	10.30			
<b>PESO TOTAL</b>		5001.90	4998.90	5002.50	5001.10			
Error del Ensayo		0.03%	0.09%	0.02%	0.05%			
Ensayo Representativo		SI	SI	SI	SI			

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	VICHO	Límites mínimos	Límites máximos
1 1/2"	38.100	100.00%	100%	100%
1"	25.400	100.00%	100%	100%
3/4"	19.050	91.00%	90%	100%
1/2"	12.700	39.25%	20%	55%
3/8"	9.525	13.36%	0%	15%
Nº4	4.760	0.00%	0%	5%

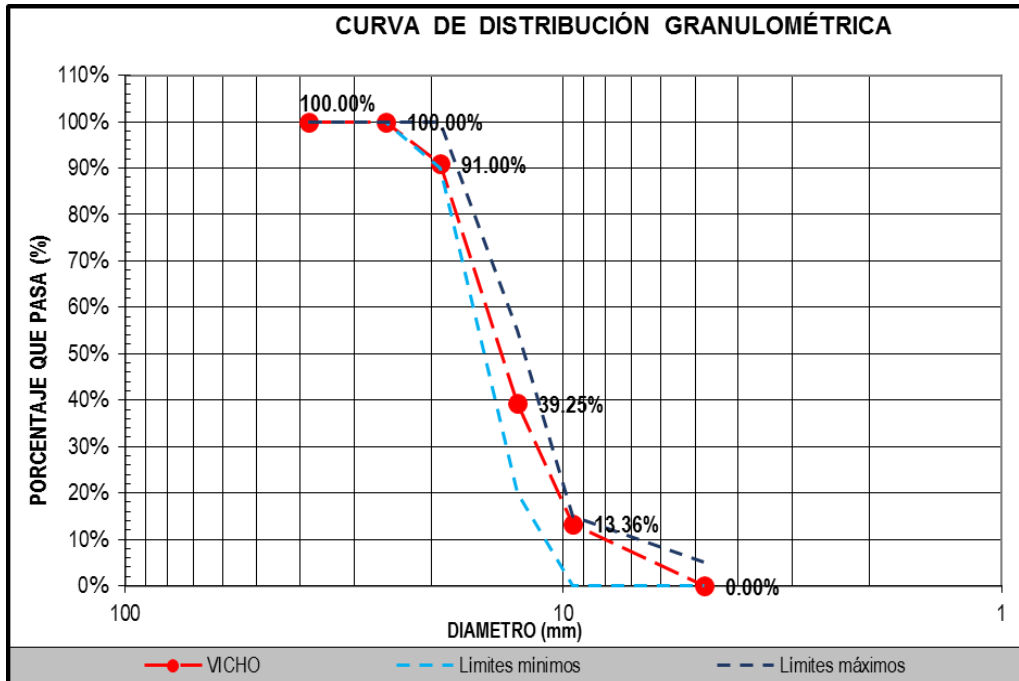
  

MÓDULO DE FINURA		
$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acum. } (3", 1 \frac{1}{2}", \frac{3}{4}", \frac{3}{8}", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$		
<b>MF=</b>	<b>6.96</b>	<b>CORRECTO</b>

Fuente: Propia

## a) Diagrama de interpretación

Figura 61: CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GRUESO



Fuente: Propia

## b) Análisis de la prueba

- El ensayo se le realizó con los requisitos del análisis granulométrico para el Agregado Grueso con un tamaño Máximo Nominal de  $\frac{3}{4}$ ".
- Según las condiciones de los Límites granulométricos que estipula esta norma, los porcentajes acumulados que pasa en función de los tamices retenidos de este agregado, están dentro de los límites establecidos, interpretándose que la muestra de este Agregado es ideal.
- De los anteriores análisis se concluye que el Agregado Grueso de la cantera de Vicho con un Tamaño Máximo Nominal de  $\frac{3}{4}$ ", cumple con los requisitos granulométricos establecidos según (N.T.P. 400.037,2014).

**3.6.5 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PARA LOS AGREGADOS.**

En el proceso de los análisis del contenido de humedad con respecto a los agregados se usaron las siguientes consideraciones de (N.T.P. 339.185, 2002).

$$\text{Contenido de Humedad (\% P)} = \frac{W - D}{D}$$

Dónde:

W: Peso del agregado en estado Natural (g).

D: Peso del Agregado secado al horno (g).

**3.6.5.1 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PARA EL AGREGADO FINO.**

a) Procesamiento y cálculo de datos:

**Tabla 57: ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PARA LOS AGREGADOS - CUNYAC**

AGREGADO FINO : CUNYAC					
$(\%)Humedad = \frac{W_i - W_f}{W_f} \times 100$					
Cantera CUNYAC					
S	DESCRIPCIÓN	B-1	B-2	B-3	Und.
W <sub>i</sub> =	Peso de la Muestra Húmeda	21.70	23.88	22.81	gr.
W <sub>f</sub> =	Peso de la Muestra Seca	21.05	23.04	22.03	gr.
	Peso de Agua	0.65	0.84	0.78	gr.
P=	Contenido de Humedad W	3.09%	3.65%	3.54%	%
	Promedio de W %	3.42%			

Fuente: Propia

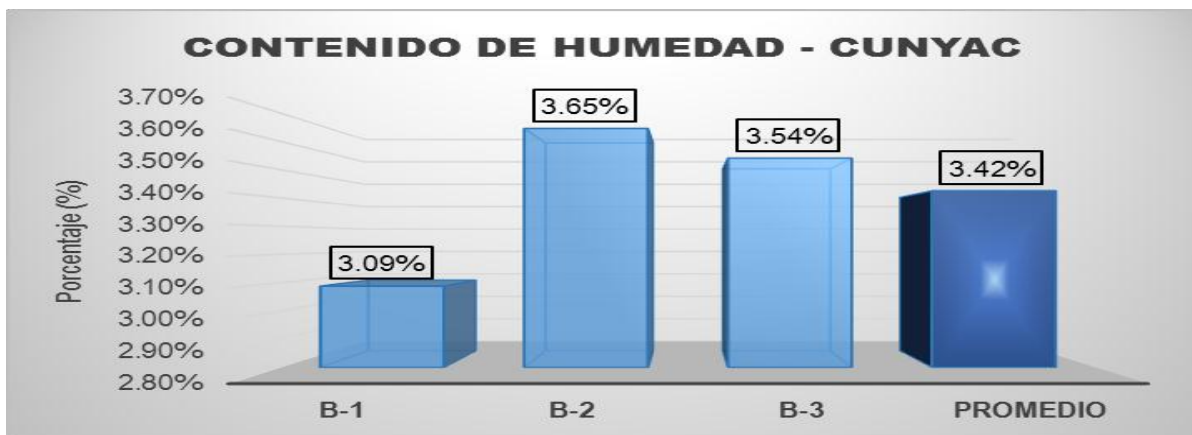
Tabla 58 : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PARA LOS AGREGADOS- VICHO

AGREGADO FINO : VICHO					
$(\%)Humedad = \frac{W_i - W_f}{W_f} \times 100$					
C antera VICHO					
S	DESCRIPCIÓN	B-1	B-2	B-3	Und.
W i=	Peso de la Muestra Húmeda	44.76	45.02	47.98	gr.
W f=	Peso de la Muestra Seca	43.67	44.03	46.59	gr.
	Peso de Agua	1.09	0.99	1.39	gr.
P =	Contenido de Humedad W	2.50%	2.25%	2.98%	%
	Promedio de W %	<b>2.58%</b>			

Fuente: Propia

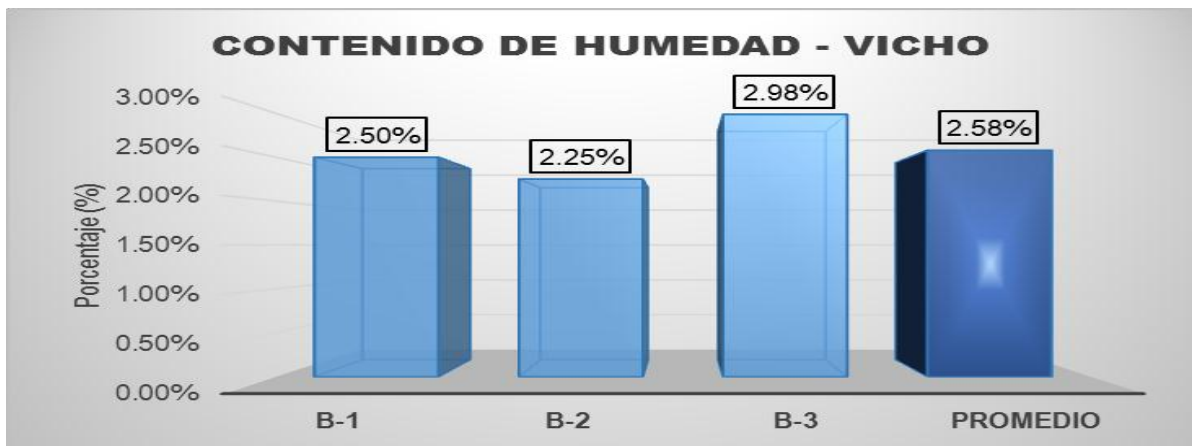
b) Diagrama de interpretación

Figura 62: CONTENIDO DE HUMEDAD CUNYAC



Fuente: Propia

Figura 63: CONTENIDO DE HUMEDAD - VICHO



Fuente: Propia

c) Análisis de prueba

- Según la interpretación del gráfico el porcentaje de humedad promedio de la combinación de agregados finos (30% Cunyac y 70% vichoq) es de 3%, el agregado fino está ligeramente mojado.
- El contenido de humedad se evaluó al agregado fino (Combinado) en condiciones ambientales de su almacenamiento, el cual este dato nos sirve para realizar los ajustes correspondientes de agua para la dosificación del concreto.

**3.6.5.2 PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**

a) Procesamiento y cálculo de datos

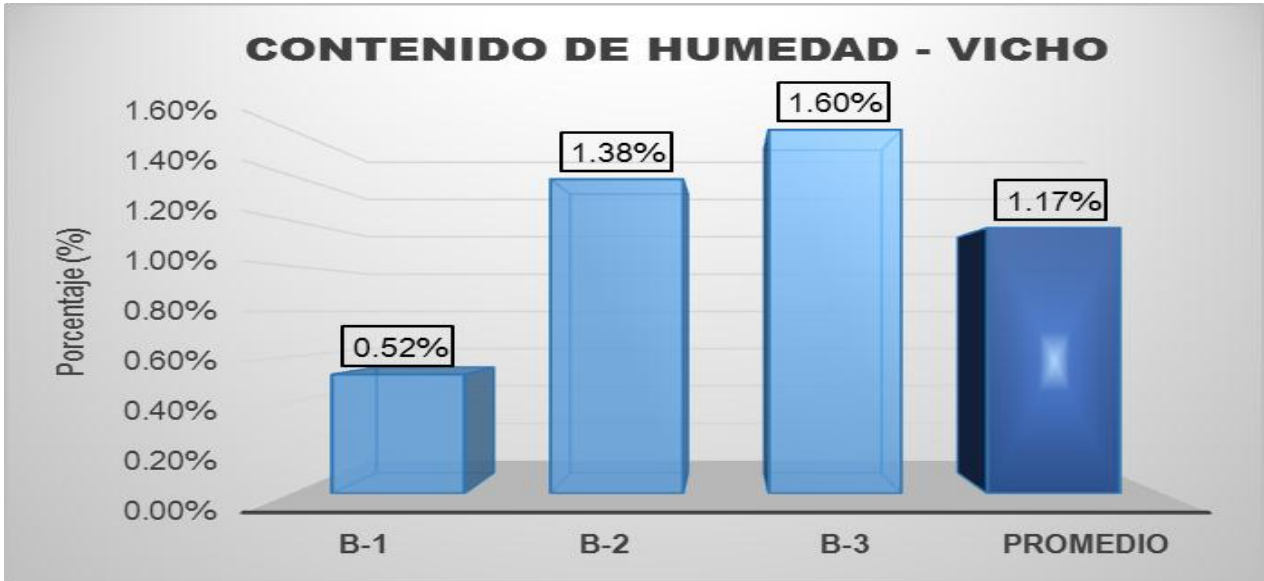
Tabla 59: PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

AGREGADO GRUESO: VICHO					
$(\%) \text{ Humedad} = \frac{W_i - W_f}{W_f} \times 100$					
Cantera <u>VICHO</u>					
T MN: <u>3/4</u>					
S	DESCRIPCIÓN	B-1	B-2	B-3	Und.
W i=	Peso de la Muestra Húmeda	365.00	371.57	236.51	gr.
W f=	Peso de la Muestra Seca	363.10	366.51	232.79	gr.
	Peso de Agua	1.90	5.06	3.72	gr.
P =	Contenido de Humedad W	0.52%	1.38%	1.60%	%
	Promedio de W %	<b>1.17%</b>			

Fuente: Propia

b) diagrama de interpretación

Figura 64: CONTENIDO DE HUMEDAD - VICHO



Fuente: Propia

c) Análisis de prueba

- Según la interpretación del gráfico el porcentaje de humedad promedio del Agregado Grueso de la cantera de Vicho es de 1.17%.
- El contenido de humedad se evaluó al Agregado Grueso en condiciones ambientales de su almacenamiento, el cual este dato nos sirve para realizar los ajustes correspondientes de agua para la dosificación del concreto

### 3.6.6 ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA EL AGREGADO FINO.

En el proceso de los análisis del Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino se usaron las siguientes consideraciones de (N.T.P. 400.022,2013).

Peso Específico de Masa

$$(Pem) = \frac{W_o}{V_f - V_a}$$

Peso Específico de Masa Sat. con Superficie Seca

$$(PeSSS) = \frac{500}{V_f - V_a}$$

Absorción

$$(Abs) = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

Peso Específico Aparente (Pea)

$$(Pea) = \frac{W_o}{(V_f - V_a) - (500 - W_o)}$$

500= Muestra Saturada con Superficie Seca

Pem= Peso Específico de Masa

PeSSS= Peso Específico de Masa Saturado con Superficie Seca

Pea= Peso Específico Aparente

Abs= Absorción expresado en porcentaje

Wo= Peso en el aire de la Muestra secada en el horno

Vf= Volumen de Fiola

Va= Peso en gramos o volumen del agua añadida a la fiola

a) Procesamiento y cálculo de datos:

Tabla 60: ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA EL GREGADO FINO- CUNYAC

Símbolo	DESCRIPCIÓN	CUNYAC				Und.
		M-1	M-2	M-3	Promedio	
500=	Muestra Saturada con Superficie Seca	500.00	500.00	500.00	500.00	gr.
Wo=	Peso en el aire de la Muestra secada en el horno	492.20	492.30	493.40	492.63	gr.
Vf=	Volumen de Fiola	500.00	500.00	500.00	500.00	cm <sup>3</sup>
Va=	Peso en gramos o volumen del agua añadida a la fiola	304.10	303.40	302.70	303.40	cm <sup>3</sup>
Pem=	Peso Específico de Masa	2.51	2.50	2.50	2.51	g/cm <sup>3</sup>
PeSSS=	Peso Específico de Masa Saturado con Superficie	2.55	2.54	2.53	2.54	g/cm <sup>3</sup>
Pea=	Peso Específico Aparente	2.62	2.61	2.59	2.60	g/cm <sup>3</sup>
Abs=	Absorción expresado en porcentaje	1.58%	1.56%	1.34%	1.50%	%

Fuente: Propia

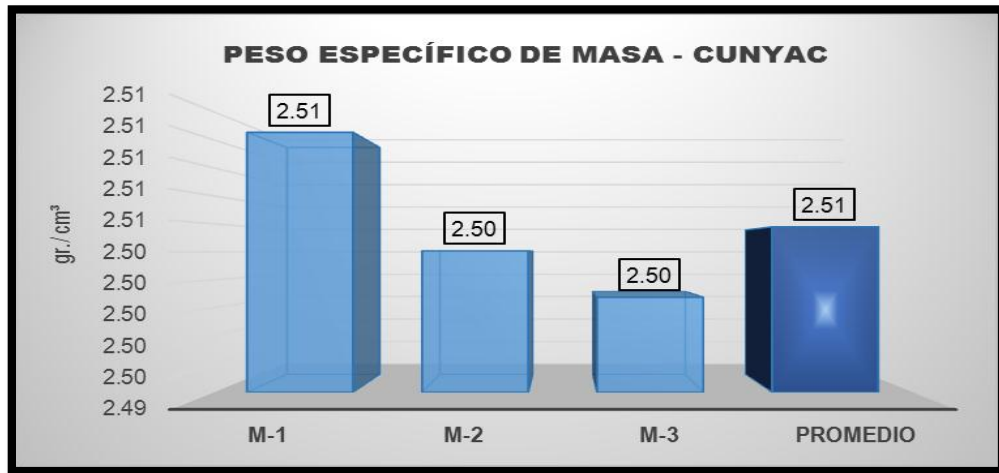
Tabla 61: ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA EL GREGADO FINO- VICHO

Símbolo	DESCRIPCIÓN	VICHO				Und.
		M-1	M-2	M-3	Promedio	
500=	Muestra Saturada con Superficie Seca	500.50	500.70	500.80	500.67	gr.
Wo=	Peso en el aire de la Muestra secada en el horno	490.80	489.10	489.20	489.70	gr.
Vf=	Volumen de Fiola	500.00	500.00	500.00	500.00	cm <sup>3</sup>
Va=	Peso en gramos o volumen del agua añadida a la fiola	312.30	313.60	314.80	313.57	cm <sup>3</sup>
Pem=	Peso Específico de Masa	2.61	2.62	2.64	2.63	g/cm <sup>3</sup>
PeSSS=	Peso Específico de Masa Saturado con Superficie	2.67	2.69	2.70	2.69	g/cm <sup>3</sup>
Pea=	Peso Específico Aparente	2.76	2.80	2.82	2.79	g/cm <sup>3</sup>
Abs=	Absorción expresado en porcentaje	1.98%	2.37%	2.37%	2.24%	%

Fuente: Propia

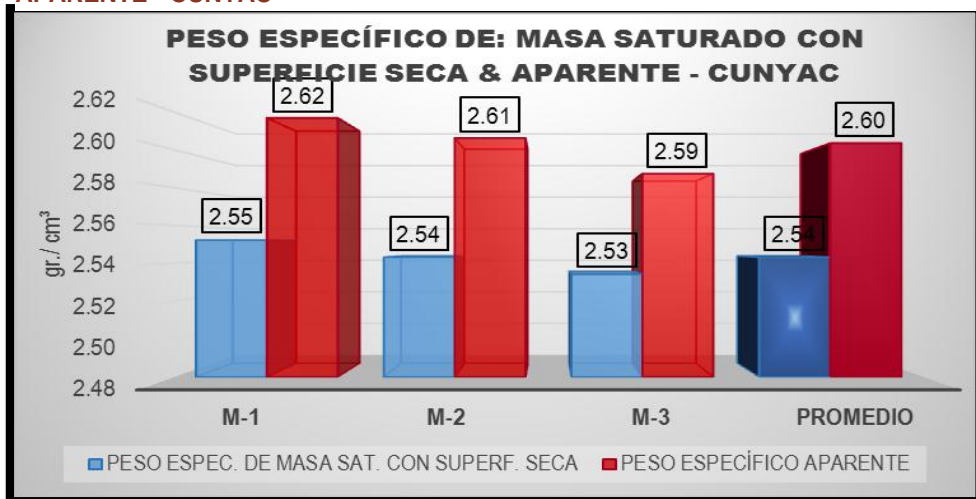
b) Diagrama de interpretación

Figura 65: PESO ESPECIFICO DE MASA- CUNYAC



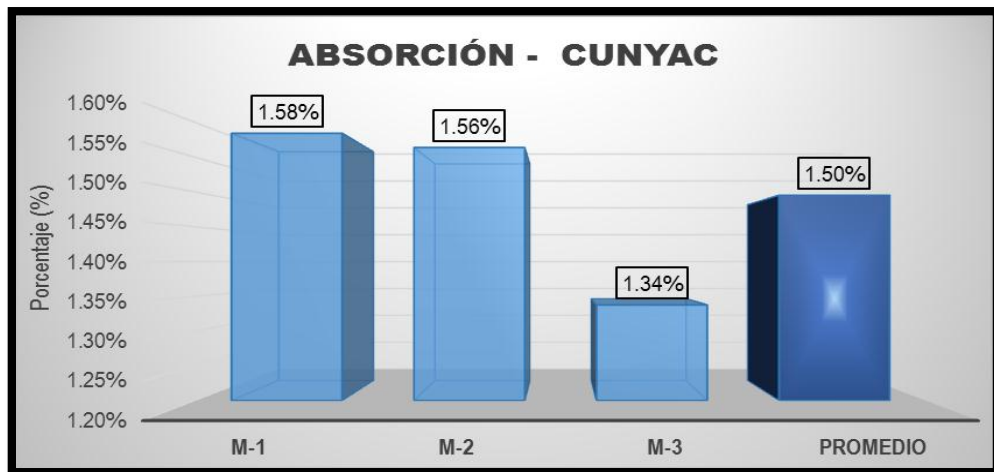
Fuente: Propia

Figura 66: PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO CON SUPERFICIE SECA Y APARENTE - CUNYAC



Fuente: Propia

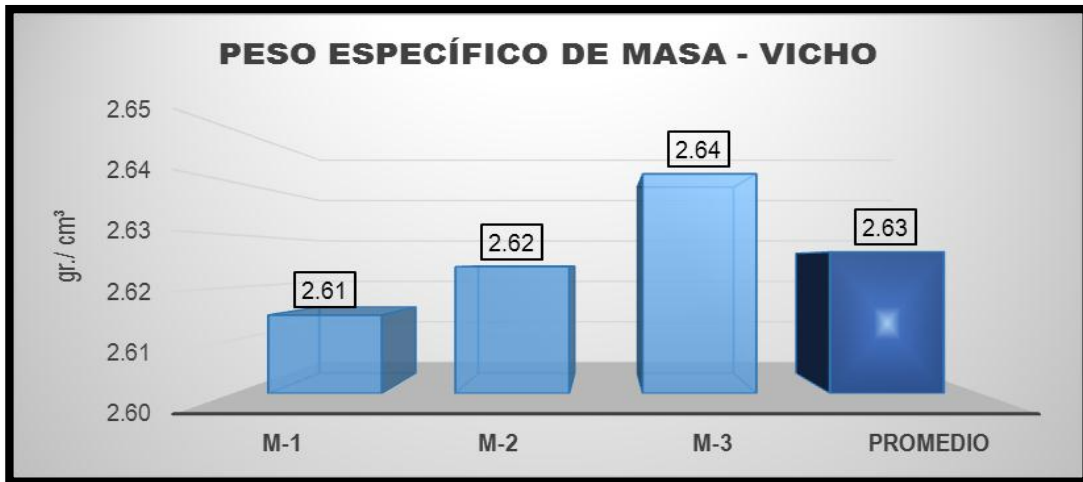
Figura 67: ABSORCION CUNYAC



Fuente: Propia

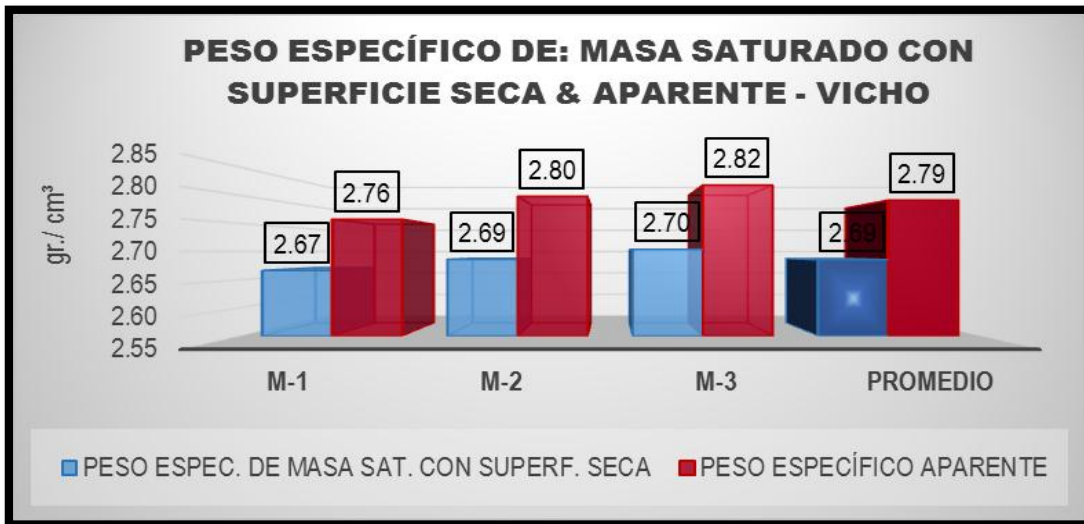


Figura 68: PESOS ESPECIFICO DE MASA - VICHO



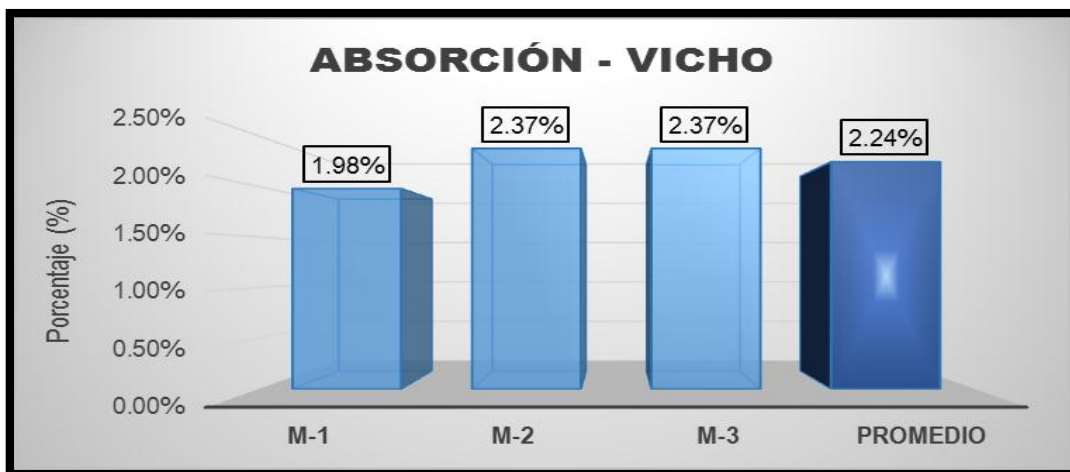
Fuente: Propia

Figura 69: PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO CON SUPERFICIE SECA Y APARENTE- VICHO



Fuente: Propia

Figura 70: ABSORCION - VICHO



Fuente: Propia



c) Análisis de la prueba

- Según la interpretación del diagrama, el Peso Específico de Masa, Peso Específico Saturado Superficialmente Seco y Absorción del Agregado Fino de la cantera de Cunyac, es  $Pem = 2.51 \text{ g/cm}^3$ ,  $PeSSS = 2.60 \text{ g/cm}^3$  y  $Abs = 1.50\%$ .
- Según la interpretación del diagrama, el Peso Específico de Masa, Peso Específico Saturado Superficialmente Seco y Absorción del Agregado Fino de la cantera de Vicho, es  $Pem = 2.63 \text{ g/cm}^3$ ,  $PeSSS = 2.79 \text{ g/cm}^3$  y  $Abs = 2.24\%$ .

**3.6.7 ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PARA EL AGREGADO GRUESO.**

En el proceso de los análisis del Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso de la cantera de Vicho, se usaron las siguientes consideraciones de (N.T.P. 400.021, 2013).

Peso Especif. de Masa Sat. con Superficie Seca

Absorción

$$(Pem) = \frac{A}{B - C}$$

$$(PeSSS) = \frac{B}{B - C}$$

$$(Abs) = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Peso Especifico A parente

$$(Pea) = \frac{A}{A - C}$$

- A= Peso de la Muestra Seca
- B= Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca
- C= Peso de la Muestra dentro del Agua

a) Procesamiento y toma de datos

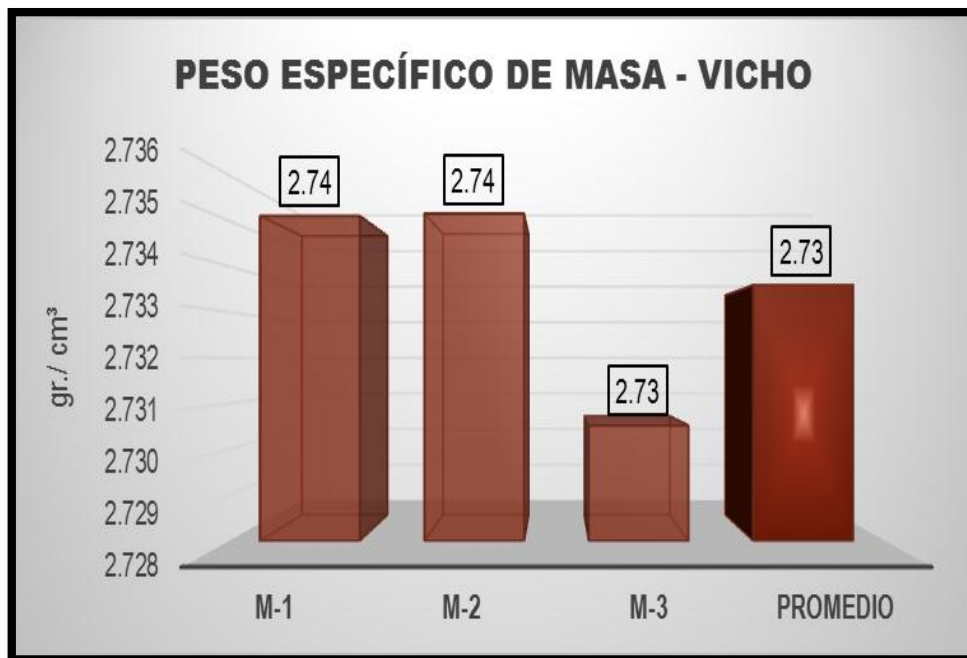
**Tabla 62:** ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PARA EL AGREGADO GRUESO.

Símbolo	DESCRIPCIÓN	VICH O				Und.
		M-1	M-2	M-3	Promedio	
	Peso de la Muestra Saturada dentro del agua + Ca	3919.30	3920.90	3918.75	3919.65	gr.
	Peso de la Canastilla dentro del Agua	730.20	730.20	730.20	730.20	gr.
A=	Peso de la Muestra Seca	4954.90	4948.70	4946.20	4949.93	gr.
B=	Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	5000.70	5000.00	5000.00	5000.23	gr.
C=	Peso de la Muestra dentro del Agua	3189.10	3190.70	3188.55	3189.45	gr.
Pem=	Peso Específico de Masa	2.74	2.74	2.73	2.73	g/cm <sup>3</sup>
PeSSS=	Peso Específico de Masa Saturado con Superficie	2.76	2.76	2.76	2.76	g/cm <sup>3</sup>
Pea=	Peso Específico Aparente	2.81	2.81	2.81	2.81	g/cm <sup>3</sup>
Abs=	Absorción expresado en porcentaje	0.92%	1.04%	1.09%	1.02%	%

Fuente: Propia

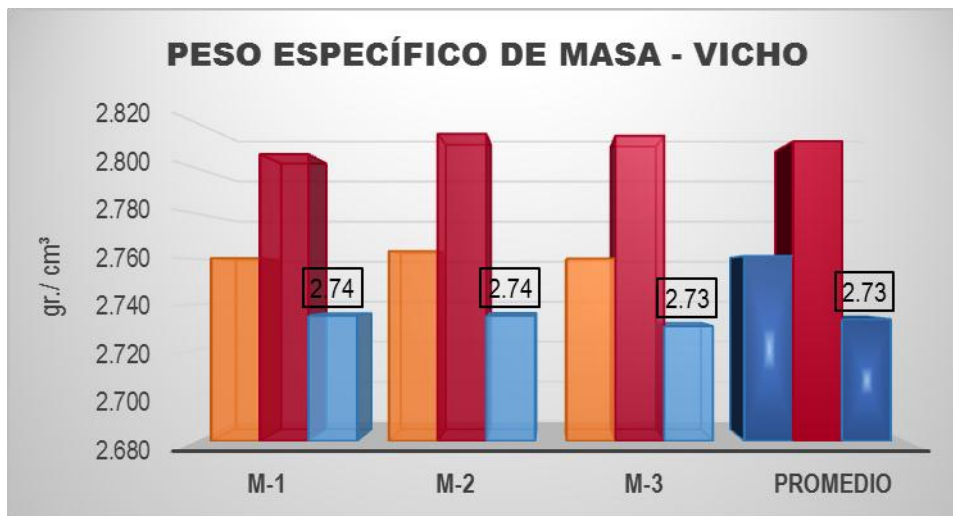
b) Diagrama de interpretación:

**Figura 71:** PESO ESPECÍFICO DE MASA- VICH O



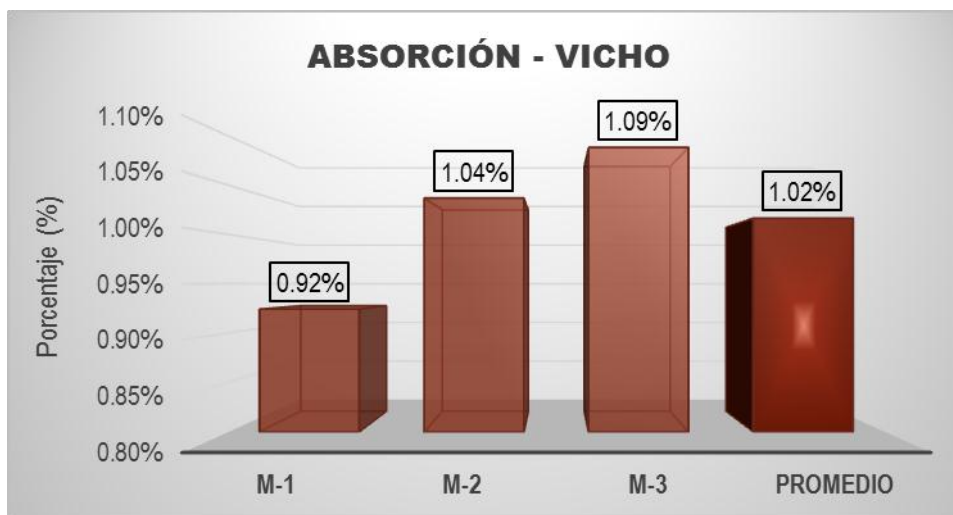
Fuente: Propia

Figura 72: PESO ESPECIFICO DE MASA - VICHO



Fuente: Propia

Figura 73: ABSORCION - VICHO



Fuente: Propia

c) Análisis de la prueba:

- Según la interpretación del diagrama, el promedio del Peso Específico de masa y Peso Específico Saturado Superficialmente Seco son de 2.73 g/cm<sup>3</sup> y 2.76g/cm<sup>3</sup>.
- Para el diseño de mezclas usaremos el Peso Específico de Masa.
- La Absorción promedio en función al porcentaje es de 1.02%.

### 3.6.8 ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO PARA LOS AGREGADOS.

En el proceso de los análisis del Peso Unitario Seco Suelto y Peso Unitario Seco Compactado de los Agregados se usaron las siguientes consideraciones de (N.T.P. 400.017, 1999).

PESO UNITARIO SUELTO

$$PU_s = \frac{G_{sc} - T}{V_e}$$

PESO UNITARIO COMPACTADO

$$PU_c = \frac{G_{co} - T}{V_e}$$

- T= Peso del envase
- Ve= Volumen del envase
- Gsc= Envase + Muestra (Sin Compactar)
- Gsc- T= Muestra (Sin Compactar)
- Gco= Envase + Muestra (Compactado)
- Gco-T= Muestra (Compactado)

#### 3.6.8.1 ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO.

Para la determinación del análisis de este ensayo se utilizó la combinación de Agregado Fino de las canteras 30% Cunyac Roja y 70% Vicho

- a) Procesamiento de datos

Tabla 63: ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO - CUNYAC

S	DESCRIPCIÓN	CUNYAC				Und.
		M-1	M-2	M-3	Promedio	
T=	Peso del envase	5205.00	5205.00	5205.00	5205.00	gr.
Ve=	Volumen del envase	1305.09	1305.09	1305.09	1305.09	cm <sup>3</sup>
Gsc=	Envase + Muestra (Sin Compactar)	6745.00	6695.00	6735.00	6725.00	gr.
Gsc- T=	Muestra (Sin Compactar)	1540.00	1490.00	1530.00	1520.00	gr.
Gco=	Envase + Muestra (Compactado)	7155.00	7165.00	7150.00	7156.67	gr.
Gco-T=	Muestra (Compactado)	1950.00	1960.00	1945.00	1951.67	gr.
PU <sub>s</sub> =	PESO UNITARIO SUELTO	1.18	1.14	1.17	1.16	gr./cc
PU <sub>c</sub> =	PESO UNITARIO COMPACTADO	1.49	1.50	1.49	1.50	gr./cc

Fuente: Propia

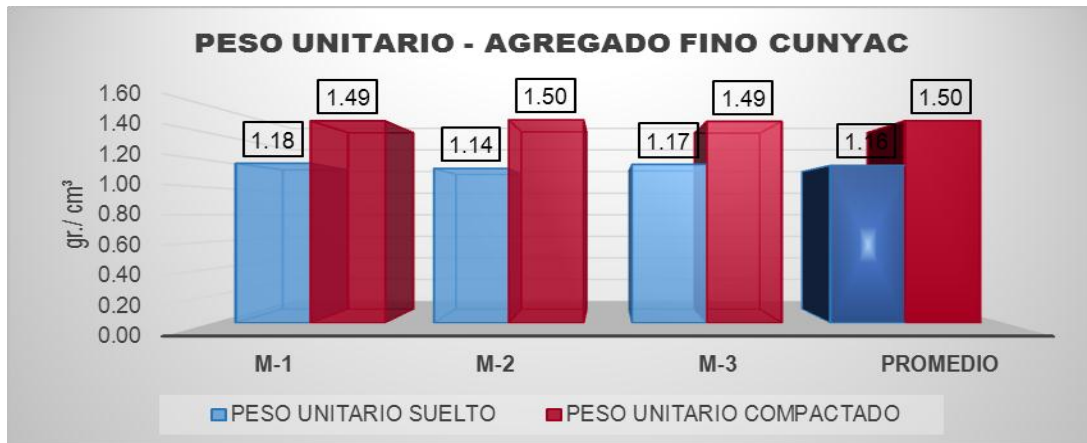
Tabla 64: ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO - VICHO

S	DESCRIPCIÓN	VICHO				Und.
		M-1	M-2	M-3	Promedio	
T =	Peso del envase	5205.00	5205.00	5205.00	5205.00	gr.
Ve =	Volumen del envase	1305.35	1305.35	1305.35	1305.35	cm <sup>3</sup>
Gsc =	Envase + Muestra (Sin Compactar)	7375.00	7275.00	7325.00	7325.00	gr.
Gsc - T =	Muestra (Sin Compactar)	2170.00	2070.00	2120.00	2120.00	gr.
Gco =	Envase + Muestra (Compactado)	7605.00	7525.00	7575.00	7568.33	gr.
Gco - T =	Muestra (Compactado)	2400.00	2320.00	2370.00	2363.33	gr.
PU <sub>s</sub> =	PESO UNITARIO SUELTO	1.66	1.59	1.62	1.62	gr./cc
PU <sub>c</sub> =	PESO UNITARIO COMPACTADO	1.84	1.78	1.82	1.81	gr./cc

Fuente: Propia

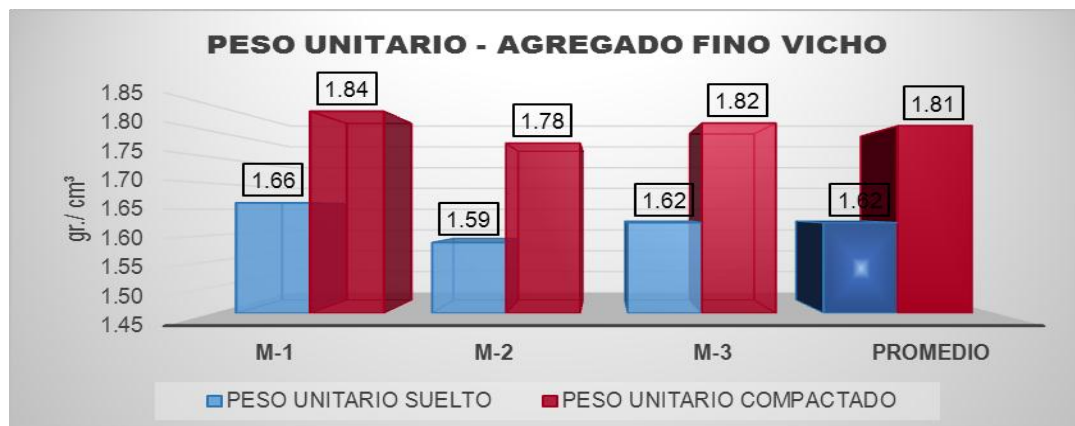
b) Diagrama de interpretación:

Figura 74: PESO UNITARIO – AGREGADO FINO CUNYAC



Fuente: Propia

Figura 75: PESO UNITARIO – AGREGADO FINO VICHO



Fuente: Propia

c) Análisis de Prueba:

- Según la interpretación del diagrama, el promedio del Peso Unitario Seco Suelto y Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Fino son de 1.16 g/cm<sup>3</sup> y 1.50 g/cm<sup>3</sup> para Cunyac y 1.62g/cm<sup>3</sup> y 1.81g/cm<sup>3</sup> para Vicho.

**3.6.8.2 ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO.**

Para la determinación del análisis de este ensayo se utilizó Agregado Grueso de la cantera de Vicho.

a) Procesamiento y cálculos de datos:

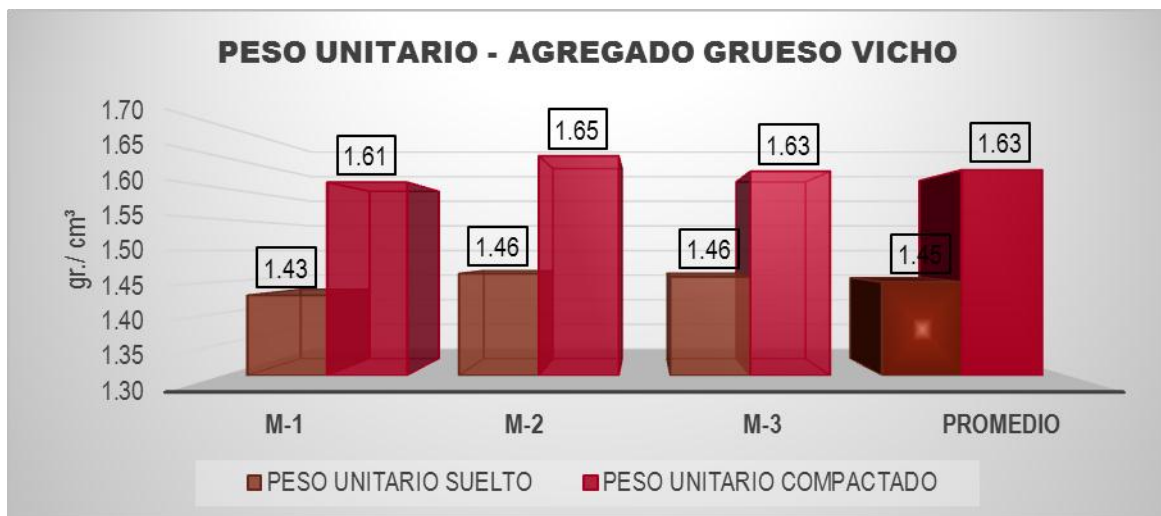
Tabla 65: ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO.

S	DESCRIPCIÓN	VICH O				Und.
		M-1	M-2	M-3	Promedio	
T=	Peso del envase	8490.00	8490.00	8490.00	8490.00	gr.
Ve=	Volumen del envase	4032.85	4032.85	4032.85	4032.85	cm <sup>3</sup>
Gsc=	Envase + Muestra (Sin Compactar)	14250.00	14390.00	14370.00	14336.67	gr.
Gsc-T=	Muestra (Sin Compactar)	5760.00	5900.00	5880.00	5846.67	gr.
Gco=	Envase + Muestra (Compactado)	14980.00	15150.00	15050.00	15060.00	gr.
Gco-T=	Muestra (Compactado)	6490.00	6660.00	6560.00	6570.00	gr.
PUS=	PESO UNITARIO SUELTO	1.43	1.46	1.46	1.45	gr./cc
PUc=	PESO UNITARIO COMPACTADO	1.61	1.65	1.63	1.63	gr./cc

Fuente: Propia

b) Diagrama de interpretación:

Figura 76: PESO UNITARIO – AGREGADO GRUESO VICH O



Fuente: Propia



c) Análisis de la prueba

- Según la interpretación del diagrama, el promedio del Peso Unitario Seco Suelto y Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Grueso son de 1.45 g/cm<sup>3</sup> y 1.63 g/cm<sup>3</sup>.
- Para el diseño de mezclas usaremos el Peso Unitario Seco Compactado, por ser un dato necesario para el diseño de mezclas por el método del comité 211 del ACI.

### **3.6.9 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE MEZCLAS PARA EL CONCRETO F'c: 210Kg/cm<sup>2</sup>.**

Una vez que se realizó los diferentes ensayos a los agregados, se obtuvo valores que son muy necesarios para diseñar una mezcla de concreto, cuya resistencia a la compresión es de f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 Días.

El diseño de Mezclas (ACI 211) que se adoptó en esta investigación es la dosificación típica realizado por el método de Volúmenes absolutos, del "MANUAL DE LA CONSTRUCCIÓN" de la Agenda Técnica - (I.C.G., 2016), donde las consideraciones de nuestro concreto a idealizar, no estará expuesto a agentes degradantes (no tendrá aire incorporado), ni contendrá aditivos y no consideraremos condiciones especiales de exposición.

#### **3.6.9.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO**

Mediante los ensayos realizados anteriormente a los componentes del concreto, se ha obtenido los siguientes datos, siendo de mucha importancia para la realización del diseño de mezclas.



a) CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

Tabla 66: CARACTERISTICAS DE MATERIALES A UTILIZAR PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES A UTILIZAR PARA EL DISEÑO DE MEZCLA					
DESCRIPCIÓN	UND	CEMENTO YURA TIPO IP	CENIZA VOLANTE	VICHO - CUNYAC	VICHO
				FINO	PIEDRA
Tamaño Máximo	Pulg.			N° 4	3/4
Peso Específico	gr/cc	2.85	2.21	2.59	2.73
Peso Unitario Suelto	kg/m <sup>3</sup>			1486.26	1449.76
Peso Unitario Compacta	kg/m <sup>3</sup>			1715.98	1629.12
Contenido de Humedad	%			2.83%	1.17%
Absorción	%			2.02%	1.02%
Módulo de Fineza				2.85	6.96

(LOPEZ I. E., 2014)

Característica del cemento.

Tabla 67: CARACTERISTICAS DEL CEMENTO PORLANAD PUZOLANICO YURA TIPO IP

CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP		
CARACTERÍSTICAS	Und.	VALOR
Peso Específico	Kg/m <sup>3</sup>	2850
01 Bolsa	kg	42.5

(LOPEZ I. E., 2014)

b) Características del agua.

- Agua potable, cumple con la norma NTP 339.088 ó e 0.60

c) Resistencia a la compresión.

- $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 Días.

3.6.9.2 CALCULO DE RESISTENCIA DE DISEÑO

Partiendo del hecho que siempre existe dispersión aun cuando se tenga un control riguroso tipo laboratorio debe tenerse en cuenta en la dosificación de una mezcla las diferentes dispersiones que se tendrán en obra según se tenga un control riguroso o no y por tanto se recomienda diseñar para valores más altos que el  $f'c$  especificado.

Cuando no se conoce propiedades estadísticas (Factor de seguridad) de la resistencia del Concreto, se pueden tomar los siguientes valores. (E.060 RNE, 2009).

Tabla 68: CALCULO DE RESISTENCIA DE DISEÑO

$f'_c$	$f'_{cr}$
MENOS DE 210	$f_c + 70$
<b>210-350</b>	<b><math>f_c + 85</math></b>
MAYOR A 350	$f_c + 98$

Fuente: E.060 RNE, 2009

### 3.6.9.3 PASOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS $F'_c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup> ACI - 211.

a) Selección de asentamiento

Tabla 69: SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MÁXIMO	SLUMP MÍNIMO
REFORZADOS	3"	1"
CIMENTACIONES SIMPLES Y CALZADURAS	3"	1"
VIGAS Y MUROS ARMADOS	4"	1"
COLUMNAS	4"	1"
LOSAS Y PAVIMENTOS	3"	1"
<b>CONCRETO CICLÓPEO</b>	<b>2"</b>	<b>1"</b>

(LOPEZ I. E., 2014)

- el slump elegido para esta investigación 1" - 2", que corresponde al ciclópeo

b) "Selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso"

El Agregado grueso está conformado por partículas limpias, de perfil preferente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura rugosa, para lo cual se eligió el Tamaño Máximo Nominal (TMN), de la cantera de Vicho.

$$TMN = \frac{3}{4}$$

c) “Selección del Contenido de Agua y selección del Aire atrapado”.

Tabla 70: SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA Y SELECCIÓN DEL AIRE ATRAPADO

Asentamiento SLUMP (1"=25m m)	TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---

Tabla 71: Selección del Contenido de Agua y selección del Aire atrapado

TMN Agregado	Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	9.5 mm	3.0
1/2"	12.5 mm	2.5
3/4"	19.0 mm	2.0
1"	25.0 mm	1.5
1 1/2"	37.5 mm	1.0
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

(LOPEZ I. E., 2014)

- en nuestro caso el TMN es de ¾, el Slump varia de 1" a 2", y sin aire incorporado el valor seria :  
PESO DEL AGUA = 189 LTS = 189 KG
  - El aire atrapado es de 2% equivalente a 0.020 m3.
- d) Selección de la relación agua / cemento (A/C), sea a la resistencia a Compresión.

Tabla 72: relación agua / cemento (A/C)

F'c (Kg/cm2)	Relación Agua/Cemento en Peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	----

(LOPEZ I. E., 2014)

- Para este paso se utilizó el  $F'c$ : 295 Kg/cm<sup>2</sup>, por consiguiente la relación Agua/Cemento se interpola:

$F'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Agua/Cemento
280	0.57
<b>295</b>	<b>X</b>
300	0.55

$$\frac{280 - 300}{295 - 300} = \frac{0.57 - 0.55}{x - 0.55} = 0.557$$

$$A/C = 0.557$$

e) Calculo del contenido de cemento

- Para el cálculo del contenido de Cemento se divide la cantidad de agua con la relación agua cemento (A/C) y el resultado se divide entre 42.5 Kg (Peso por Bolsa), se obtiene el número de bolsas de cemento para 1 m<sup>3</sup> de concreto.

$$\frac{189kg}{0.557} = 338.71 kg$$

$$\frac{338.71kg}{42.5 kg} = 7.96 bls$$

$$VOLUMEN CEMENTO = \frac{PESO CEMENTO(KG)}{PESO ESPECIFICO CEMENTO (KG/M3)}$$

$$C = \frac{338.71kg}{2850kg/m^3} = 0.119 m^3$$

f) Calculo del contenido del agregado grueso.

Tabla 73: RELACIÓN ENTRE PESO UNITARIO SECO CON Y SIN COM PACTAR DEL AGREGADO GRUESO, POR UNIDAD DE VOLUM EN DEL CONCRETO.

RELACIÓN ENTRE PESO UNITARIO SECO CON Y SIN COM PACTAR DEL AGREGADO GRUESO, POR UNIDAD DE VOLUM EN DEL CONCRETO.						
TMN Tamaño Máximo		Módulo de Fineza AGREGADO FINO				
Nominal, Agreg. Grueso.		2.40	2.60	2.80	3.00	Und
3/8"	9.5 mm	0.50	0.48	0.46	0.44	m <sup>3</sup>
1/2"	12.5 mm	0.59	0.57	0.55	0.53	m <sup>3</sup>
3/4"	19.0 mm	0.66	0.64	0.62	0.60	m <sup>3</sup>
1"	25.0 mm	0.71	0.69	0.67	0.65	m <sup>3</sup>
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.70	m <sup>3</sup>
2"	50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72	m <sup>3</sup>
3"	75.0 mm	0.81	0.79	0.77	0.75	m <sup>3</sup>
6"	150.0 mm	0.87	0.85	0.83	0.81	m <sup>3</sup>

Fuente: Propia

- Módulo de fineza es 2.85, se interpola :

Módulo de Fineza	Volumen en función al TMN
2.8	0.62
<b>2.85</b>	<b>x</b>
3	0.60

$$\frac{3 - 2.8}{2.85 - 2.8} = \frac{0.6 - 0.62}{x - 62}$$

$$X = 0.615 \text{ m}^3$$

- El peso seco del agregado grueso es:

$$\text{Agreg. Grueso (kg)} = \frac{b}{bo} (\text{m}^3) \times \text{PesoUnitarioCompactadoPiedra} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

- Peso Seco Agregado grueso = 0.615 x 1630  
Peso Seco Agregado grueso = 1002.45 KG

g) “Cálculo del agregado fino (Método del Volumen Absoluto)”

Se reporta los pesos de todos los materiales sin considerar el Agregado Fino:

**Tabla 74: MÉTODO DEL VOLUMEN ABSOLUTO**

volumenes absolutos		
cemento	0.11947431	M3
AGUA	0.19	M3
A. GRUESO	0.35674377	M3
AIRE	0.02	M3
<b>SUMATORIA</b>	<b>0.68621809</b>	

Fuente: Propia

Para la determinación de la cantidad del Agregado fino se utilizó el Método del Volumen Absoluto, donde se halla en función al volumen de materiales que forman el metro cubico de concreto.

Volumen absoluto de agregado fino = 1 -  $\sum$  Vol. Absolutos

Volumen absoluto de agregado fino = 1 m<sup>3</sup> – 0.686 m<sup>3</sup>

Volumen absoluto de Agregado Fino = **0.313 m<sup>3</sup>**

h) Ajuste por humedad del agregado

- Corrección del Peso por humedad de los agregados en 01 m<sup>3</sup> de material:

$$\text{Peso Corregido} = (1 + \text{ContenidoHumedad}) \times \text{PesoSeco}$$

Peso corregido, Agregado Grueso =  $(1+0.0117) \times 1002.45 = 1014.179 \text{ Kg/m}^3$

Peso corregido, Agregado Fino =  $(1+0.0283) \times 834.65 = 658.281 \text{ Kg/m}^3$

- Se calcula el balance de agua

$$\text{Balance de H}_2\text{O} = \% \text{Humedad} - \% \text{Absorción}$$

Balance de Agua, Agregado Grueso =  $1.17\% - 1.02\% = 0.15\% = +0.0015$

Balance de Agua, Agregado Fino =  $2.83\% - 1.72\% = 1.11\% = +0.011$

- Se calcula el aporte total de agua

$$\text{Contribución H}_2\text{O} = \text{PesoCorregido} \times \text{Balance de H}_2\text{O}$$

Contribución de agua, Agregado Grueso =  $1014.179 \text{ Kg/m}^3 \times 0.0015 = +1.521 \text{ Kg/m}^3$ .

Contribución de agua, Agregado Fino =  $658.281 \text{ Kg/m}^3 \times 0.011 = +9.527 \text{ Kg/m}^3$ .

- Se determina la cantidad total de agua

$$\text{AguaFinal} = \text{PesoAbs. (H}_2\text{O)} - [\text{Contribución H}_2\text{O}_{\text{Agreg. Grueso}} + \text{Contribución H}_2\text{O}_{\text{Agreg. Fino}}]$$

Agua Final =  $190 \text{ Kg} - 1.521 \text{ Kg} - 9.527 \text{ Kg} = 178.95 \text{ Kg}$ .

i) Dosificación final por 01m3 de concreto

Tabla 75: DOSIFICACIÓN FINAL POR 01M3 DE CONCRETO

MATERIALES		PESO (Kg)	PESO ESPECÍFICO (Kg/M3)	VOLUMEN (M3)	PROPORCIÓN EN PESO
AGUA		178.95	1000	0.178	0.52 K
AIRE		0.000	---	0.020	0.00 K
CEMENTO		340.502	2850	0.120	1.00 K
AGREGADO GRUESO (Cantera Vicho)		1014.179	2810	0.361	2.97 K
AGREGADO FINO	Cunyac (30%)	858.281	257.484	0.096	0.75 K
	Vicho (70%)		600.797	0.226	1.67 K
TOTAL:		2391.922		1.00	

Fuente: Propia

### 3.6.9.4 DOSIFICACIÓN PARA UNA BRIQUETA CIRCULAR DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm2 – PATRÓN.

a) Procesamiento y cálculos de Datos:

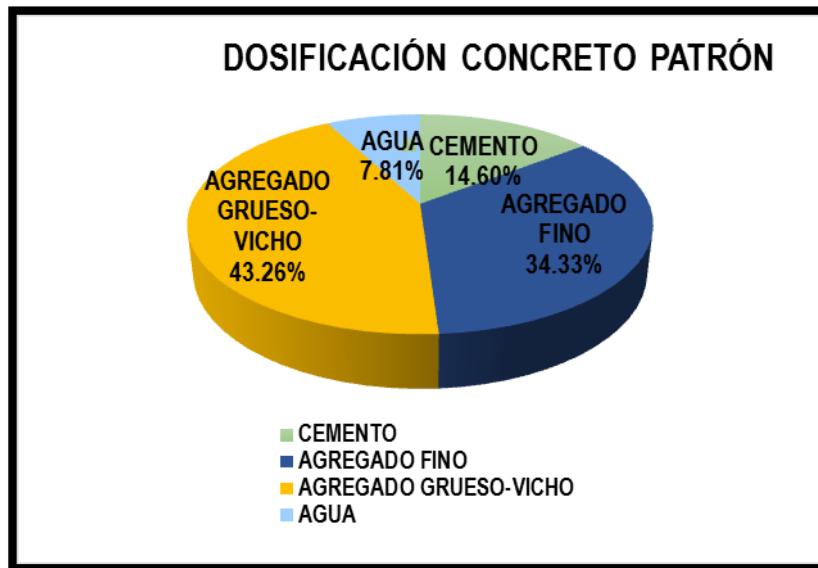
Tabla 76: DOSIFICACIÓN PARA UNA BRIQUETA CIRCULAR DE CONCRETO

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO - PATRÓN							
MATERIAL		PESO ESPECÍFICO (Kg/M³)	PESO (Kg)		VOLUMEN ABSOLUTO M³	Porcentaje (%)	PESO (*21 Briq.) (Kg)
CEMENTO		2850.00	338.71	338.710	0.119	14.60%	12.687
AGREGADO FINO	VICHO 70%	2626.74	796.35	557.445	0.212	34.33%	20.880
	CUNYAC 30%	2505.78		238.905	0.095		8.948
AGREGADO GRUESO-VICHO		2733.59	1003.42	1003.42	0.367	43.26%	37.584
AGUA		1000	181.09	181.090	0.181	7.81%	6.783
AIRE		-		0.000	0.020	0.00%	0.000
TOTAL:			2319.57	2319.57	0.995	100%	86.881

Fuente: Propia

b) Diagrama de Interpretación:

Figura 77: DOSIFICACION PARA UN CONCRETO PATRON



Fuente: Propia

### 3.6.9.5 DOSIFICACIÓN PARA UNA VIGUETA DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm2 – PATRÓN.

a) Procesamiento y cálculos de Datos:

Tabla 77: DOSIFICACIÓN PARA UNA VIGUETA DE CONCRETO PATRÓN

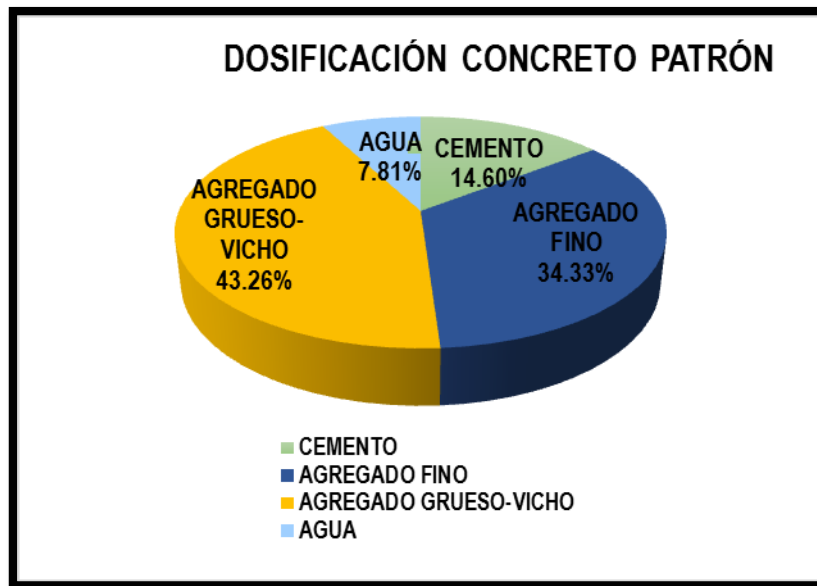
MATERIAL		PESO ESPECÍFICO (Kg/M³)	PESO (Kg)		VOLUMEN ABSOLUTO M³	Porcentaje (%)	PESO (*04 vigue.) (Kg)
CEMENTO		2850.00	338.71	338.710	0.119	14.60%	16.766
AGREGADO FINO	VICHO 70%	2626.74	796.35	557.445	0.212	34.33%	27.594
	CUNYAC 30%	2505.78		238.905			
AGREGADO GRUESO-VICHO		2733.59	1003.42	1003.42	0.367	43.26%	49.669
AGUA		1000	181.09	181.090	0.181	7.81%	8.964
AIRE		-		0.000	0.020	0.00%	0.000
<b>TOTAL:</b>			2319.57	2319.57	0.995	100%	114.819

Fuente: Propia



b) Diagrama de Interpretación:

Figura 78: DOSIFICACION PARA UN CONCRETO PATRON



Fuente: Propia

### 3.6.9.6 DOSIFICACIÓN REEMPLAZANDO EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN 10%, 20%, 30%.

#### 3.6.9.6.1 DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> – SUSTITUYENDO UN 10% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE

a) Procesamiento y cálculos de Datos

Tabla 78: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> – SUSTITUYENDO UN 10% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN BRIQUETAS.

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO - C10%CV							
MATERIAL		PESO ESPECÍFICO	PESO (Kg/M <sup>3</sup> )		VOLUMEN M <sup>3</sup>	Porcentaje (%)	PESO (*21 Briq.) (Kg)
CEMENTO	90%	2850.00	338.71	304.84	0.122	13.19%	11.418
CENIZA VOLANTE	10%	2212.00		33.87		1.47%	1.269
AGREGADO FINO	VICHO 70%	2626.74	788.52	551.96	0.210	34.11%	20.674
	CUNYAC 30%	2505.78		236.56			0.094
AGREGADO GRUESO-VICHO		2733.59	1003.42	1003.42	0.367	43.40%	37.584
AGUA		1000	181.15	181.15	0.181	7.84%	6.785
AIRE		-			0.020	0.00%	0.000
<b>TOTAL:</b>			2311.80	2311.80	0.995	100%	86.590

Fuente: Propia

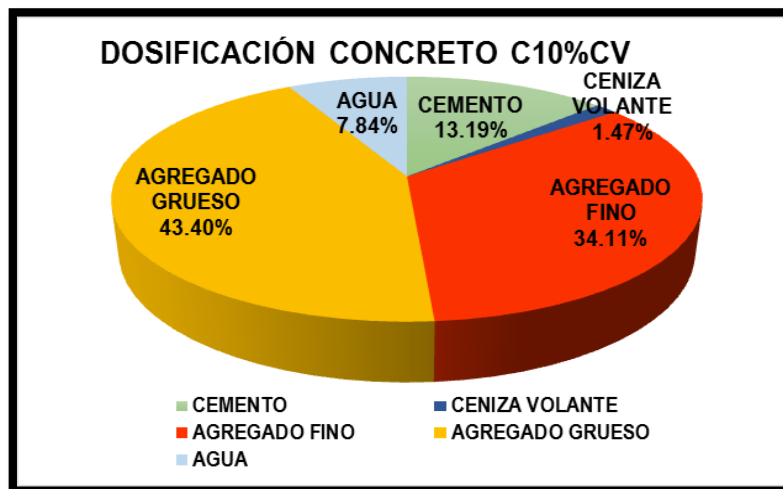
Tabla 79: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> – SUSTITUYENDO UN 10% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN VIGUETAS

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO - C10%CV							
MATERIAL		PESO ESPECÍFICO	PESO (Kg/M <sup>3</sup> )		VOLUMEN M <sup>3</sup>	Porcentaje (%)	PESO (*04 vigue.) (Kg)
CEMENTO	90%	2850.00	338.71	304.84	0.122	13.19%	15.090
CENIZA VOLANTE	10%	2212.00		33.87		1.47%	1.677
AGREGADO FINO	VICHO	70%	788.52	551.96	0.210	34.11%	27.322
	CUNY AC	30%		2505.78			236.56
REGADO GRUESO-VICHO		2733.59	1003.42	1003.42	0.367	43.40%	49.669
AGUA		1000	181.15	181.15	0.181	7.84%	8.967
AIRE		-			0.020	0.00%	0.000
<b>TOTAL:</b>			2311.80	2311.80	0.995	100%	114.434

Fuente: Propia

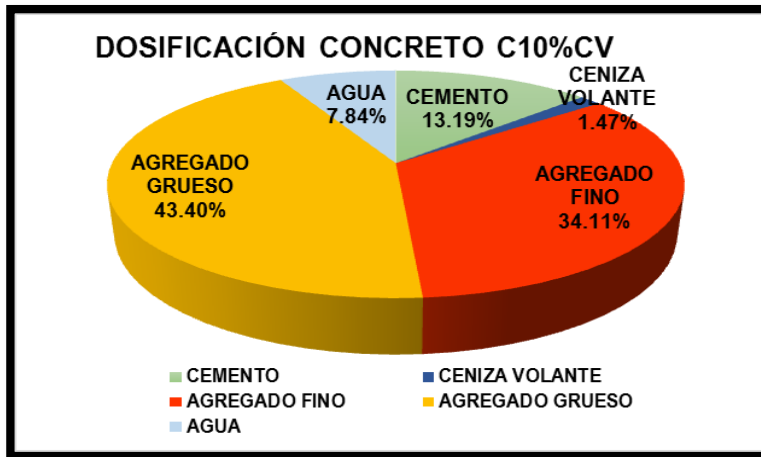
c) Diagramas de interpretación:

Figura 79: DOSIFICACION DEL CONCRETO CON 10% CV EN BRIQUETAS



Fuente: Propia

Figura 80 DOSIFICACION DEL CONCRETO CON 10% CV EN VIGUETAS



Fuente: Propia

3.6.9.6.2 DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> – SUSTITUYENDO UN 20% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE

a) Procesamiento y cálculos de Datos

Tabla 80: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> – SUSTITUYENDO UN 20% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN BRIQUETAS

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO - C20%CV								
MATERIAL			PESO ESPECÍFICO	PESO (Kg/M <sup>3</sup> )		VOLUMEN ABSOLUTO M <sup>3</sup>	Porcentaje (%)	PESO (*21 Briq.) (Kg)
CEMENTO		80%	2850.00	338.71	270.97	0.124	11.75%	10.149
CENIZA VOLANTE		20%	2212.00		67.74		2.94%	2.537
AGREGADO FINO	VICHO	70%	2626.74	783.29	548.30	0.209	33.96%	20.537
	CUNYAC	30%	2505.78		234.99			0.094
AGREGADO GRUESO-VICHO			2733.59	1003.42	1003.42	0.367	43.50%	37.584
AGUA			1000.00	181.20	181.20	0.181	7.86%	6.787
AIRE			-			0.020	0.00%	0.000
<b>TOTAL:</b>				2306.62	2306.62	0.995	100%	86.396

Fuente: Propia

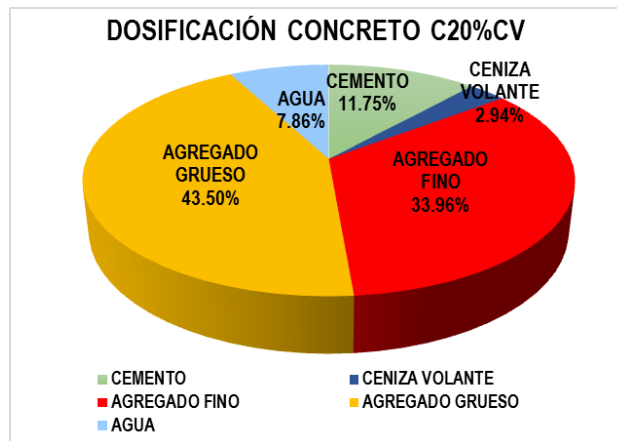
Tabla 81: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> – SUSTITUYENDO UN 20% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN VIGUETAS

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO - C20%CV							
MATERIAL		PESO ESPECÍFICO	PESO (Kg/M <sup>3</sup> )		VOLUMEN ABSOLUTO M <sup>3</sup>	Porcentaje (%)	PESO (*4 vigue.) (Kg)
CEMENTO	80%	2850.00	338.71	270.97	0.124	11.75%	13.413
CENIZA VOLANTE	20%	2212.00		67.74		2.94%	3.353
AGREGADO FINO	VICHO	70%	783.29	548.30	0.209	33.96%	27.141
	CUNYAC	30%		2505.78			234.99
AGREGADO GRUESO-VICHO		2733.59	1003.42	1003.42	0.367	43.50%	49.669
AGUA		1000.00	181.20	181.20	0.181	7.86%	8.969
AIRE		-			0.020	0.00%	0.000
<b>TOTAL:</b>			2306.62	2306.62	0.995	100%	114.178

Fuente: Propia

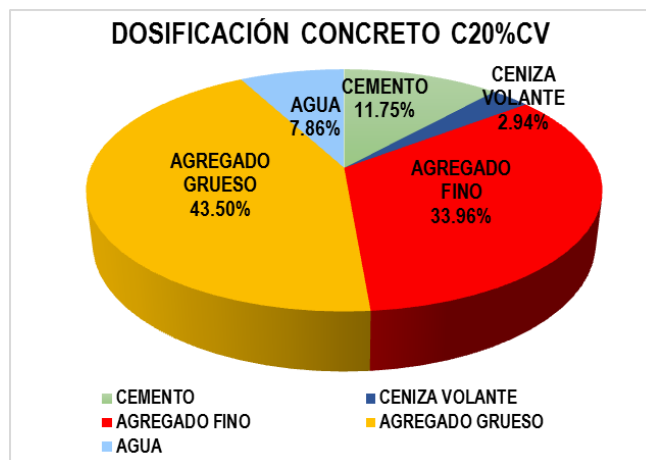
b) Diagramas de interpretación:

Figura 81: DOSIFICACION DEL CONCRETO CON 20% CV EN BRIQUETAS



Fuente: Propia

Figura 82: DOSIFICACION DEL CONCRETO CON 20% CV EN VIGUETAS



Fuente: Propia

**3.6.9.6.3 DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> – SUSTITUYENDO UN 30% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE**

a) Procesamiento y cálculos de Datos

**Tabla 82: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> – SUSTITUYENDO UN 30% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN BRIQUETAS**

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO - C30%CV								
MATERIAL			PESO ESPECÍFICO	PESO (Kg/M <sup>3</sup> )		VOLUMEN ABSOLUTO M <sup>3</sup>	Porcentaje (%)	PESO (*21 Briq.) (Kg)
CEMENTO 70%			2850.00	338.71	237.10	0.127	10.31%	8.881
CENIZA VOLANTE 30%			2212.00		101.61		4.42%	3.806
AGREGADO FINO	VICHO 70%	2626.74	775.46	542.82	0.207	33.73%	20.332	
	CUNYAC 30%	2505.78		232.64			0.093	8.714
AGREGADO GRUESO-VICHO			2733.59	1003.42	1003.42	0.367	43.65%	37.584
AGUA			1000.00	181.26	181.26	0.181	7.88%	6.789
AIRE			-		0.00	0.020	0.00%	0.000
<b>TOTAL:</b>				2298.85	2298.85	0.995	100%	86.105

Fuente: Propia

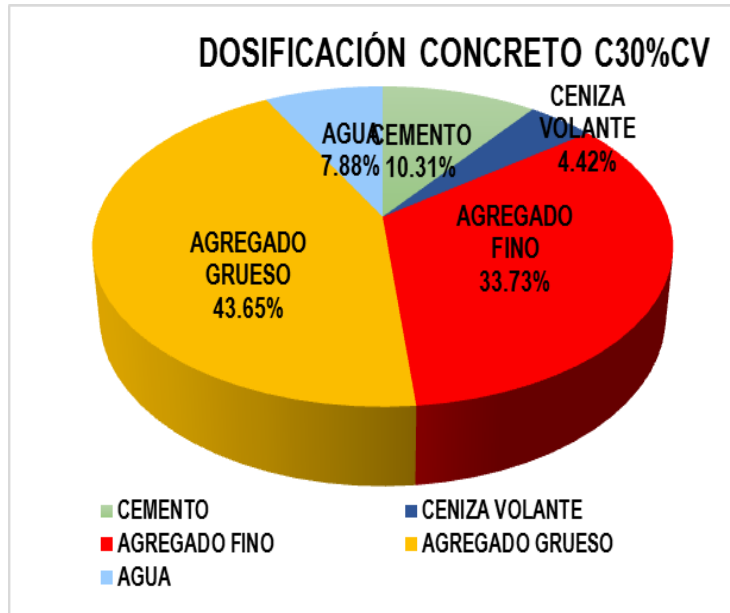
**Tabla 83: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> – SUSTITUYENDO UN 30% EL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN VIGUETAS**

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO - C30%CV								
MATERIAL			PESO ESPECÍFICO	PESO (Kg/M <sup>3</sup> )		VOLUMEN ABSOLUTO M <sup>3</sup>	Porcentaje (%)	PESO (*4 vigue.) (Kg)
CEMENTO 70%			2850.00	338.71	237.10	0.127	10.31%	11.736
CENIZA VOLANTE 30%			2212.00		101.61		4.42%	5.030
AGREGADO FINO	VICHO 70%	2626.74	775.46	542.82	0.207	33.73%	26.870	
	CUNYAC 30%	2505.78		232.64			0.093	11.516
AGREGADO GRUESO-VICHO			2733.59	1003.42	1003.42	0.367	43.65%	49.669
AGUA			1000.00	181.26	181.26	0.181	7.88%	8.972
AIRE			-		0.00	0.020	0.00%	0.000
<b>TOTAL:</b>				2298.85	2298.85	0.995	100%	113.793

Fuente: Propia

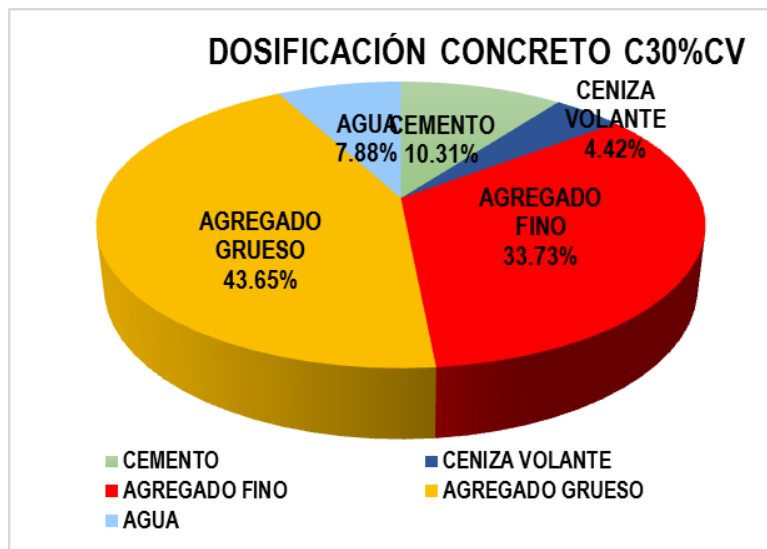
b) Diagramas de interpretación:

Figura 83: DOSIFICACION DEL CONCRETO CON 30% CV EN BRIQUETAS



Fuente: Propia

Figura 84: DOSIFICACION DEL CONCRETO CON 30% CV EN VIGUETAS



Fuente: Propia

**3.6.10. ANÁLISIS DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO**

## a) Procesamiento y cálculos de Datos

Después de haber determinado el revenimiento de cada tipo de concreto, se ha determinado un promedio para cada dosificación:

Tabla 84: ANÁLISIS DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO – TANDA 1

TANDA N°01					
TIPO DE MUESTRA	SLUMP (CM)			Promedio (CM)	Promedio (PULG)
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3		
Patrón	3.70	3.75	3.68	3.71	1.46
Concreto Reemplazando el 10% del cemento por C.V.	3.52	3.41	3.45	3.46	1.36
Concreto Reemplazando el 20% del cemento por C.V.	3.19	3.25	3.23	3.22	1.27
Concreto Reemplazando el 30% del cemento por C.V.	2.78	2.76	2.82	2.79	1.10

Fuente: Propia

Tabla 85: ANÁLISIS DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO- TANDA 2

TANDA N°02					
TIPO DE MUESTRA	SLUMP (CM)			Promedio	Promedio (PULG)
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3		
Patrón	3.65	3.62	3.58	3.62	1.43
Concreto Reemplazando el 10% del cemento por C.V.	3.55	3.48	3.52	3.52	1.39
Concreto Reemplazando el 20% del cemento por C.V.	3.09	3.15	3.20	3.15	1.24
Concreto Reemplazando el 30% del cemento por C.V.	2.65	2.74	2.71	2.70	1.06

Fuente: Propia

Tabla 86: ANÁLISIS DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO- TANDA 3

TANDA N°03					
TIPO DE MUESTRA	SLUMP (CM)			Promedio	Promedio (PULG)
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3		
Patrón	3.70	3.62	3.75	3.69	1.45
Concreto Reemplazando el 10% del cemento por C.V.	3.61	3.58	3.52	3.57	1.41
Concreto Reemplazando el 20% del cemento por C.V.	3.20	3.15	3.10	3.15	1.24
Concreto Reemplazando el 30% del cemento por C.V.	2.70	2.85	2.76	2.77	1.09

Fuente: Propia

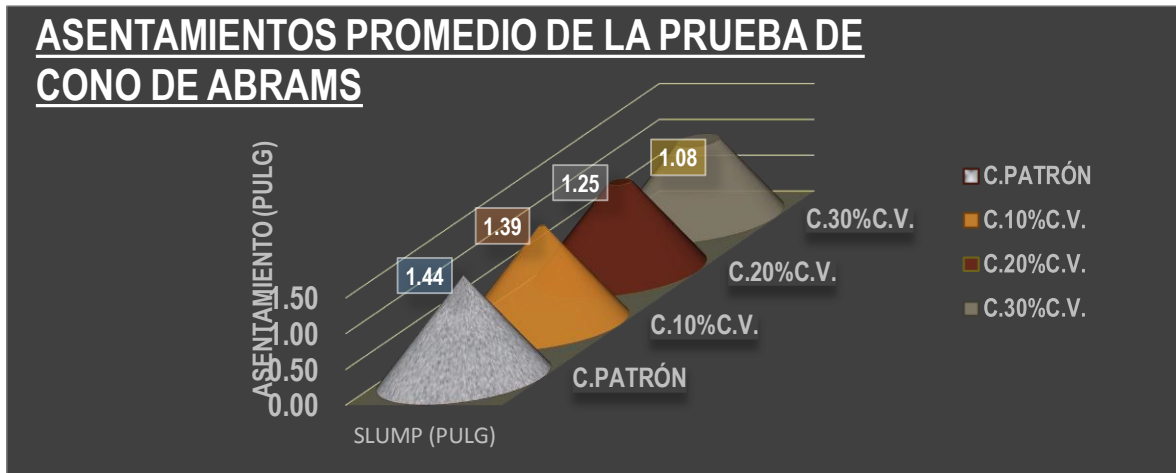
Tabla 87: ANÁLISIS DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO- PROMEDIO

PROMEDIOS DE ASENTAMIENTOS PARA LAS DIFERENTES MEZCLAS			
TIPO DE MUESTRA	SLUMP (CM)		CONSISTENCIA DE LA MEZCLA
	CM	PULG	
Patrón	3.67	1.44	Mezcla semiseca
Concreto Reemplazando el 10% del cemento por C.V.	3.52	1.39	Mezcla semiseca
Concreto Reemplazando el 20% del cemento por C.V.	3.17	1.25	Mezcla seca
Concreto Reemplazando el 30% del cemento por C.V.	2.75	1.08	Mezcla seca

Fuente: Propia

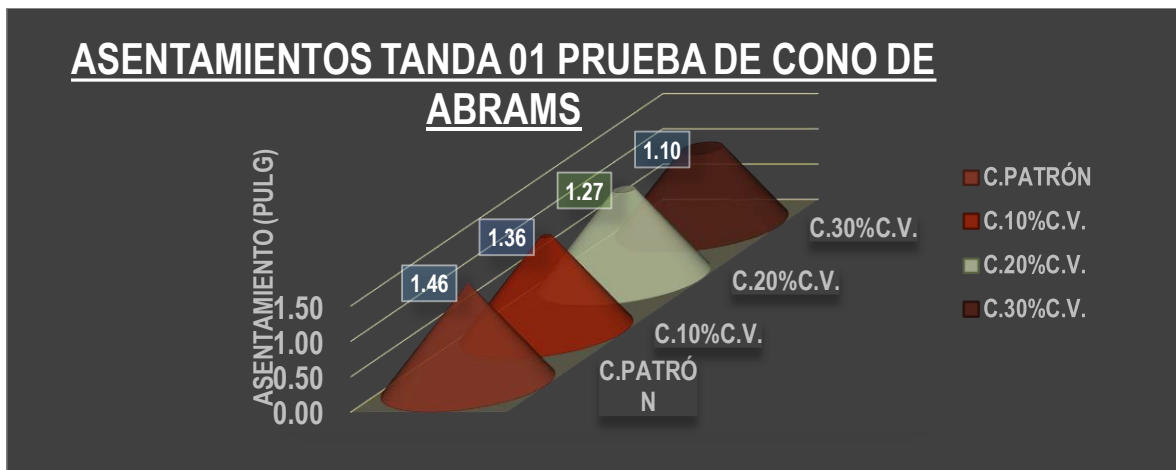
b) Diagramas de interpretación:

Figura 85: ASENTAMIENTO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE CONO DE ABRAMS



Fuente: Propia

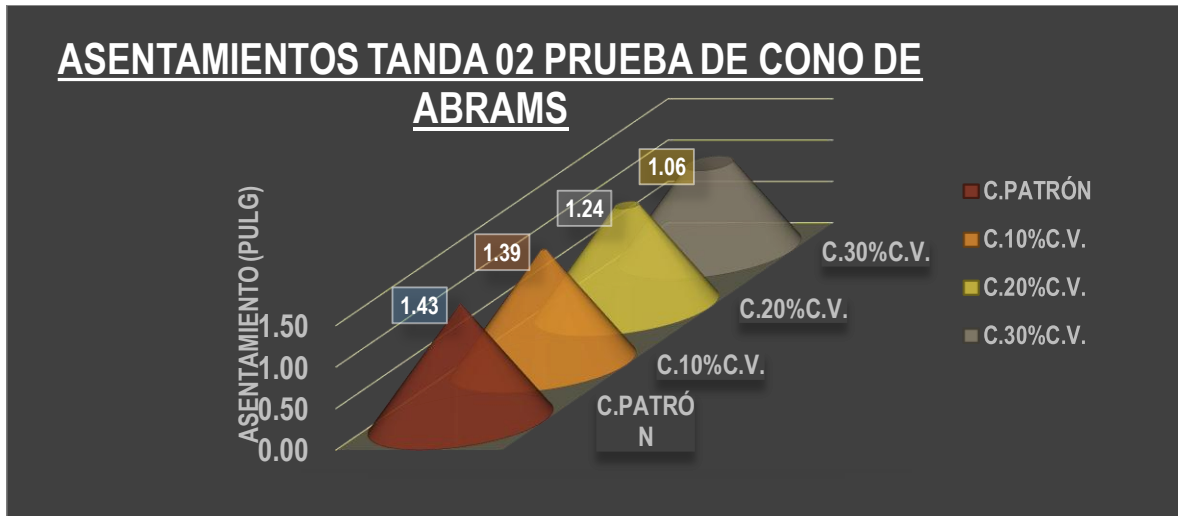
Figura 86: ASENTAMIENTO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE CONO DE ABRAMS- TANDA 1



Fuente: Propia

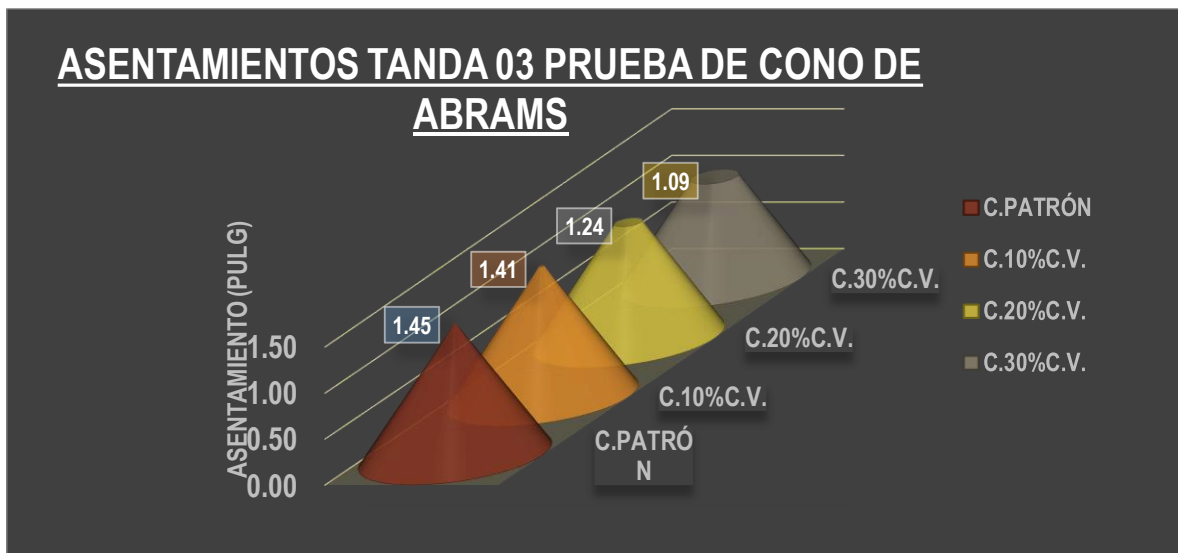


Figura 87: ASENTAMIENTO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE CONO DE ABRAMS- TANDA 2



Fuente: Propia

Figura 88: ASENTAMIENTO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE CONO DE ABRAMS- TANDA 3



Fuente: Propia

**3.6.11 ANÁLISIS DEL TIEMPO DE FRAGUADO**

a) Procesamiento y cálculos de Datos

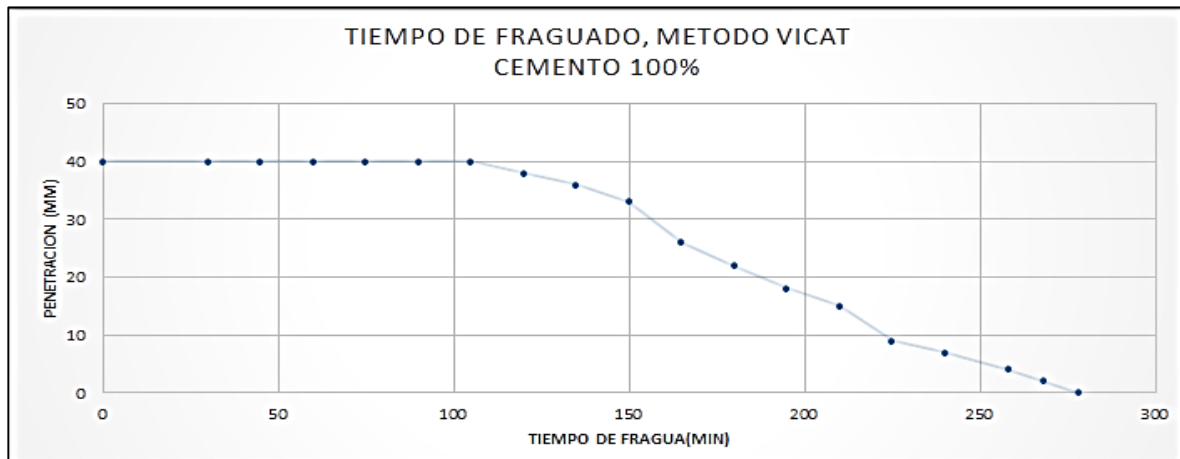
**Tabla 88: ANALISIS DEL TIEMPO DE FRAGUADO, METODO DE LA AGUJA DE VICAT**

TIEMPO DE FRAGUADO					
CEMENTO PORTLAND TIPO IP					
LECTURA	(MINUTOS)	mm) cemento	mm) C (90%) + CV(10%)	mm) C (80%) + CV(20%)	mm) C (70%) + CV(30%)
1		40	40	40	40
2	30	40	40	40	40
3	45	40	40	40	40
4	60	40	40	40	40
5	75	40	40	40	40
6	90	40	40	39	40
7	105	40	39	35	38
8	120	38	38	33	34
9	135	36	35	30	29
10	150	33	32	28	25
11	165	26	29	25	21
12	180	22	26	20	17
13	195	18	21	15	13
14	210	15	17	9	9
15	225	9	13	6	4
16	240	7	8	2	1
17	258	4	3		
18	268	2			
19	278				
20	288				
21	295				
22	305				
23	310				
24	320				

Fuente: Propia

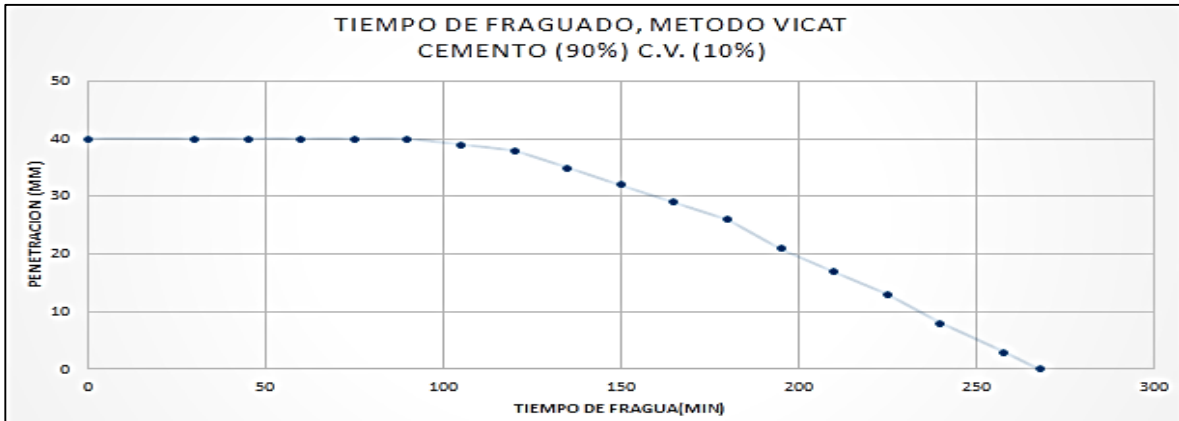
b) Diagramas de interpretación:

**Figura 89: TIEMPO DE FRAGUADO, METODO VICAT CEMENTO 100%**



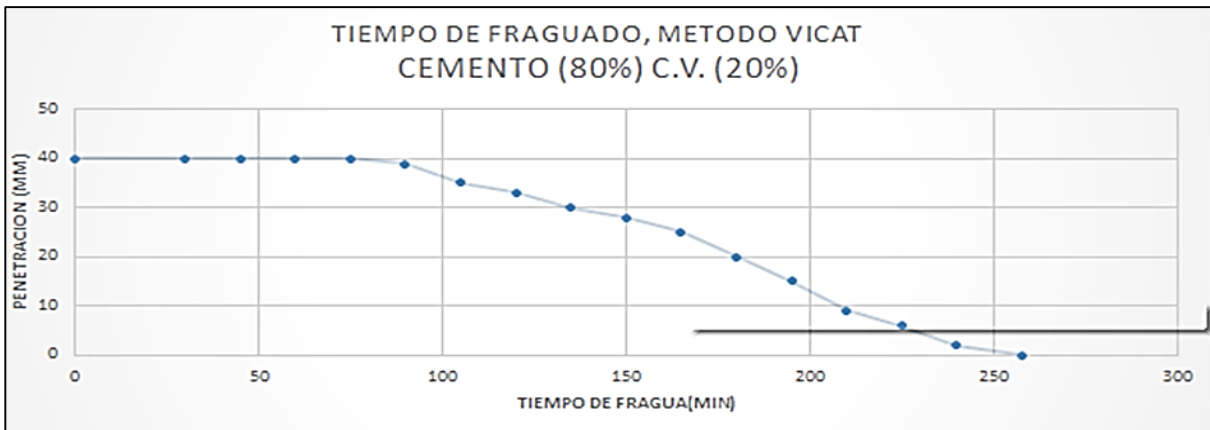
Fuente: Propia

Figura 90: TIEMPO DE FRAGUADO, METODO VICAT CEMENTO 90% Y CV 10%.



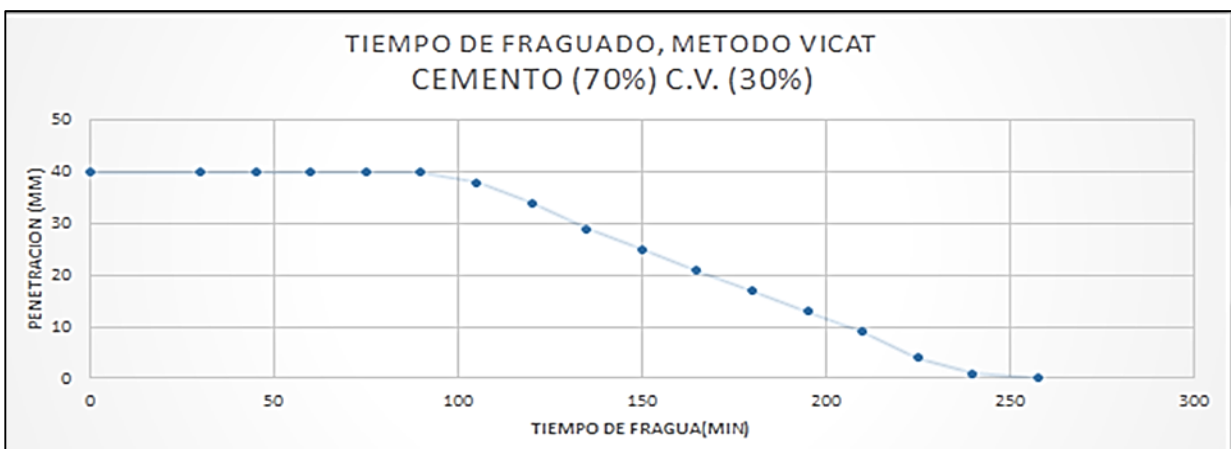
Fuente: Propia

Figura 91: TIEMPO DE FRAGUADO, METODO VICAT CEMENTO 80% Y CV 20%.



Fuente: Propia

Figura 92: TIEMPO DE FRAGUADO, METODO VICAT CEMENTO 70% Y CV 30%.



Fuente: Propia

**3.6.11 ANÁLISIS, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO.**

Para el análisis de la resistencia a la compresión las Probetas, se consideró los parámetros de (N.T.P. 339.034, 2013).

Las Probetas testigos cumplieron antes del ensayo, con los parámetros de la (Tabla N° 29) del presente documento, corroboración de las medidas de Probetas- testigos de la relación (Longitud/Diámetro), antes del ensayo de resistencia a la compresión.

a) Procesamiento y cálculos de Datos:

**Tabla 89: CONCRETO PATRÓN - 7 DÍAS**

CONCRETO PATRÓN - CP															
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO Dp (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA	% RESISTENCIA INCREMENTADA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P - 01	7	10.00	10.05	10.07	10.04	20.60	20.70	20.65	79.17	11810.00	149.17	71.04	72.28%	151.79
2	P - 02	7	10.02	10.00	10.05	10.02	20.60	20.50	20.55	78.91	11010.00	139.53	66.44		
3	P - 03	7	10.05	10.00	10.10	10.05	20.80	20.70	20.75	79.33	11250.00	141.82	67.53		
4	P - 04	7	10.00	10.02	10.05	10.02	20.60	20.70	20.65	78.91	12100.00	153.35	73.02		
5	P - 05	7	10.08	10.05	10.02	10.05	20.90	20.70	20.80	79.33	12980.00	163.63	77.92		
6	P - 06	7	10.00	10.02	10.05	10.02	20.80	20.70	20.75	78.91	12390.00	157.02	74.77		
7	P - 07	7	10.00	10.05	10.00	10.02	20.70	20.90	20.80	78.80	12450.00	157.99	75.23		

Fuente: Propia

**Tabla 90: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS**

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE															
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO Dp (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA	% RESISTENCIA INCREMENTADA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C10CV-01	7	10.05	10.09	10.00	10.05	20.90	20.80	20.85	79.27	8510.00	107.35	51.12	58.13%	122.07
2	C10CV-02	7	10.00	10.07	10.10	10.06	20.60	20.80	20.70	79.43	9640.00	121.36	57.79		
3	C10CV-03	7	10.10	10.05	10.00	10.05	20.70	20.90	20.80	79.33	10120.00	127.57	60.75		
4	C10CV-04	7	10.07	10.00	10.10	10.06	20.60	20.70	20.65	79.43	9260.00	116.58	55.51		
5	C10CV-05	7	10.07	10.10	10.05	10.07	20.50	20.60	20.55	79.70	9910.00	124.35	59.21		
6	C10CV-06	7	10.10	10.05	10.05	10.07	20.70	20.90	20.80	79.59	10270.00	129.04	61.45		
7	C10CV-07	7	10.05	10.07	10.10	10.07	20.60	20.70	20.65	79.70	10220.00	128.24	61.07		

Fuente: Propia

**Tabla 91: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS**

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE															
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO Dp (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA	% RESISTENCIA INCREMENTADA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C20CV-01	7	10.05	10.00	10.10	10.05	20.90	20.60	20.75	79.33	9020.00	113.71	54.15	53.47%	112.28
2	C20CV-02	7	10.05	10.05	10.00	10.03	20.60	20.70	20.50	79.06	9240.00	116.87	55.65		
3	C20CV-03	7	10.06	10.05	10.10	10.07	20.90	20.70	20.80	79.64	7730.00	97.06	46.22		
4	C20CV-04	7	10.10	10.00	10.07	10.06	20.60	20.50	20.55	79.43	8920.00	112.30	53.47		
5	C20CV-05	7	10.06	10.10	10.05	10.07	20.60	20.70	20.65	79.64	8800.00	110.49	52.62		
6	C20CV-06	7	10.05	10.10	10.00	10.05	20.50	20.60	20.55	79.33	9400.00	118.50	56.43		
7	C20CV-07	7	10.10	10.05	10.06	10.07	20.70	20.60	20.65	79.64	9320.00	117.02	55.72		

Fuente: Propia

Tabla 92: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE															
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO Dp (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA	% RESISTENCIA INCREMENTADA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C30CV-01	7	10.05	10.05	10.10	10.07	20.36	20.70	20.53	79.59	7070.00	88.83	42.30	41.12%	86.35
2	C30CV-02	7	10.00	10.10	10.05	10.05	20.90	20.80	20.50	79.33	6690.00	84.33	40.16		
3	C30CV-03	7	10.07	10.05	10.10	10.07	20.60	20.70	20.65	79.70	7100.00	89.09	42.42		
4	C30CV-04	7	10.05	10.10	10.00	10.05	20.90	20.80	20.85	79.33	6500.00	81.94	39.02		
5	C30CV-05	7	10.06	10.10	10.07	10.08	20.70	20.60	20.65	79.75	7300.00	91.54	43.59		
6	C30CV-06	7	10.10	10.00	10.06	10.05	20.80	20.80	20.80	79.38	6470.00	81.51	38.81		
7	C30CV-07	7	10.10	10.05	10.00	10.05	20.90	20.60	20.75	79.33	6920.00	87.23	41.54		

Fuente: Propia

Tabla 93: CONCRETO PATRÓN – 14 DIAS

CONCRETO PATRÓN - CP															
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO Dp (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA	% RESISTENCIA INCREMENTADA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P - 01	14	10.00	10.05	10.07	10.04	20.60	20.70	20.65	79.17	15350.00	193.89	92.33	97.44%	204.63
2	P - 02	14	10.02	10.00	10.05	10.02	20.60	20.50	20.55	78.91	16320.00	206.83	98.49		
3	P - 03	14	10.05	10.00	10.10	10.05	20.80	20.70	20.75	79.33	16820.00	212.03	100.97		
4	P - 04	14	10.00	10.02	10.05	10.02	20.60	20.70	20.65	78.91	17200.00	217.98	103.80		
5	P - 05	14	10.08	10.05	10.02	10.05	20.90	20.70	20.80	79.33	16110.00	203.08	96.71		
6	P - 06	14	10.00	10.02	10.05	10.02	20.80	20.70	20.75	78.91	14990.00	189.97	90.46		
7	P - 07	14	10.00	10.05	10.00	10.02	20.70	20.90	20.80	78.80	16440.00	208.62	99.35		

Fuente: Propia

Tabla 94: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DIAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE															
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO Dp (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA	% RESISTENCIA INCREMENTADA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C10CV-01	14	10.05	10.09	10.00	10.05	20.90	20.80	20.85	79.27	14820.00	186.95	89.02	86.56%	181.77
2	C10CV-02	14	10.00	10.07	10.10	10.06	20.60	20.80	20.70	79.43	13920.00	175.24	83.45		
3	C10CV-03	14	10.10	10.05	10.00	10.05	20.70	20.90	20.80	79.33	14410.00	181.65	86.50		
4	C10CV-04	14	10.07	10.00	10.10	10.06	20.60	20.70	20.65	79.43	13990.00	176.12	83.87		
5	C10CV-05	14	10.07	10.10	10.05	10.07	20.50	20.60	20.55	79.70	14980.00	187.96	89.51		
6	C10CV-06	14	10.10	10.05	10.05	10.07	20.70	20.90	20.80	79.59	13910.00	174.77	83.22		
7	C10CV-07	14	10.05	10.07	10.10	10.07	20.60	20.70	20.65	79.70	15120.00	189.72	90.34		

Fuente: Propia

Tabla 95: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DIAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE															
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO Dp (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA Lp (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA	% RESISTENCIA INCREMENTADA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C20CV-01	14	10.05	10.00	10.10	10.05	20.90	20.60	20.75	79.33	12860.00	162.11	77.20	78.98%	165.86
2	C20CV-02	14	10.05	10.05	10.00	10.03	20.60	20.70	20.50	79.06	12990.00	164.30	78.24		
3	C20CV-03	14	10.06	10.05	10.10	10.07	20.90	20.70	20.80	79.64	13220.00	165.99	79.04		
4	C20CV-04	14	10.10	10.00	10.07	10.06	20.60	20.50	20.55	79.43	12840.00	161.65	76.97		
5	C20CV-05	14	10.06	10.10	10.05	10.07	20.60	20.70	20.65	79.64	13120.00	164.73	78.45		
6	C20CV-06	14	10.05	10.10	10.00	10.05	20.50	20.60	20.55	79.33	14220.00	179.26	85.36		
7	C20CV-07	14	10.10	10.05	10.06	10.07	20.70	20.60	20.65	79.64	12980.00	162.98	77.61		

Fuente: Propia

Tabla 96: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE															
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA	% RESISTENCIA INCREMENTADA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C30CV-01	14	10.05	10.05	10.10	10.07	20.36	20.70	20.53	79.59	10900.00	136.95	65.21	65.01%	136.51
2	C30CV-02	14	10.00	10.10	10.05	10.05	20.90	20.80	20.50	79.33	11120.00	140.18	66.75		
3	C30CV-03	14	10.07	10.05	10.10	10.07	20.60	20.70	20.65	79.70	10340.00	129.74	61.78		
4	C30CV-04	14	10.05	10.10	10.00	10.05	20.90	20.80	20.85	79.33	9980.00	125.81	59.91		
5	C30CV-05	14	10.06	10.10	10.07	10.08	20.70	20.60	20.65	79.75	10220.00	128.15	61.03		
6	C30CV-06	14	10.10	10.00	10.06	10.05	20.80	20.80	20.80	79.38	11470.00	144.50	68.81		
7	C30CV-07	14	10.10	10.05	10.00	10.05	20.90	20.60	20.75	79.33	11920.00	150.26	71.55		

Fuente: Propia

Tabla 97: CONCRETO PATRÓN - 28 DÍAS

CONCRETO PATRÓN - CP															
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA	% RESISTENCIA INCREMENTADA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P - 01	28	10.00	10.05	10.07	10.04	20.60	20.70	20.65	79.17	21840.00	275.86	131.36	130.20%	273.42
2	P - 02	28	10.02	10.00	10.05	10.02	20.60	20.50	20.55	78.91	19440.00	246.37	117.32		
3	P - 03	28	10.05	10.00	10.10	10.05	20.80	20.70	20.75	79.33	22320.00	281.37	133.98		
4	P - 04	28	10.00	10.02	10.05	10.02	20.60	20.70	20.65	78.91	20910.00	265.00	126.19		
5	P - 05	28	10.08	10.05	10.02	10.05	20.90	20.70	20.80	79.33	22390.00	282.25	134.40		
6	P - 06	28	10.00	10.02	10.05	10.02	20.80	20.70	20.75	78.91	20960.00	265.63	126.49		
7	P - 07	28	10.00	10.05	10.00	10.02	20.70	20.90	20.80	78.80	23440.00	297.46	141.65		

Fuente: Propia

Tabla 98: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE															
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA	% RESISTENCIA INCREMENTADA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C10CV-01	28	10.05	10.09	10.00	10.05	20.90	20.80	20.85	79.27	19440.00	245.22	116.77	120.21%	252.43
2	C10CV-02	28	10.00	10.07	10.10	10.06	20.60	20.80	20.70	79.43	19950.00	251.16	119.60		
3	C10CV-03	28	10.10	10.05	10.00	10.05	20.70	20.90	20.80	79.33	20000.00	252.12	120.06		
4	C10CV-04	28	10.07	10.00	10.10	10.06	20.60	20.70	20.65	79.43	19910.00	250.65	119.36		
5	C10CV-05	28	10.07	10.10	10.05	10.07	20.50	20.60	20.55	79.70	20220.00	253.71	120.82		
6	C10CV-06	28	10.10	10.05	10.05	10.07	20.70	20.90	20.80	79.59	20420.00	256.56	122.17		
7	C10CV-07	28	10.05	10.07	10.10	10.07	20.60	20.70	20.65	79.70	20530.00	257.60	122.67		

Fuente: Propia

Tabla 99: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE															
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA	% RESISTENCIA INCREMENTADA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C20CV-01	28	10.05	10.00	10.10	10.05	20.90	20.60	20.75	79.33	18430.00	232.33	110.63	112.64%	236.53
2	C20CV-02	28	10.05	10.05	10.00	10.03	20.60	20.70	20.50	79.06	16970.00	214.64	102.21		
3	C20CV-03	28	10.06	10.05	10.10	10.07	20.90	20.70	20.80	79.64	20890.00	262.29	124.90		
4	C20CV-04	28	10.10	10.00	10.07	10.06	20.60	20.50	20.55	79.43	18580.00	233.91	111.39		
5	C20CV-05	28	10.06	10.10	10.05	10.07	20.60	20.70	20.65	79.64	20090.00	252.25	120.12		
6	C20CV-06	28	10.05	10.10	10.00	10.05	20.50	20.60	20.55	79.33	17860.00	225.14	107.21		
7	C20CV-07	28	10.10	10.05	10.06	10.07	20.70	20.60	20.65	79.64	18730.00	235.17	111.99		

Fuente: Propia

Tabla 100: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE															
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Ø <sub>3</sub>	PROMEDIO DE DIÁMETRO D <sub>p</sub> (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA L <sub>p</sub> (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA	% RESISTENCIA INCREMENTADA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C30CV-01	28	10.05	10.05	10.10	10.07	20.36	20.70	20.53	79.59	17280.00	217.11	103.39	100.13%	210.27
2	C30CV-02	28	10.00	10.10	10.05	10.05	20.90	20.80	20.50	79.33	16310.00	205.60	97.91		
3	C30CV-03	28	10.07	10.05	10.10	10.07	20.60	20.70	20.65	79.70	16290.00	204.40	97.33		
4	C30CV-04	28	10.05	10.10	10.00	10.05	20.90	20.80	20.85	79.33	16530.00	208.38	99.23		
5	C30CV-05	28	10.06	10.10	10.07	10.08	20.70	20.60	20.65	79.75	16200.00	203.14	96.73		
6	C30CV-06	28	10.10	10.00	10.06	10.05	20.80	20.80	20.80	79.38	17200.00	216.68	103.18		
7	C30CV-07	28	10.10	10.05	10.00	10.05	20.90	20.60	20.75	79.33	17180.00	216.57	103.13		

Fuente: Propia

### 3.6.11 ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO

a) Procesamiento y cálculos de Datos

Tabla 101: CONCRETO PATRÓN – 7 DÍAS

CONCRETO PATRÓN - CP														
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P - 01	7	50.01	50.00	50.01	15.02	15.04	15.03	14.98	15.04	15.01	2150.00	31.71	30.30
2	P - 02	7	50.05	50.02	50.04	15.01	15.02	15.02	15.02	15.01	15.02	1950.00	28.82	
3	P - 03	7	49.97	50.04	50.01	14.99	15.00	15.00	15.04	15.00	15.02	2180.00	32.28	
4	P - 04	7	50.02	50.05	50.04	14.99	15.03	15.01	15.02	15.00	15.01	1920.00	28.41	

Fuente: Propia

Tabla 102: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DIAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE														
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C10CV-01	7	50.01	50.02	50.02	14.99	15.00	15.00	14.99	15.00	15.00	2430.00	36.05	34.70
2	C10CV-02	7	49.99	50.01	50.00	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	2360.00	34.82	
3	C10CV-03	7	50.02	50.02	50.02	15.01	15.00	15.01	14.99	15.00	15.00	2080.00	30.84	
4	C10CV-04	7	50.05	50.00	50.03	15.01	15.02	15.02	15.02	15.01	15.02	2510.00	37.09	

Fuente: Propia

Tabla 103: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DIAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE														
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C20CV-01	7	50.02	50.02	50.02	15.01	15.01	15.01	15.00	15.01	15.01	1890.00	27.96	28.36
2	C20CV-02	7	49.99	50.00	50.00	15.02	15.01	15.02	15.02	15.02	15.02	1910.00	28.20	
3	C20CV-03	7	50.01	50.00	50.01	15.01	15.02	15.02	15.01	15.01	15.01	1810.00	26.75	
4	C20CV-04	7	49.99	50.01	50.00	15.02	15.04	15.03	15.02	15.00	15.01	2070.00	30.52	

Fuente: Propia

Tabla 104: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 7 DIAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE														
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C30CV-01	7	50.01	50.02	50.02	15.02	15.04	15.03	14.99	15.00	15.00	1810.00	26.72	27.95
2	C30CV-02	7	49.99	50.01	50.00	15.01	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	1950.00	28.79	
3	C30CV-03	7	50.02	50.02	50.02	14.99	15.00	15.00	14.99	15.00	15.00	1790.00	26.56	
4	C30CV-04	7	50.05	50.00	50.03	14.99	15.03	15.01	15.02	15.01	15.02	2010.00	29.72	

Fuente: Propia

Tabla 105: CONCRETO PATRON - 14 DIAS

CONCRETO PATRÓN - CP														
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P - 01	14	50.01	50.00	50.01	15.02	15.04	15.03	14.98	15.04	15.01	2920.00	43.06	38.39
2	P - 02	14	50.05	50.02	50.04	15.01	15.02	15.02	15.02	15.01	15.02	2640.00	39.02	
3	P - 03	14	49.97	50.04	50.01	14.99	15.00	15.00	15.04	15.00	15.02	2710.00	40.13	
4	P - 04	14	50.02	50.05	50.04	14.99	15.03	15.01	15.02	15.00	15.01	2120.00	31.37	

Fuente: Propia

Tabla 106: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DIAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE														
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C10CV-01	14	50.01	50.02	50.02	14.99	15.00	15.00	14.99	15.00	15.00	2480.00	36.79	35.99
2	C10CV-02	14	49.99	50.01	50.00	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	2320.00	34.23	
3	C10CV-03	14	50.02	50.02	50.02	15.01	15.00	15.01	14.99	15.00	15.00	2110.00	31.28	
4	C10CV-04	14	50.05	50.00	50.03	15.01	15.02	15.02	15.02	15.01	15.02	2820.00	41.67	

Fuente: Propia

Tabla 107: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DIAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE														
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C20CV-01	14	50.02	50.02	50.02	15.01	15.01	15.01	15.00	15.01	15.01	2560.00	37.89	34.84
2	C20CV-02	14	49.99	50.00	50.00	15.02	15.01	15.02	15.02	15.02	15.02	1990.00	29.37	
3	C20CV-03	14	50.01	50.00	50.01	15.01	15.02	15.02	15.01	15.01	15.01	2360.00	34.88	
4	C20CV-04	14	49.99	50.01	50.00	15.02	15.04	15.03	15.02	15.00	15.01	2520.00	37.21	

Fuente: Propia



Tabla 108: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 14 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE														
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C30CV-01	14	50.01	50.02	50.02	15.02	15.04	15.03	14.99	15.00	15.00	2340.00	34.63	31.66
2	C30CV-02	14	49.99	50.01	50.00	15.01	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	2120.00	31.29	
3	C30CV-03	14	50.02	50.02	50.02	14.99	15.00	15.00	14.99	15.00	15.00	1880.00	27.89	
4	C30CV-04	14	50.05	50.00	50.03	14.99	15.03	15.01	15.02	15.01	15.02	2220.00	32.82	

Fuente: Propia

Tabla 109: CONCRETO PATRON - 28 DIAS

CONCRETO PATRÓN - CP														
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P - 01	28	50.01	50.00	50.01	15.02	15.04	15.03	14.98	15.04	15.01	2940.00	43.36	46.20
2	P - 02	28	50.05	50.02	50.04	15.01	15.02	15.02	15.02	15.01	15.02	3390.00	50.11	
3	P - 03	28	49.97	50.04	50.01	14.99	15.00	15.00	15.04	15.00	15.02	2860.00	42.35	
4	P - 04	28	50.02	50.05	50.04	14.99	15.03	15.01	15.02	15.00	15.01	3310.00	48.97	

Tabla 110: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 10% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE														
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C10CV-01	28	50.01	50.02	50.02	14.99	15.00	15.00	14.99	15.00	15.00	2480.00	36.79	38.61
2	C10CV-02	28	49.99	50.01	50.00	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	2690.00	39.69	
3	C10CV-03	28	50.02	50.02	50.02	15.01	15.00	15.01	14.99	15.00	15.00	2530.00	37.48	
4	C10CV-04	28	50.05	50.00	50.03	15.01	15.02	15.02	15.02	15.01	15.02	2740.00	40.49	

Tabla 111: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 20% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE														
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C20CV-01	28	50.02	50.02	50.02	15.01	15.01	15.01	15.00	15.01	15.01	2370.00	35.07	37.81
2	C20CV-02	28	49.99	50.00	50.00	15.02	15.01	15.02	15.02	15.02	15.02	2780.00	41.04	
3	C20CV-03	28	50.01	50.00	50.01	15.01	15.02	15.02	15.01	15.01	15.01	2410.00	35.61	
4	C20CV-04	28	49.99	50.01	50.00	15.02	15.04	15.03	15.02	15.00	15.01	2680.00	39.52	

Tabla 112: CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE- 28 DÍAS

CONCRETO SUSTITUYENDO EL 30% DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE														
N°	REGISTRO DE PROBETA	EDAD (días)	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	PROMEDIO DE LONGITUD (cm)	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ALTURA (cm)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PROMEDIO DE ANCHO (cm)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C30CV-01	28	50.01	50.02	50.02	15.02	15.04	15.03	14.99	15.00	15.00	2550.00	37.65	37.49
2	C30CV-02	28	49.99	50.01	50.00	15.01	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	2390.00	35.29	
3	C30CV-03	28	50.02	50.02	50.02	14.99	15.00	15.00	14.99	15.00	15.00	2580.00	38.28	
4	C30CV-04	28	50.05	50.00	50.03	14.99	15.03	15.01	15.02	15.01	15.02	2620.00	38.74	

### 3.6.12 COSTO DE INSUMOS PARA LA PRODUCCIÓN POR M<sup>3</sup> DE CONCRETO

a) Procesamiento y cálculos de Datos

Tabla 113: COSTO DE MATERIAL POR M<sup>3</sup> DEL CONCRETO PATRÓN

COSTO DE MATERIAL POR M <sup>3</sup> DEL CONCRETO PATRÓN				
MATERIALES	UND	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
CEMENTO IP	Bls.	8.00	22.50	S/. 180.00
AGREGADO FINO	VICHO	M <sup>3</sup>	0.214	S/. 12.81
	CUNYAC	M <sup>3</sup>	0.092	S/. 10.98
AGREGADO GRUESO - VICH	M <sup>3</sup>	0.367	60.00	S/. 22.02
AGUA	M <sup>3</sup>	0.189	1.20	S/. 0.23
<b>TOTAL</b>				S/. 226.04

Fuente: Propia

Tabla 114: COSTO DE MATERIAL POR M<sup>3</sup> DEL CONCRETO SUSTITUIDO CON 10% DE CENIZA VOLANTE

COSTO DE MATERIAL POR M <sup>3</sup> DEL CONCRETO SUSTITUIDO CON 10 % DE CENIZA VOLANTE				
MATERIALES	UND	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
CEMENTO IP	Bls.	7.20	22.50	S/. 162.00
CENIZA VOLANTE	Bls.	0.80	4.68	S/. 3.74
AGREGADO FINO	VICHO	M <sup>3</sup>	0.214	S/. 12.81
	CUNYAC	M <sup>3</sup>	0.092	S/. 10.98
AGREGADO GRUESO - VICH	M <sup>3</sup>	0.367	60.00	S/. 22.02
AGUA	M <sup>3</sup>	0.19	1.20	S/. 0.23
<b>TOTAL</b>				S/. 211.78

Fuente: Propia

Tabla 115: COSTO DE MATERIAL POR M<sup>3</sup> DEL CONCRETO SUSTITUIDO CON 20% DE CENIZA VOLANTE

COSTO DE MATERIAL POR M <sup>3</sup> DEL CONCRETO SUSTITUIDO CON 20 % DE CENIZA VOLANTE				
MATERIALES	UND	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
CEMENTO IP	Bls.	6.40	22.50	S/. 144.00
CENIZA VOLANTE	Bls.	1.60	4.68	S/. 7.48
AGREGADO FINO	VICHO	M <sup>3</sup>	0.214	S/. 12.81
	CUNYAC	M <sup>3</sup>	0.092	S/. 10.98
AGREGADO GRUESO - VICH	M <sup>3</sup>	0.367	60.00	S/. 22.02
AGUA	M <sup>3</sup>	0.19	1.20	S/. 0.23
<b>TOTAL</b>				S/. 197.52

Fuente: Propia



Tabla 116: COSTO DE MATERIAL POR M3 DEL CONCRETO SUSTITUIDO CON 30% DE CENIZA VOLANTE

COSTO DE MATERIAL POR M <sup>3</sup> DEL CONCRETO SUSTITUIDO CON 30 % DE CENIZA VOLANTE					
MATERIALES	UND	CANTIDAD	P.U.	TOTAL	
CEMENTO IP	Bls.	5.60	22.50	S/. 126.00	
CENIZA VOLANTE	Bls.	2.40	4.68	S/. 11.22	
AGREGADO FINO	VICHO	M <sup>3</sup>	0.214	60.00	S/. 12.81
	CUNYAC	M <sup>3</sup>	0.092	120.00	S/. 10.98
AGREGADO GRUESO - VICH	M <sup>3</sup>	0.367	60.00	S/. 22.02	
AGUA	M <sup>3</sup>	0.19	1.20	S/. 0.23	
<b>TOTAL</b>				<b>S/. 183.26</b>	

Fuente: Propia

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO F'c: 210KG/CM2.

Después de los análisis del revenimiento de los diferentes testigos de concreto, se ha determinado los siguientes resultados.

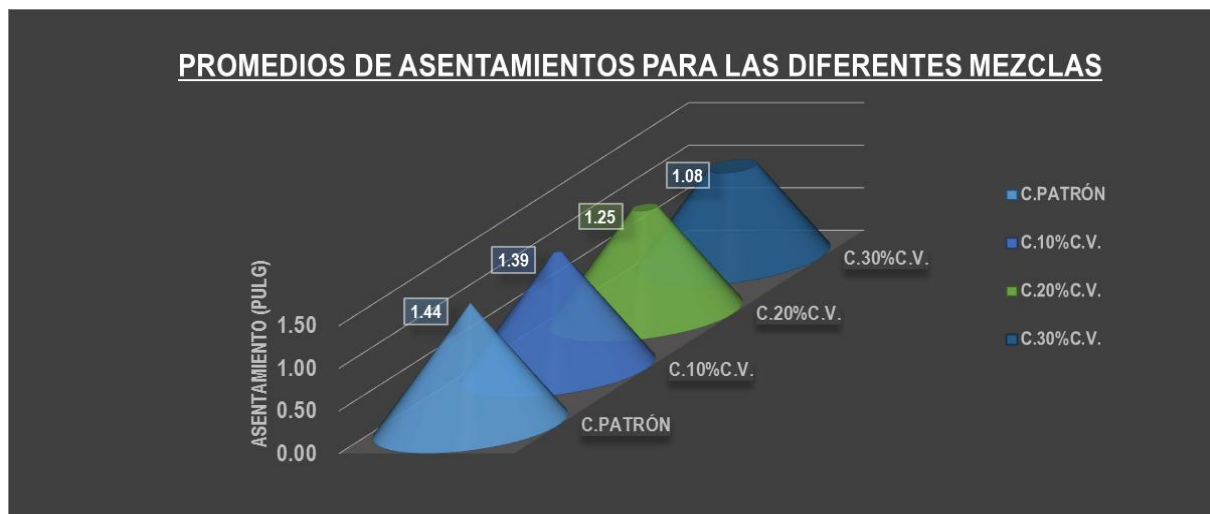
Tabla 117: PROMEDIO DE ASENTAMIENTOS PARA LAS DIFERENTES MEZCLAS

PROMEDIOS DE ASENTAMIENTOS PARA LAS DIFERENTES MEZCLAS			
TIPO DE MUESTRA	SLUMP (CM)		CONSISTENCIA DE LA MEZCLA
	CM	PULG	
Patrón	3.67	1.44	Mezcla semiseca
Concreto Reemplazando el 10% del cemento por C.V.	3.52	1.39	Mezcla semiseca
Concreto Reemplazando el 20% del cemento por C.V.	3.17	1.25	Mezcla seca
Concreto Reemplazando el 30% del cemento por C.V.	2.75	1.08	Mezcla seca

Fuente: Propia

En los resultados obtenidos del revenimiento, se observa que a mayor porcentaje incorporado de ceniza volante se obtendrá un Slump ligeramente menor, obteniendo una mezcla seca que será por lo tanto trabajable. Asimismo se puede afirmar que el reemplazo de ceniza volante no afecta en la consistencia del concreto.

Figura 93: PROMEDIO DE ASENTAMIENTOS PARA LAS DIFERENTES MEZCLAS



Fuente: Propia

#### 4.2 RESULTADOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT.

Después de los análisis de tiempo de fraguado de las diferentes muestras, se ha determinado los siguientes resultados.

Tabla 118: RESULTADOS DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZANDO LA AGUJA DE VICAT

RESULTADO DE TIEMPOS DE FRAGUADOS		
TIPOS DE MUESTRA	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	TIEMPO DE FRAGUA
Patron	167min > 45 min	278 min < 375max
Concreto Reemplazando el 10% del cemento po C.V	182min > 45 min	268 min < 375max
Concreto Reemplazando el 20% del cemento po C.V	165min > 45 min	268 min < 375max
Concreto Reemplazando el 30% del cemento po C.V	130min > 45 min	258 min < 375max

Fuente: Propia

En los resultados obtenidos en el tiempo de fraguado, se observa que a mayor porcentaje incorporado de ceniza volante se obtendrá un incremento en el tiempo de fraguado inicial y final.

#### 4.3 RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

De acuerdo a los datos obtenidos del ensayo a la compresión se obtuvo los siguientes resultados a los 7, 14 y 28 días.

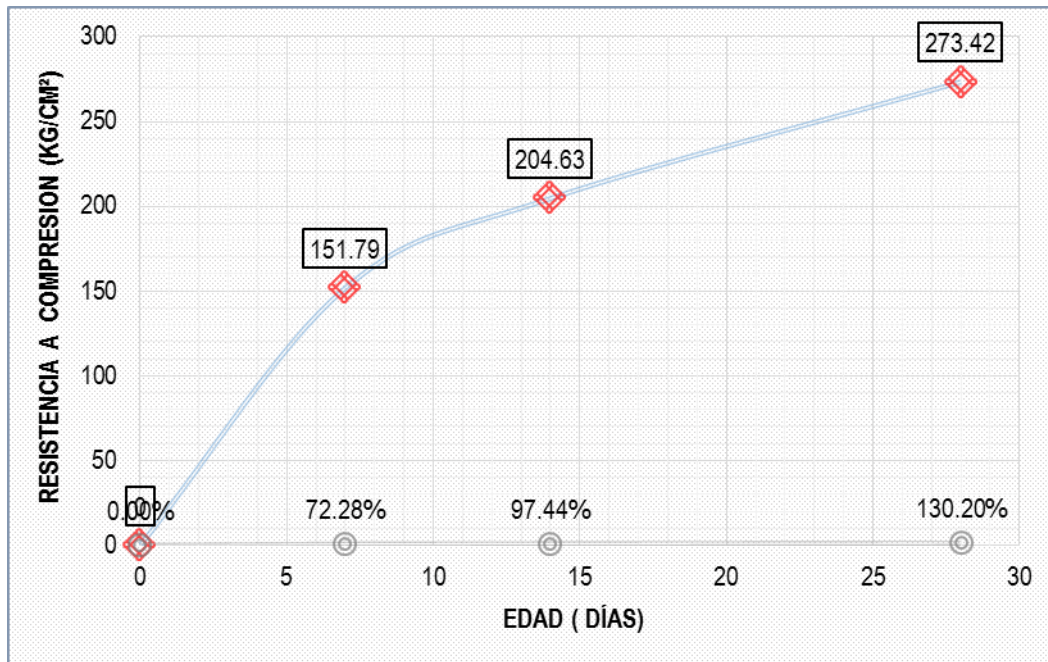
##### 4.3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> - PATRÓN.

Tabla 119: RESISTENCIA CONCRETO F'c 210 kg/cm<sup>2</sup> - PATRÓN

CONCRETO F'c 210 KG/CM <sup>2</sup> - PATRÓN		
EDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG/CM <sup>2</sup>	F'c: 210 KG/CM <sup>2</sup>
0	0	0.00%
7	151.79	72.28%
14	204.63	97.44%
28	273.42	130.20%

Fuente: Propia

Figura 94: RESISTENCIA CONCRETO F'c 210 kg/cm2 - PATRÓN



Fuente: Propia

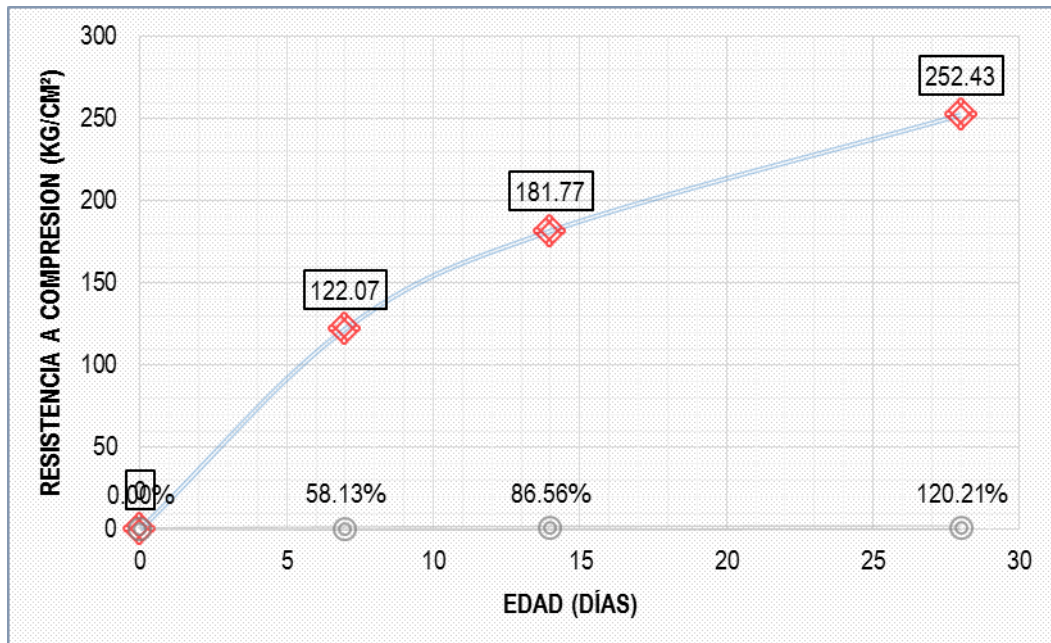
#### 4.3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 10%.

Tabla 120: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 10%.

RESISTENCIA A COMPRESION		
CONCRETO F'c 210 KG/CM <sup>2</sup> - C 10% CV		
EDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG.C.M <sup>2</sup>	F'c: 210 KG/CM <sup>2</sup>
0	0	0.00%
7	122.07	58.13%
14	181.77	86.56%
28	252.43	120.21%

Fuente: Propia

Figura 95: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C: 210 kg/cm<sup>2</sup> – CON REMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 10%.



Fuente: Propia

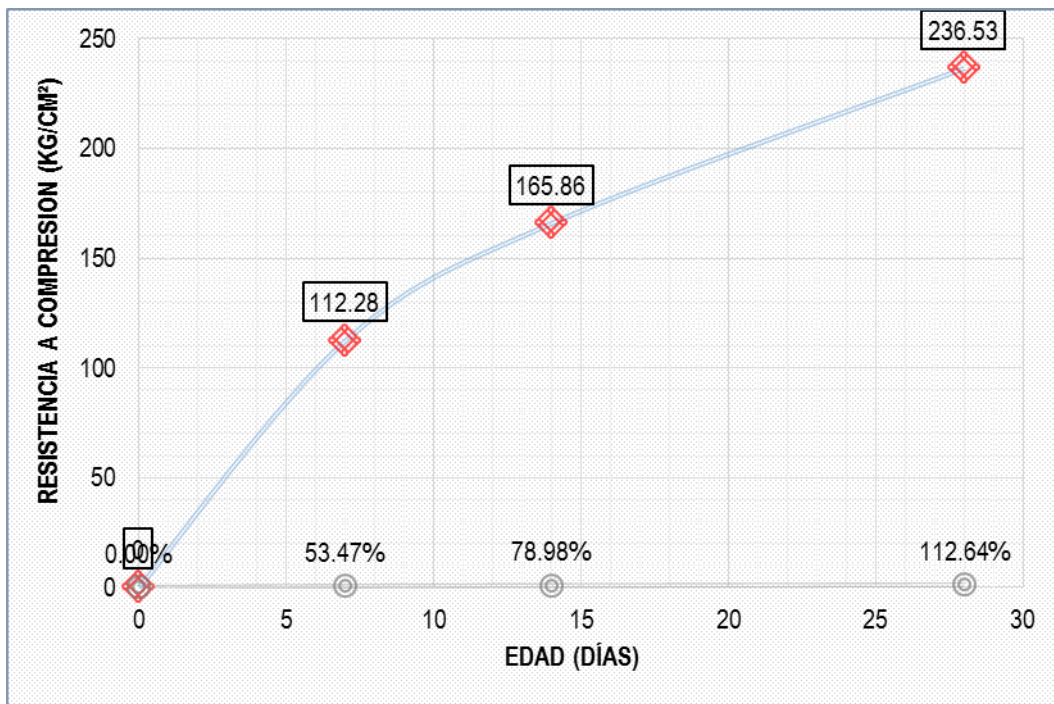
#### 4.3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C: 210 kg/cm<sup>2</sup> – CON REMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 20%.

Tabla 121: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C: 210 kg/cm<sup>2</sup> – CON REMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 20%.

RESISTENCIA A COMPRESION CONCRETO F'C 210 KG /CM <sup>2</sup> - C 20% CV		
EDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG /CM <sup>2</sup>	F'c: 210 KG /CM <sup>2</sup>
0	0	0.00%
7	112.28	53.47%
14	165.86	78.98%
28	236.53	112.64%

Fuente: Propia

Figura 96: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C: 210 kg/cm<sup>2</sup> – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 20%.



Fuente: Propia

#### 4.3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C: 210 kg/cm<sup>2</sup> – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 30%.

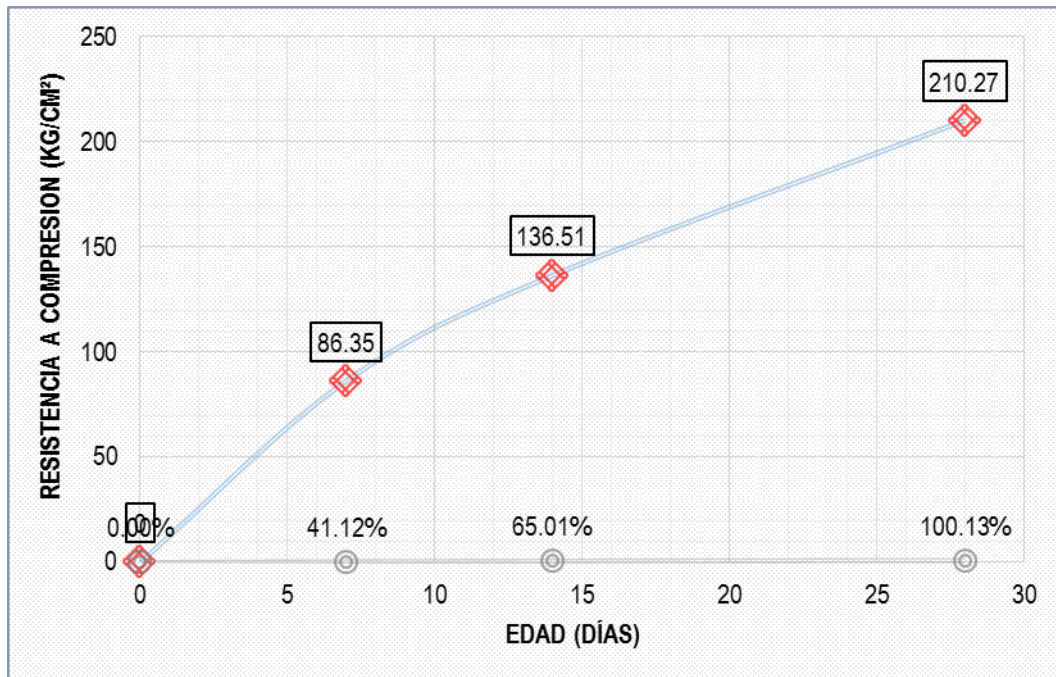
Tabla 122: RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C: 210 kg/cm<sup>2</sup> – CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTEN EN UN 30%.

RESISTENCIA A COMPRESION CONCRETO F'C 210 KG /CM <sup>2</sup> - C 30% CV		
EDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG /CM <sup>2</sup>	F'c: 210 KG /CM <sup>2</sup>
0	0	0.00%
7	86.35	41.12%
14	136.51	65.01%
28	210.27	100.13%

Fuente: Propia



Figura 97: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C: 210 kg/cm<sup>2</sup> – CON REMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 30%.



Fuente: Propia

#### 4.4 PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA f'c=210 KG/CM<sup>2</sup> Y f'c'r=273 KG/CM<sup>2</sup>

Tabla 123: PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA f'c=210 KG/CM<sup>2</sup> Y f'c'r=273 KG/CM<sup>2</sup>

N°	REGISTRO DE PROBETA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
1	CP	151.79	204.63	273.42
2	C 10% CV	122.07	181.77	252.43
3	C 20% CV	112.28	165.86	236.53
4	C 30% CV	86.35	136.51	210.27

Fuente: Propia

Tabla 124: PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA  $f'_c=210$  KG/CM<sup>2</sup> Y  $f'_{cr}=273$  KG/CM<sup>2</sup>

PORCENTAJE DE RESISTENCIA DEL CONCRETO RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA $f'_c=210$ KG/CM <sup>2</sup>			
REGISTRO DE PROBETA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
CP	72.28%	97.44%	130.20%
C 10% CV	58.13%	86.56%	120.20%
C 20% CV	53.47%	78.98%	112.63%
C 30% CV	41.12%	65.00%	100.13%

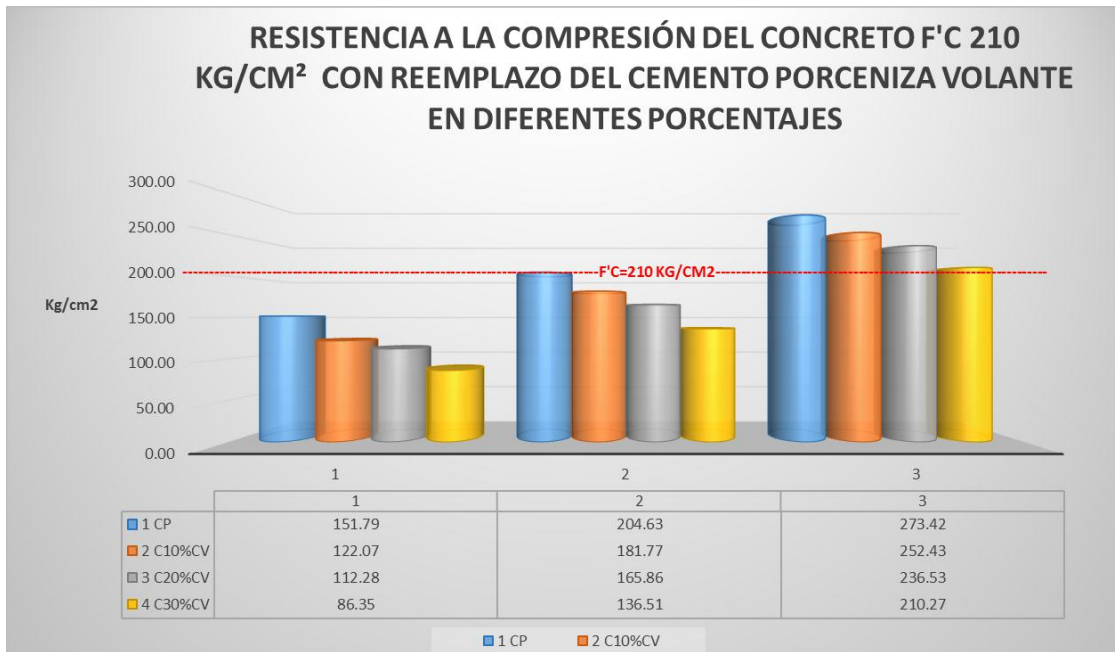
Fuente: Propia

Tabla 125: PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA  $f'_c=210$  KG/CM<sup>2</sup> Y  $f'_{cr}=273$  KG/CM<sup>2</sup>

PORCENTAJE DE RESISTENCIA DEL CONCRETO RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA $f'_{cr}=273$ KG/CM <sup>2</sup>			
REGISTRO DE PROBETA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
CP	100.00%	100.00%	100.00%
C 10% CV	80.42%	88.83%	92.32%
C 20% CV	73.97%	81.05%	86.51%
C 30% CV	56.89%	66.71%	76.90%

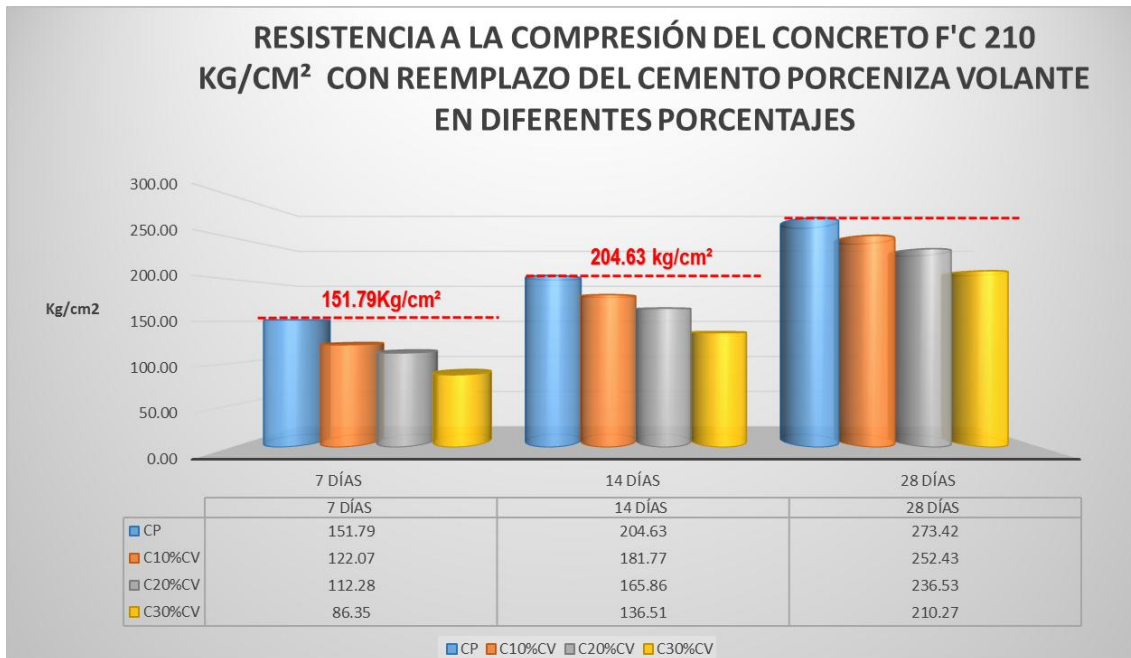
Fuente: Propia

Figura 98: PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA  $f'c=210$  KG/CM<sup>2</sup>



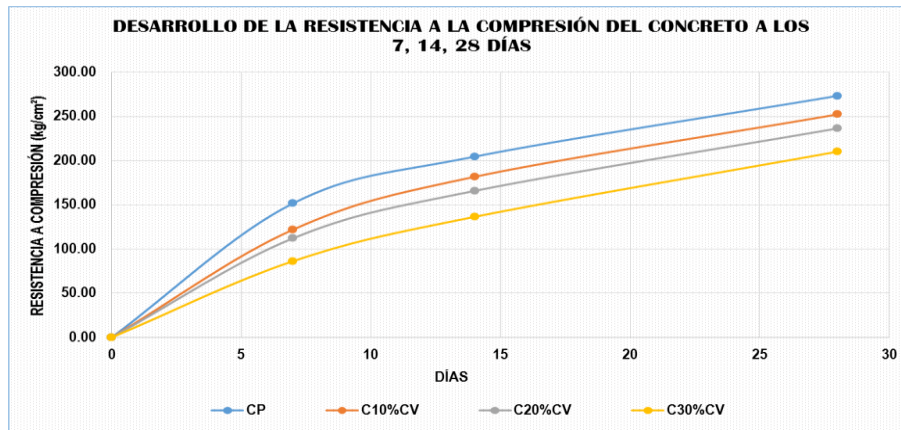
Fuente: Propia

Figura 99: PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA  $f'c_r=273$  KG/CM<sup>2</sup>



Fuente: Propia

Figura 100: DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 7, 14, 28 DÍAS



Fuente: Propia

Tabla 126: CUADRO RESUMEN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

EDAD	REGISTRO DE PROBETA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm²)	DESVIACION ESTANDAR	PORCENTAJE DE RESISTENCIA RESPECTO AL F'CR = 295(kg/cm²)	PORCENTAJE DE RESISTENCIA RESPECTO AL F'c = 210(kg/cm²)
<b>CUADRO DE RESUMEN</b>					
7 DÍAS	PATRON	151.79	5.21	51.45%	72.28%
	C10CV	122.07	7.85	41.38%	58.13%
	C20CV	112.28	7.29	38.06%	53.47%
	C30CV	86.35	3.84	29.27%	41.12%
<b>CUADRO DE RESUMEN</b>					
14 DÍAS	PATRON	204.63	3.11	69.37%	97.44%
	C10CV	181.77	6.48	61.62%	86.56%
	C20CV	165.86	6.10	56.22%	78.98%
	C30CV	136.51	5.74	46.28%	100.13%
<b>CUADRO DE RESUMEN</b>					
28 DÍAS	PATRON	273.42	5.85	92.69%	130.20%
	C10CV	252.43	4.13	85.57%	120.21%
	C20CV	236.54	7.61	80.18%	112.64%
	C30CV	210.27	6.30	71.28%	100.13%

Fuente: Propia

#### 4.5. RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM² CON REEMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN DIFERENTES PORCENTAJES

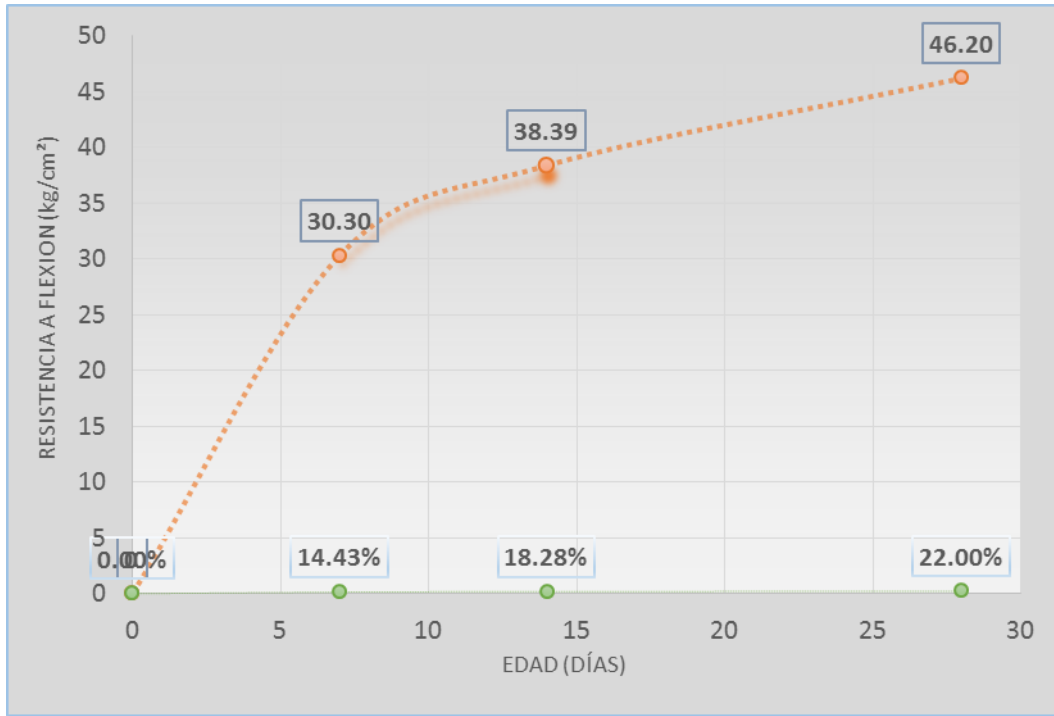
##### 4.5.1. RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM² - PATRÓN

Tabla 127: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM² - PATRÓN

RESISTENCIA A FLEXION CONCRETO F'c 210 KG/CM² - PATRON		
EDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG/CM²	F'c: 210 KG/CM²
0	0	0.00%
7	30.30	14.43%
14	38.39	18.28%
28	46.20	22.00%

Fuente: Propia

Figura 101: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> - PATRÓN



Fuente: Propia

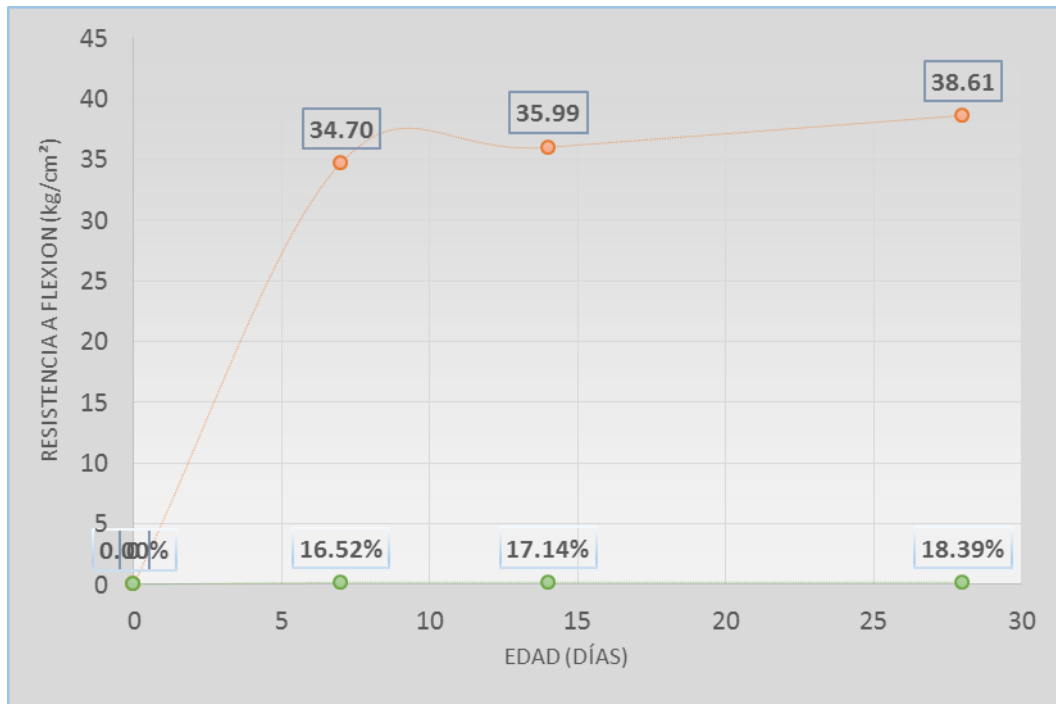
**4.5.2. RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON REMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 10%.**

Tabla 128: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON REMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 10%.

RESISTENCIA A FLEXION CONCRETO F' C 210 KG /CM <sup>2</sup> - C 10% CV		
EDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG /CM <sup>2</sup>	F'c: 210 KG /CM <sup>2</sup>
0	0	0.00%
7	34.70	16.52%
14	35.99	17.14%
28	38.61	18.39%

Fuente: Propia

Figura 102: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 10%.



Fuente: Propia

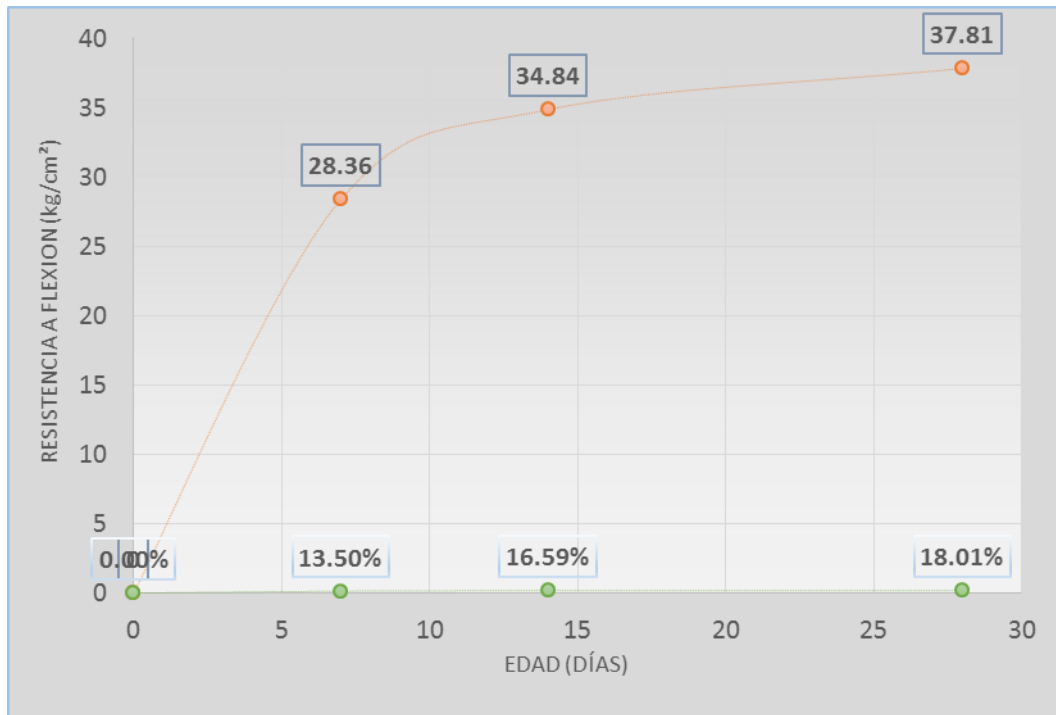
#### 4.5.3. RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 20%.

Tabla 129: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 20%.

RESISTENCIA A FLEXION CONCRETO F'C 210 KG/CM <sup>2</sup> - C 20% CV		
EDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG/CM <sup>2</sup>	F'c: 210 KG/CM <sup>2</sup>
0	0	0.00%
7	28.36	13.50%
14	34.84	16.59%
28	37.81	18.01%

Fuente: Propia

Figura 103: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 20%.



Fuente: Propia

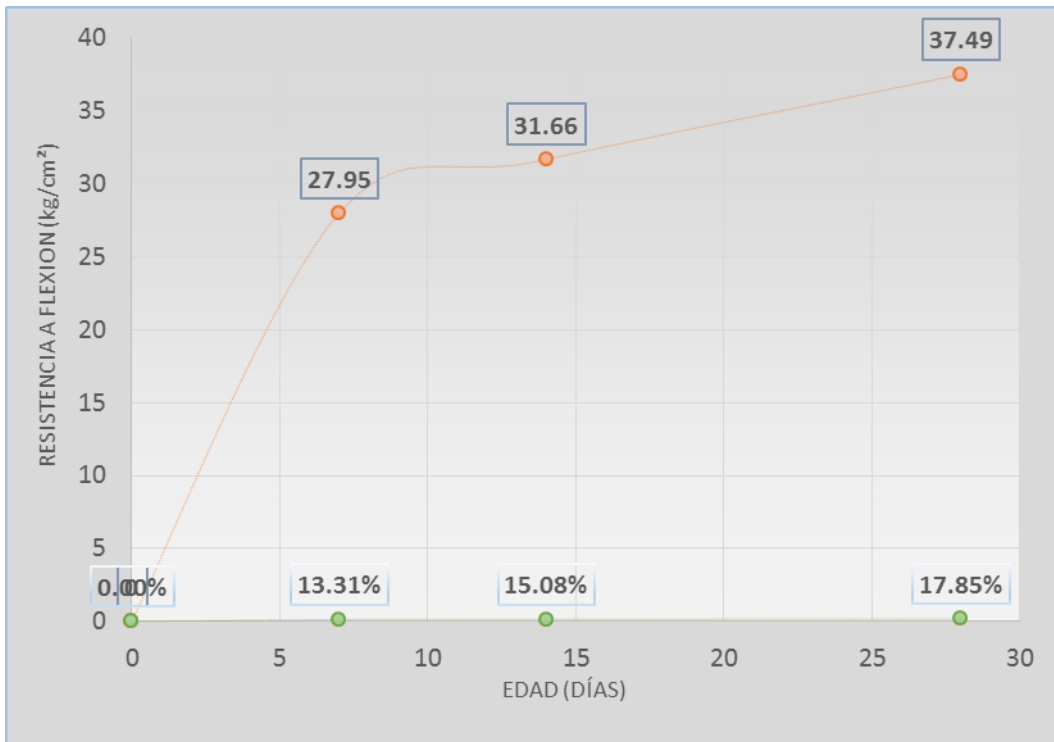
#### 4.5.4. RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 30%.

Tabla 130: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON REPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 30%.

RESISTENCIA A FLEXION CONCRETO F'C 210 KG/CM <sup>2</sup> - C 30% CV		
EDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG/CM <sup>2</sup>	F'c: 210 KG/CM <sup>2</sup>
0	0	0.00%
7	27.95	13.31%
14	31.66	15.08%
28	37.49	17.85%

Fuente: Propia

Figura 104: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> -CON REEMPLAZO DEL CEMENTO POR CENIZA VOLANTE EN UN 30%.



Fuente: Propia

#### 4.6. RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> - RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA f'c=210 KG/CM<sup>2</sup> Y f'c´r=273 KG/CM<sup>2</sup>

Tabla 131: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> - RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA f'c=210 KG/CM<sup>2</sup> Y f'c´r=273 KG/CM<sup>2</sup>

N°	REGISTRO DE PROBETA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
1	CP	30.30	38.39	46.20
2	C 10% CV	34.70	35.99	38.61
3	C 20% CV	28.36	34.82	37.81
4	C 30% CV	27.95	31.64	37.49

Fuente: Propia



Tabla 132: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> - RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA f'<sub>c</sub>=210 KG/CM<sup>2</sup> Y f'<sub>cr</sub>=273 KG/CM<sup>2</sup>

PORCENTAJE DE RESISTENCIA DEL CONCRETO RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA f' <sub>c</sub> =210 KG/CM <sup>2</sup>			
REGISTRO DE PROBETA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
CP	14.43%	18.28%	22.00%
C 10% CV	16.52%	17.14%	18.39%
C 20% CV	13.50%	16.58%	18.00%
C 30% CV	13.31%	15.07%	17.85%

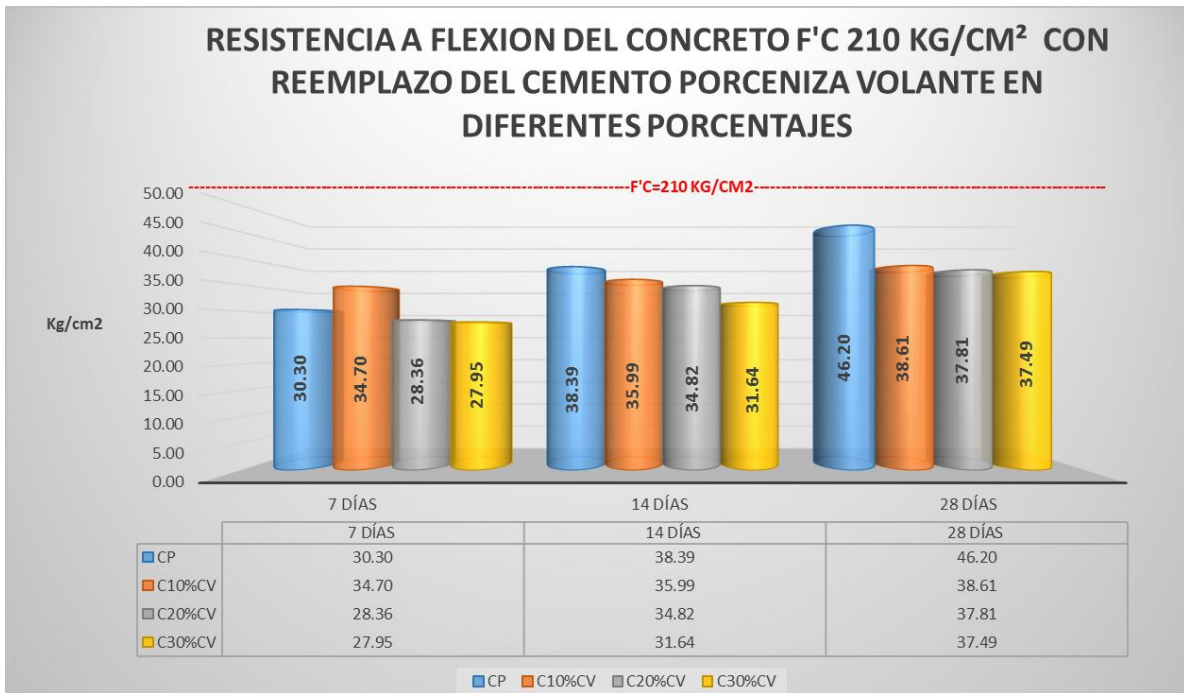
Fuente: Propia

Tabla 133: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> - RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA f'<sub>c</sub>=210 KG/CM<sup>2</sup> Y f'<sub>cr</sub>=273 KG/CM<sup>2</sup>

PORCENTAJE DE RESISTENCIA DEL CONCRETO RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA f' <sub>cr</sub> =273 KG/CM <sup>2</sup>			
REGISTRO DE PROBETA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
CP	100.00%	100.00%	100.00%
C 10% CV	114.52%	93.75%	83.57%
C 20% CV	93.60%	90.70%	81.84%
C 30% CV	92.24%	82.42%	81.15%

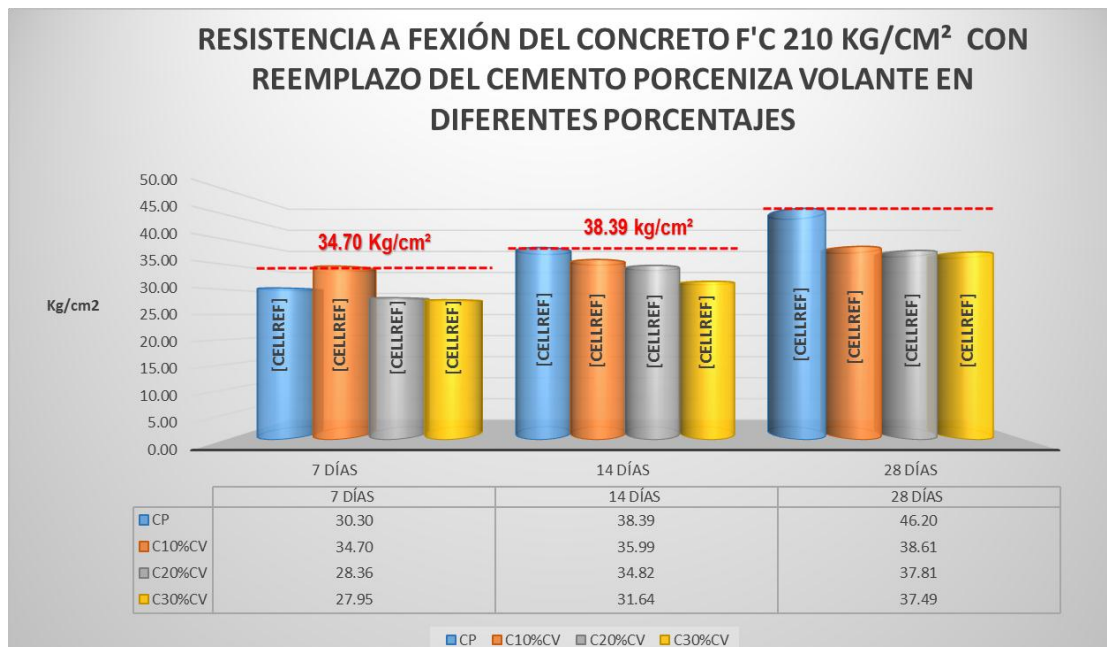
Fuente: Propia

Figura 105: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> - RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA f'c=210 KG/CM<sup>2</sup>



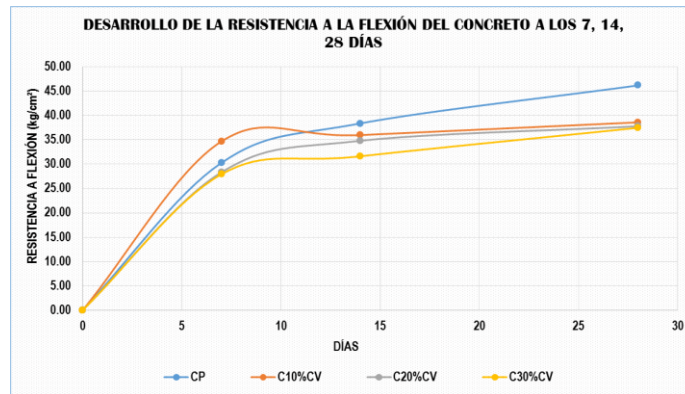
Fuente: Propia

Figura 106: RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM<sup>2</sup> - RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA f'c'r=273 KG/CM<sup>2</sup>



Fuente: Propia

Figura 107: DESARROLLO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LOS 7, 14, 28 DÍAS.



Fuente: Propia

Tabla 134: CUADRO RESUMEN DE LA RESISTENCIA A FLEXIONA

EDAD	REGISTRO DE PROBETA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR	PORCENTAJE DE RESISTENCIA RESPECTO AL F'CR = 295(kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DE RESISTENCIA RESPECTO AL F'C = 210(kg/cm <sup>2</sup> )
<b>CUADRO DE RESUMEN</b>					
7 DÍAS	PATRON	34.66	1.94	11.75%	16.51%
	C10CV	30.33	1.45	10.28%	14.45%
	C20CV	28.36	1.12	9.61%	13.50%
	C30CV	27.95	1.10	9.47%	13.31%
<b>CUADRO DE RESUMEN</b>					
14 DÍAS	PATRON	38.39	3.53	13.01%	18.28%
	C10CV	35.99	3.12	12.20%	17.14%
	C20CV	34.82	2.72	11.80%	16.58%
	C30CV	31.64	2.00	10.73%	15.07%
<b>CUADRO DE RESUMEN</b>					
28 DÍAS	PATRON	46.20	2.77	15.66%	22.00%
	C10CV	38.61	1.24	13.09%	18.39%
	C20CV	37.81	2.07	12.82%	18.01%
	C30CV	37.49	1.08	12.71%	17.85%

Fuente: Propia

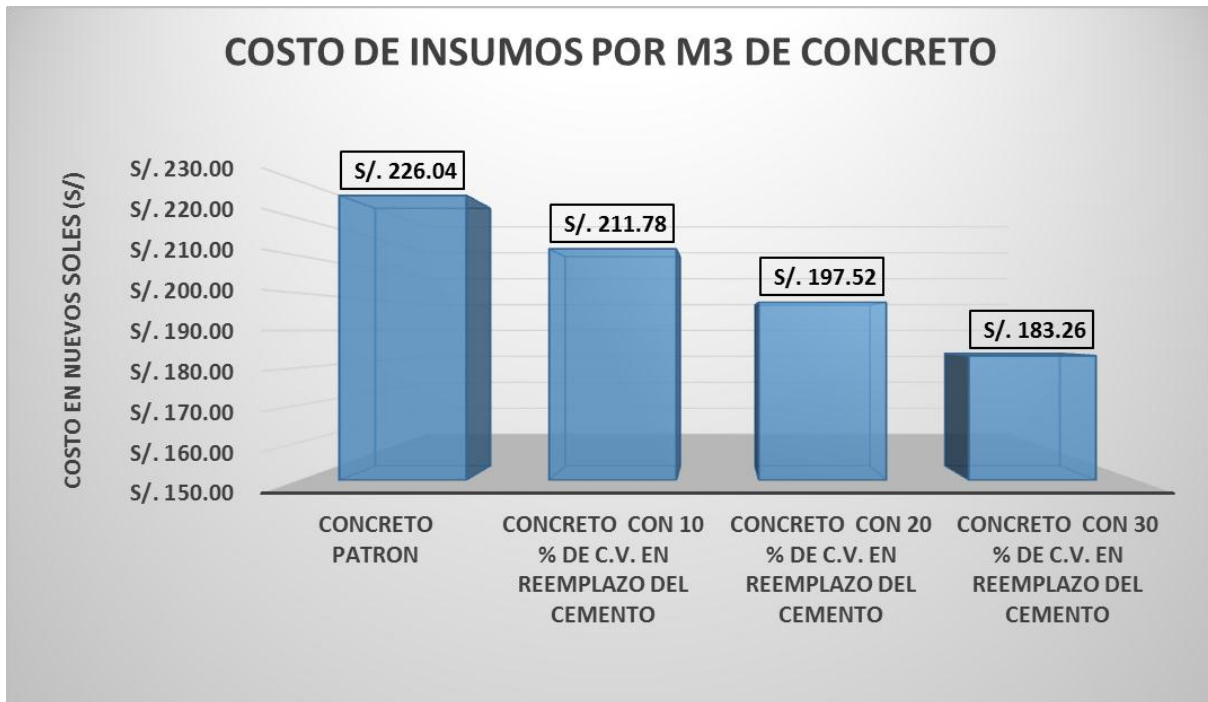
#### 4.7 COSTO DE INSUMOS

Tabla 135: COSTOS DE INSUMOS

PORCENTAJE DE CENIZA VOLANTE	PRECIO DE INSUMOS DEL CONCRETO POR M <sup>3</sup>	PORCENTAJE EN RELACION AL PRECIO
CONCRETO PATRON	S/. 226.04	100%
CONCRETO CON 10 % DE C.V. EN REEMPLAZO DEL CEMENTO	S/. 211.78	94%
CONCRETO CON 20 % DE C.V. EN REEMPLAZO DEL CEMENTO	S/. 197.52	87%
CONCRETO CON 30 % DE C.V. EN REEMPLAZO DEL CEMENTO	S/. 183.26	81%

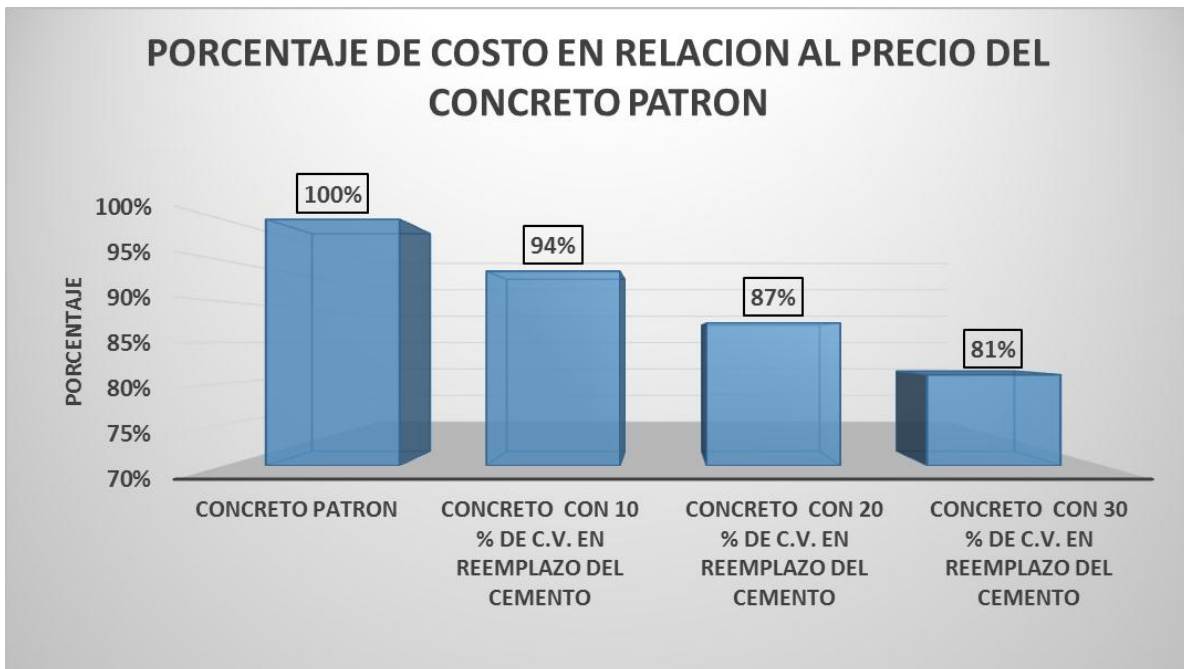
Fuente: Propia

Tabla 136: COSTO DE INSUMOS POR M3 DE CONCRETO



Fuente: Propia

Tabla 137: PORCENTAJES DE COSTO EN RELACIÓN AL PRECIO DEL CONCRETO PATRÓN



Fuente: Propia

El precio por m3 del concreto con ceniza volante en reemplazo del cemento muestra una disminución, este análisis fue realizado a nivel de insumos para la elaboración de la mezcla.

## CAPÍTULO V

### 5. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar el comportamiento de la resistencia a compresión de un concreto  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>, al cual se le reemplazó el cemento en porcentajes de: 10%, 20% y 30% por ceniza volante proveniente de la central termoeléctrica Ilo21 con el objetivo de mejorar y/o mantener las propiedades del concreto respecto a un concreto patrón. Las propiedades que evaluamos para esta investigación fueron las de resistencia a compresión, flexión, tiempo de fraguado, revenimiento y el costo de producción a nivel de insumos. Las propiedades anteriormente mencionadas buscan validar el fondo de nuestra investigación que es; la elaboración de un concreto sin perder la calidad y fomentando el concepto de desarrollo sostenible. Se planteó que los resultados de nuestros ensayos de calidad al concreto estén por lo menos dentro del rango permisible del diseño de mezcla propuesto.

La ceniza volante fue proporcionada por la empresa Engie. Que viene ser la operadora de la central termoeléctrica Ilo 21 en la ciudad de Moquegua.

En el desarrollo de la investigación se han planteado ciertas discusiones que se desarrollarán a continuación.

#### 5.1 Discusión referida a la validación de la hipótesis

**1. ¿La adición de ceniza volante como reemplazo del cemento para un concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  resulta favorable en cuanto a las propiedades físico-mecánicas de dicho concreto?**

La adición de ceniza volante en reemplazo del cemento en los porcentajes de 10%, 20% y 30 % genera una disminución de resistencia a compresión y flexión respecto del concreto patrón  $f'c=273.4\text{ kg/cm}^2$ , pero mantiene valores del rango del diseño de mezcla  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f''cr=295\text{ kg/cm}^2$  para todos los casos.



## **5.2 Discusión referida a los aportes de la investigación.**

### **1. ¿Por qué se escogió la ceniza volante como reemplazo del cemento para la elaboración de concreto?**

Se escogió la ceniza volante por que dicho material se convirtió en un problema ambiental en el sur del país. Al ser depositados en rellenos sanitarios, demanda espacio y costos elevados para su acondicionamiento, motivando un interés especial de estudiar su aprovechamiento en la ingeniería civil y de la misma manera minimizando el impacto negativo que genera su producción.

De la misma manera se buscó aprovechar las propiedades puzolánicas que posee la ceniza al ser mezclado con cemento, disminuyendo así el costo de producción a nivel de insumos sin alterar la calidad del concreto para el cual fue diseñado.

### **2. ¿El agregado fino de la cantera de Vicho cumple con lo especificado en la Norma Técnica Peruana 400.012?**

Nuestro agregado fino de la cantera de vicho que utilizamos para nuestro diseño de mezcla no cumplía con lo estipulado en la NTP 400.012, ya que este material contiene demasiado material grueso, por lo que se procedió a la combinación de materiales finos provenientes de diferentes canteras en este caso se usó la arena fina de Cunyac hallando porcentajes de 70%(Vicho) y 30%(Cunyac) que permitieran que la curva granulométrica se encuentre dentro de los husos establecidos por la NTP 400.012.

## **5.3 Discusión referida al contraste con el marco teórico.**

### **1. ¿Cómo se origina la ceniza volante?**

Las centrales termoeléctricas queman carbón para la producción de energía eléctrica y la ceniza volante es la porción más fina que se separa de la corriente de gases en combustión entre la caldera y la chimenea mediante equipos tales como ciclones, filtros, precipitaciones electrostáticas o combinaciones entre ellos, si no existieran estos elementos las cenizas se expandiría en la atmosfera desde la chimenea, contaminando una extensa área geográfica.



## 2. ¿Cuáles son las principales propiedades de la ceniza volante?

1. Capacidad reactiva, lo que las hace aptas para múltiples aplicaciones. Otra de sus propiedades es la puzolánica e hidráulica, aunque se necesita de un período más o menos largo de tiempo para que se manifieste su reactividad puzolánica.
2. Las cenizas volantes en los morteros disminuyen las expansiones asociadas a la reacción árido-álcalis, disminuyendo la pérdida por durabilidad.
3. El contenido de agua libre (que no reacciona con el cemento) es mayor en presencia de cenizas volantes a primeras edades, y por lo tanto la porosidad del sistema también será mayor. Sin embargo, dado que las cenizas volantes aumentan la trabajabilidad, es posible reducir la relación agua / cemento, contrarrestando la mayor porosidad.
4. Las resistencias mecánicas al utilizar cenizas volantes serán menores en las primeras edades, comparadas con las alcanzadas en cementos Portland. A edades largas se produce un refinamiento de la estructura porosa debido a la evolución de la actividad puzolánica.
5. Las cenizas volantes reducen el calor de hidratación en el cemento debido al menor contenido de alita (C3 S) procedente del clínker Portland. Este compuesto es el responsable en su mayor parte del calor desprendido durante la hidratación del cemento Portland. La reacción puzolánica también es exotérmica, pero su desprendimiento es progresivo en el tiempo.
6. Las cenizas volantes incorporadas al cemento mejoran su durabilidad en determinados ambientes sulfatados y de agua de mar. Esto se debe a una mayor impermeabilidad y a la reducción en el contenido de portlandita (SC3). El aumento en la impermeabilidad se debe a que los productos formados durante la actividad puzolánica se depositan en el interior de los poros capilares interconectados, dificultando la penetración de los iones sulfato y cloruro.

## 3. ¿La producción de ceniza volante en la región es garantizada para la fabricación de grandes volúmenes de concreto?

Para la presente investigación se tomó la información proporcionada por la empresa Engie, actual operadora de la planta termoeléctrica Ilo 21, en el 2002 el consumo de carbón mineral en la planta ascendió a 400 000 toneladas aproximadamente de las



cuales el residuo(ceniza volante) que produce su combustión oscila entre el 6% a 20% Lo que garantiza el suministro de grandes cantidades de volumen de ceniza volante para sus diferentes usos que pueda darse en la ingeniería civil como es la de fabricación de cemento con ceniza volante.

#### **5.4 Discusión referida a aportes nuevos.**

##### **1. ¿Por qué nuestro concreto no alcanzo la resistencia para la cual fue diseñada?**

La resistencia mecánica del concreto con ceniza serán menores en las primeras edades comparadas con un cemento Portland. Nuestro concreto alcanzo la resistencia diseñada del  $f'c$ , mas no alcanzo el  $f'cr$  esto debido a la composición química de la ceniza volante proveniente de la central termoeléctrica Ilo21 ya que los valores de porcentaje de calcio son menores a lo establecido en la ficha técnica de un cemento Portland tipo IP.

##### **2. ¿Qué propiedades físicas del concreto con ceniza variaron con respecto al concreto normal?**

Las propiedades físicas investigadas que variaron son:

- El slump, se vio disminuido en valores mínimos que no fueron evaluados a detalles porque se encuentra dentro del rango de diseño de nuestra investigación.
- El tiempo de fraguado, es menor en relación al porcentaje de ceniza aumentada, es decir a mayor porcentaje de ceniza, menor tiempo de fraguado.





## GLOSARIO

**ABSORCIÓN:** Es la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas. Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco.

**AGREGADO FINO:** Partículas provenientes de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 3/8”.

**AGREGADO GRUESO:** Partículas retenidas en tamiz N°4 (4.75 mm.), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la N.T.P. 400.037.

**AGREGADOS:** Conjunto de partículas de Origen Natural o Artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas. Elementos que son aglomerados por la pasta de cemento para formar una estructura resistente.

**AGUA DE MEZCLADO:** Es la cantidad de agua por volumen unitario de concreto que requiere el cemento, contenido en este volumen unitario, para producir una pasta eficientemente hidratada, con una fluidez que permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentre en estado plástico.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:** Es la representación numérica de la distribución de las partículas por tamaños.

**ASENTAMIENTO:** Cuando el concreto queda en reposo, después de colocarlo y compactarlo, se inicia un proceso natural mediante el cual los componentes más pesados (cemento y agregados) tienden a descender en tanto que el agua, componente menos denso, tiende a subir. A estos fenómenos simultáneos se les llama respectivamente asentamiento y sangrado, y cuando se producen en exceso se les considera indeseables porque provocan cierta estratificación en la masa de concreto, según la cual se forma en la superficie superior una capa menos resistente y durable por su mayor concentración de agua.

**CONCRETO DE BAJA PERMEABILIDAD:** Son concretos utilizados mayormente en estructuras enterradas estacionamientos, sótanos o en estructuras de contención de agua como tanques y reservorios, que están sometidos a problemas de filtraciones.

**CONCRETO:** Mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante, el



cemento Portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escorias y/o aditivos químicos.

**LAS CENIZAS VOLANTES:** Son los residuos sólidos que se obtienen por precipitación electrostática o por captación mecánica de los polvos que acompañan a los gases de combustión de los quemadores de centrales termoeléctricas alimentadas por carbones pulverizados. Se utilizan como adiciones para hormigón.

**CONSISTENCIA:** Es el grado de plasticidad del concreto fresco o del mortero para fluir. La forma usual de medirlo es revenimiento para el concreto.

**CONTENIDO DE HUMEDAD:** Cantidad de agua absorbida más la cantidad de agua superficial con que cuenta el agregado en un momento dado. Permite controlar la cantidad de agua requerida por el diseño de mezclas, el estado de humedad de un agregado puede estar comprendido dentro de cuatro condiciones: seco en laboratorio, semi seco o secado al ambiente, saturado o superficialmente seco y húmedo.

**CURVA GRANULOMÉTRICA:** Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados.

Deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la Norma NTP. 400.037.

Deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas.

**DOSIFICACIÓN:** Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero grout o revoque.

**DURABILIDAD:** Capacidad del concreto de resistir a la acción de la intemperie y otras condiciones de servicio, tales como ataque químico, congelación – deshielo y abrasión.

**FRAGUADO:** Transcurre en horas, con desprendimiento de calor. Los componentes más solubles en agua se disuelven en la fase líquida de pasta, y dicha fase se separa y cristaliza otros que pasan a constituir la fase sólida. La pasta va perdiendo plasticidad y adquiere rigidez.



**GRANULOMETRÍA:** Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (ASTM C136). Los siete tamices estándar ASTM C33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla N° 100 (150micras) hasta 9.52 mm. Los números de tamaño (tamaños de granulometría), para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas.

Los agregados finos y gruesos según la norma ASTM C-33 y NTP 400.037, deberán cumplir con las gradaciones establecidas mediante el ensayo de la NTP 400.012.

**MÓDULO DE FINURA:** Es la centésima parte del número que se obtiene al sumar los porcentajes retenidos acumulados en el conjunto de tamices estándar, empleados al efectuar un análisis granulométrico. El Modulo de finura nos representa un tamaño promedio ponderado del agregado, pero no representa la distribución de las partículas. Concepto establecido por Duff Adams (1925), que se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulados en la serie Estándar hasta el tamiz N°100 y esta cantidad se divide entre 100.

**PESO ESPECÍFICO:** Es la división del peso de la sustancia entre el volumen que ésta ocupa. Es un indicador de calidad: los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que para bajos valores generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles.

**PESO UNITARIO:** Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye a la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en NTP. 400.017.

**RELACIÓN AGUA-CEMENTO (a/c):** Relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto.

**RESISTENCIA A COMPRESIÓN:** Es la carga máxima para unidad de área soportada por una muestra.

**RESISTENCIA A FLEXION:** Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada.

**REVENIMIENTO:** Es la diferencia de altura que hay entre la parte superior del molde y la parte superior de la mezcla fresca cuando ésta se ha asentado después de retirar el molde.



**TIEMPO DE FRAGUADO:** Es la condición alcanzada por una pasta cementicia, mortero u hormigón que ha perdido plasticidad hasta un nivel arbitrario, generalmente medido en términos de la resistencia a la penetración.

**TAMAÑO MÁXIMO:** Tamaño de la abertura del tamiz que deja pasar todo el agregado.

**TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:** Tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado.

**TRABAJABILIDAD:** Es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoque fresco, que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado.

## CONCLUSIONES

### CONCLUSIÓN GENERAL

**Se demostró que la hipótesis general se cumple parcialmente “la adición de ceniza volante no mantiene las propiedades físico mecánicas de un concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>”**

La sustitución de ceniza volante por cementos en sus diferentes porcentajes estudiados reduce las propiedades mecánicas de resistencia del concreto evaluados a las edades de 7, 14, 28 días.

### CONCLUSIÓN Nº 01:

**Se demostró la sub-hipótesis 01 que indica “Las características de los agregados usados cumplen con lo especificado en los parámetros de la norma”**

Se determinó las características físico mecánicas de los agregados de las canteras de Vicho y Cunyac, estos agregados cumplieron con los parámetros establecidos en las normas técnicas peruanas tales como: (N.T.P.339.185, 2002), (N.T.P.400.012, 2001), (N.T.P.400.017, 1999), (N.T.P.400.021, 2002), (N.T.P.400.022, 2002) .

<b>AGREGADO FINO: Vicho 70% y Cunyac 30%</b>		<b>AGREGADO GRUESO: Vicho</b>	
Peso Específico Seco	:2.59 gr/cm <sup>3</sup>	Peso Específico Seco	:2.73 gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de Fineza	: 2.85	Peso Unitario Compacto Seco:	1449.76 Kg/m <sup>3</sup>
Contenido de Humedad:	2.83%	Contenido de Humedad:	1.17%
Absorción:	2.02%	Absorción:	1.02%
		Tamaño Máximo Nominal:	¾”

### CONCLUSIÓN Nº 02:

**Se demostró la sub-hipótesis 02 que indica “La consistencia del concreto adicionado con ceniza volante se mantendrá dentro de los parámetros utilizados para el diseño de mezcla”**

La consistencia del concreto f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> elaborado con reemplazo del cemento por ceniza volante proveniente de la central termoeléctrica Ilo21, presentó un decremento en el Slump respecto al concreto patrón. La consistencia del concreto patrón tuvo como promedio 1.4” clasificándose como una mezcla plástica mientras que los concretos que se elaboraron con ceniza volante en sus diferentes porcentajes de reemplazo presentaron un Slump entre los intervalos de 1” a 1.3” por lo cual se consideran también mezclas plásticas, demostrando así que todos estos valores están dentro del parámetro de diseño de mezcla que establecía valores de entre 1” a 2”. (Ver Tabla 87, pag 149)

**CONCLUSIÓN Nº 03:**

**Se demostró parcialmente la sub-hipótesis 03 que indica “El concreto con adición de ceniza volante en reemplazo parcial del cemento, mantiene la resistencia a compresión  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  para el cual fue diseñado”**

La sustitución del cemento Portland tipo IP por ceniza volante genera una disminución de la resistencia a la compresión para todas las edades de curado, comparado con la resistencia del concreto patrón, pero mantiene el  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  para el cual fue diseñado. A los 28 días de fraguado el CP. alcanzo una resistencia  $f'c=273.42\text{ kg/cm}^2$ , el concreto con CV al 10% alcanzo una resistencia de  $252.43\pm 4.13\text{ kg/cm}^2$ , el concreto con CV al 20% alcanzo una resistencia de  $236.54\pm 7.61\text{ kg/cm}^2$ , el concreto con CV al 30% alcanzo una resistencia de  $210.27.43\pm 6.30\text{ kg/cm}^2$ . (Ver tabla126, PÁG.169)

**CONCLUSIÓN Nº 04:**

**Se demostró la sub-hipótesis 04 que indica “El concreto con adición de ceniza volante en reemplazo parcial del cemento, mantiene la resistencia a flexión recomendada en la norma para un diseño de mezcla  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  para el cual fue diseñado.”**

Al sustituir el cemento por ceniza volante en porcentajes de 10%,20% y 30 % se obtuvo que la resistencia a flexión a los 28 días alcanzaron los valores con 10% de C.V.  $38.61\text{ kg/cm}^2 \pm 1.24$  representando el 18.39% del  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ , con 20 % de C.V. la resistencia a flexión a los 28 días fue de  $37.81\text{ kg/cm}^2 \pm 2.07$  representando el 18.01% del  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ , con 30 % de C.V. la resistencia a flexión a los 28 días fue de  $37.49\text{ kg/cm}^2 \pm 1.08$  representando el 17.49% del  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ , ubicado dentro del rango recomendado por la NTP 339.078 que recomienda valores de 10% a 20 % del  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ . (Ver tabla134, Pág176.)

**CONCLUSIÓN Nº 05:**

**Se demostró la sub-hipótesis 05 que indica “El tiempo de fraguado del cemento con ceniza volante en su diferente porcentaje investigados, mostrara un incremento respecto al tiempo de fraguado del cemento.”**

el tiempo de fraguado inicial del cemento es de 165 min y el tiempo de fraguado final es 278 min, el tiempo de fraguado inicial del cemento reemplazado con ceniza volante al 10 % en función de su peso es de 180 min y el tiempo de fraguado final es 295 min, el tiempo de fraguado inicial del cemento reemplazado con ceniza volante al 20 % en función de su peso es de 180 min y el tiempo de fraguado final es 310 min, el

tiempo de fraguado inicial del cemento remplazado con ceniza volante al 30 % en función de su peso es de 195 min y el tiempo de fraguado final es 320 min, mostrando así que los resultados cumplen con los parámetros mínimos (fraguado inicial >45 min) y máximo (fraguado final <375min) que estipula la norma. (Ver tabla118, Pág162.)

#### **CONCLUSIÓN Nº 06:**

**Se demostró la sub-hipótesis 06 que indica “Los costos de insumos en la producción del concreto con ceniza volante en reemplazo del cemento tienden a ser menor.”**

El precio por m<sup>3</sup> del concreto con ceniza volante en reemplazo del cemento muestra una disminución, este análisis fue realizado a nivel de insumos para la elaboración de la mezcla. Para el concreto patrón el precio del concreto a nivel de insumos por m<sup>3</sup> fue de S/. 226.04 nuevos soles mientras que, para el concreto con ceniza al 10 % el precio por m<sup>3</sup> fue S/ 211.78 nuevo soles representando el 94% del costo del concreto patrón, para el concreto con ceniza al 20 % el precio por m<sup>3</sup> fue S/ 197.52 nuevo soles representando el 87% del costo del concreto patrón, para el concreto con ceniza al 30 % el precio por m<sup>3</sup> fue S/ 183.26 nuevo soles representando el 81% del costo del concreto patrón, el análisis de precios para todos los casos fue a nivel de insumos. (Ver tabla133, Pág176.)

#### **RECOMENDACIONES**

##### **RECOMENDACIÓN Nº 01:**

Se recomienda evaluar el concreto con ceniza volante en reemplazo del cemento a edades mayores a 28 días, para verificar si la resistencia a compresión sigue incrementándose con el paso del tiempo, debido a que en otras investigaciones realizadas se demostró que el concreto con ceniza alcanza resistencias incluso mayores a edades más tardías.

##### **RECOMENDACIÓN Nº 02:**

Se recomienda evaluar el concreto utilizando la ceniza volante como sustituto parcial del agregado fino en diferentes porcentajes para su evaluación en cuanto a la resistencia a compresión.

**RECOMENDACIÓN N° 03:**

Se recomienda evaluar el efecto que causa la ceniza volante en condiciones de adición a la mezcla y no de sustitución por el cemento como se realizó en esta investigación para poder determinar si se puede utilizar como un aditivo para incrementar la resistencia del concreto.

**RECOMENDACIÓN N° 04:**

Se recomienda evaluar el concreto con ceniza volante para condiciones de durabilidad tales como ataques de sulfatos por agua de lluvia o aguas no tratadas que se encuentren en el subsuelo debido a que existen antecedentes que recomiendan el uso de este concreto para dichas condiciones.

**RECOMENDACIÓN N° 05:**

Se recomienda evaluar este concreto con la adición de aditivos acelerantes de fragua para comparar las resistencias obtenidas a los 7 y 28 días para ver si cumplen con los parámetros mínimos que exige la norma.

**RECOMENDACIÓN N° 06:**

Se recomienda el uso de esta investigación como aporte para la mitigación de la contaminación ambiental y el desarrollo sostenible de nuestra región, ya que al utilizar la C.V. se reducirá el uso e implementación de botaderos para su almacenamiento, también se reducirá el costo energético que genera la producción del cemento.

**RECOMENDACIÓN N° 07:**

Se recomienda el uso de los equipos de protección personal para la manipulación de los equipos de laboratorio, se recomienda también el uso de los EPP antes, durante y después de la elaboración de la mezcla y más aún cuando se manipula sustancias peligrosas para la salud como puede ser la ceniza volante en este caso.



**REFERENCIAS**

- COCA REBOLLERO, P., & ROSIQUE JIMÉNEZ, J. (2001). "Ciencia de los materiales. Teoría, ensayos y tratamientos". . España: Editorial Pirámide.
- NÚÑEZ, C., ROCA, A., & JORBA, J. (2010). "Comportamiento Mecanico de los Materiales". Barcelona.
- HISTORIA Y BIBLIOGRAFIA . (04 de 10 de 2014). Obtenido de HISTORIA Y BIBLIOGRAFIA: <http://historiaybiografias.com/cemento/>
- QUIMICA Y ALGO MAS . (26 de 10 de 2014). Obtenido de QUIMICA Y ALGO MAS: <http://www.quimicayalgotomas.com/fisica/peso-especifico-concepto-y-problemas/>
- 41017-h16, N. t. (s.f.).
- AbantoCastillo. (2009). Tecnología del Concreto. Lima: San Marcos.
- Behar Rivero, D. S. (2008). Metodología de la Investigacion. Editorial Shalom 2008.
- Bossart y Newman. (1995). ECOBA.
- CARBAJAL, E. N. (1993). TOPICOS EN TECNOLOGIA DEL CONCRETO . LIMA: UNI .
- CEMENTO YURA. (2009). Manual Digital - Cemento Portland Tipo IP. Arequipa.
- E.060, N. (2006). E.060.
- Europea, N. (2013). UNE-EN 450-1.
- Gaytan Martines, J. A. (2001). Nuevos materiales aplicados a las estructuras, nanotecnología en la arquitectura - caso de estudio: fibra de carbono. México.
- Gutierrez, L. (2003). EL concreto y otros materiales para la construcción. Bogotá.
- Guzman, I. D. (2011). Tecnología del concreto. Colombia : Asocreto.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION 5ta edicion. mexico: Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736.
- LOPEZ, I. E. (2014). DISEÑO DE MEZCLA. En I. E. LOPEZ, DISEÑO DE MEZCLA. LIMA: INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y GERENCIA ICG.
- LOPEZ, R. (2010). NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO. En R. LOPEZ, NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO.
- Lorca, A. (2014). "Efecto de la adición de hidróxido cálcico sobre mezclas con alta sustitución de cemento por ceniza volante". Universidad Politécnica de Valencia: Departamento de Ingeniería De la Construcción y proyectos de Ingeniería Civil.



MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. (2009). NORMA TECNICA PERUANA E - 060  
CONCRETO ARMADO . LIMA.

MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. (2002). NORMA TECNICA PERUANA. En C. Y.  
MINISTERIO DE VIVINDA, NORMA TECNICA PERUANA.

Norma de ASTM C618. (s.f.).

Norma Europea UNE-EN 450-1. (2013). España.

Norma técnica de Guatemala NTG. (s.f.). 41017-h16.

NTG 41017-h16. (s.f.).

NTP 339.034. (s.f.).

PASQUEL, E. (1998). Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. Lima: Colegio  
de ingenieros del Perú.

PasquelCarbajal. (1998). Topicos de Tecnología de Concreto. Lima: Colegio de  
Ingenieros del Perú Consejo Nacional.

RivaLopez. (2010). Tecnología del Concreto. Lima: UNI.

RIVVA, E. (2000). Naturaleza y materiales del concreto. Lima: Capítulo peruano ACI.

SIKA. (2014). Hoja Tecnica Sika Carbodur. 1-4.

Vadillo. (1995). CLASIFICACION DE LAS CENIZAS VOLANTE VISTA  
MICROSCOPICAMENTE.

YURA, C. (s.f.). Manual Digital - Cemento Portland Tipo IP. Arequipa.

**LINKGRAFIA**

OSSA M, MARUISIO; JORQUERA HECTOR. CEMENTOS CON CENIZAS VOLANTES.

<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/956/1013>

CONCRETO PORTLAND DOSIFICADO CON CENIZA VOLANTE, MEXICO.

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/8788/capitulo3.pdf>

TARIFAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES, PERU.

[https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/servicios/documentos/1%20-](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/servicios/documentos/1%20-%20TARIFA%20DE%20ENSAYOS%20DE%20LABORATORIO%202015%20(UIT%203850%20-18).pdf)

[%20TARIFA%20DE%20ENSAYOS%20DE%20LABORATORIO%202015%20\(UIT%203850%20-18\).pdf}](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/servicios/documentos/1%20-%20TARIFA%20DE%20ENSAYOS%20DE%20LABORATORIO%202015%20(UIT%203850%20-18).pdf)

PROPIEDADES DEL CONCRETO QUE CONTIENE CENIZA VOLANTE ULTRAFINA.

<http://www.imcyc.com/revista/2001/febrero2001/propiedades.htm>

HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND. CENIZA VOLANTE O PUZOLANA

NATURAL PARA SU USO EN EL HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND.

MUESTREO Y ENSAYOS.

<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1501.2011.pdf>

LA INFLUENCIA DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PÓRTLAND EN LA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN: PROPIEDADES FÍSICAS, DIFUSIÓN DEL IÓN CLORURO Y DEL DIÓXIDO DE CARBONO

[http://www.concretonline.com/pdf/05cementos/art\\_tec/8-1.pdf](http://www.concretonline.com/pdf/05cementos/art_tec/8-1.pdf)

CEMENTO Y CONCRETO MÁS RESISTENTES, CON CENIZAS VOLANTES DE CARBOELÉCTRICAS

<http://www.imcyc.com/revista/2001/febrero2001/propiedades.htm>

**ANEXOS**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A EDADES MAYORES A LOS 28 DÍAS**

EDAD	REGISTRO DE PROBETA	PROMEDIO DE RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DE RESISTENCIA RESPECTO AL F'CR=295(kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DE RESISTENCIA RESPECTO AL F'c=210(kg/cm <sup>2</sup> )
<b>CUADRO DE RESUMEN</b>				
7 DÍAS	PATRON	151.79	51.45%	72.28%
	C 10CV	122.07	41.38%	58.13%
	C 20CV	112.28	38.06%	53.47%
	C 30CV	86.35	29.27%	41.12%
<b>CUADRO DE RESUMEN</b>				
14 DÍAS	PATRON	204.63	69.37%	97.44%
	C 10CV	181.77	61.62%	86.56%
	C 20CV	165.86	56.22%	78.98%
	C 30CV	136.51	46.28%	100.13%
<b>CUADRO DE RESUMEN</b>				
28 DÍAS	PATRON	273.42	92.69%	130.20%
	C 10CV	252.43	85.57%	120.21%
	C 20CV	236.54	80.18%	112.64%
	C 30CV	210.27	71.28%	100.13%
<b>CUADRO DE RESUMEN</b>				
56 DÍAS	PATRON	294.00	96.10%	140%
	C 10CV	281.00	95.30%	139.00%
	C 20CV	252.00	85.42%	120.00%
	C 30CV	214.00	72.54%	102.00%
<b>CUADRO DE RESUMEN</b>				
72 DÍAS	PATRON	296.80	105.08%	144.00%
	C 10CV	310.10	100.37%	148.00%
	C 20CV	268.30	87.00%	128.00%
	C 30CV	218.00	84.00%	112.00%

