

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL Y DEL**  
**AMBIENTE**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS  
VOLANTES COMO SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO EN  
LA CIUDAD DE AREQUIPA”**

Tesis presentada por los Bachilleres:

**PAULA YENNY GONZALES DELGADO.**

**ISAAC MENDOZA RODRÍGUEZ.**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO CIVIL**

**AREQUIPA – PERÚ**

**2016**

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad Católica de Santa María, presento mi tesis de investigación que por título lleva.

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y  
ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO  
SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”**

Tema de investigación que fue realizado en el laboratorio de suelos y concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María y laboratorios de Control de Calidad de la Planta de SUPERMIX S.A.

Bach. Paula Gonzales Delgado.  
Bach. Isaac Mendoza Rodríguez.

### AGRADECIMIENTO:

Le agradezco a Dios por guiarme siempre a lo largo de mi vida y de mi carrera.

Le agradezco a mi familia y mis amigos por su apoyo y amor brindado.

A mi alma máter, la Universidad Católica Santa María, por acogerme y formarme profesionalmente.

A mis profesores, mi asesor de tesis el Ing. Renato Díaz Galdos, Ing. Enrique Alfonso Ugarte Calderón y al Ing. Olger Javier Febres Rosado por compartir conmigo sus conocimientos y su apoyo a lo largo de mi carrera.

Al Ing. Carlos Guerra Cisneros, encargado de Control de Calidad de la planta de Concretos SUPERMIX S.A. por brindarnos la oportunidad de desarrollar nuestra tesis profesional en los laboratorios de Control de Calidad y las facilidades que nos fueron otorgadas en la empresa. Por darnos la oportunidad de utilizar las instalaciones, y sus laboratorios. Por la oportunidad de aprender cosas nuevas que nos servirán a lo largo de nuestra carrera.

A Isaac Mendoza Rodríguez mi compañero de tesis, por la paciencia y el apoyo en este trabajo conjunto.

Bach. Paula Gonzales Delgado.

## ACTO QUE DEDICO A:

A Dios, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, por darme la valentía para cumplir mis metas y sueños y por guiarme a lo largo de toda mi vida.

A mis padres Pablo Gonzales Zuzunaga y Yeny Delgado Rodríguez, por su apoyo incansable y por creer en mí siempre, porque con su ejemplo han inculcado valores en mi vida y por darme la oportunidad de tener una excelente educación que valorare toda mi vida.

A mi hermanita Carolina, a Thiaguito y Gabriel, por todo su amor y por creer en mí siempre, por ser mi mejor amiga y cómplice.

A mi Esposo Jaime Marcelo Gutiérrez Chávez, por todo su amor y cariño, por ser el complemento de mi vida, por su apoyo incondicional en todos mis proyectos emprendidos, por ser mi mejor amigo.

A mis amigos y familia en Perú por todo su apoyo y cariño brindado siempre.

A mi tía Elizabeth Delgado por contar con su cariño, consejo y apoyo, por estar a mi lado siempre.

Bach. Paula Gonzales Delgado.

### **AGRADECIMIENTO:**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

A la Universidad Católica De Santa María en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por haberme permitido formarme en ella y permitirme ser profesional, así mismo quiero agradecer a los ingenieros que formaron parte de este trabajo.

#### **Ing. Renato Díaz Galdos.**

Catedrático de la escuela profesional de Ing. Civil – UCSM

#### **Ing. Enrique Alfonso Ugarte Calderón.**

Catedrático de la escuela profesional de Ing. Civil – UCSM

#### **Ing. Carlos Guerra Cisneros.**

Líder de control de calidad I & D

A Paula Gonzales Delgado, mi compañera de tesis, por tu compañerismo y amistad en todo el tiempo que trabajamos juntos.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

Bach. Isaac Mendoza Rodríguez.

### ACTO QUE DEDICO A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi padre Sr. Elio Enrique Mendoza Romero quien con sus sabios consejos ha sabido guiarme por los mejores caminos, porque siempre lo he sentido presente en mi vida y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido, a mi madre Sra. Zoila Eloísa Rodríguez Nieto por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida y por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Mis hermanos, Nelly, Carmen, Juan Carlos y Omar por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por estar conmigo en todo momento y demostrarme su cariño.

Bach. Isaac Mendoza Rodríguez.

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN _____	13
RESUMEN _____	14
<b>CAPITULO 1: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN _____</b>	<b>15</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. _____	16
1.1.1. Formulación del problema. _____	16
1.1.2. Desarrollo de la problemática. _____	16
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. _____	17
1.2.1. Objetivo General. _____	17
1.2.2. Objetivos Específicos. _____	17
1.3. HIPÓTESIS. _____	18
1.4. VARIABLES. _____	18
<b>CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO _____</b>	<b>19</b>
2.1. CENIZA VOLANTE EN CONCRETOS. _____	20
2.1.1. Ceniza volante. _____	20
2.1.1.1. Definición de ceniza volante. _____	20
2.1.1.2. Origen de la ceniza volante. _____	21
2.1.1.3. Actividad puzolánica. _____	22
2.1.1.4. Clasificación de las cenizas volantes. _____	24
2.1.2. Concreto con el uso de la ceniza volante. _____	25
2.1.2.1. Concreto con ceniza volante. _____	25
2.1.2.2. Historia del concreto con ceniza volante. _____	25
2.1.2.3. Ventajas y desventajas de la utilización de la ceniza volante en el concreto. _____	27
2.1.3. Aplicaciones de la ceniza volante alrededor del mundo. _____	28
2.1.3.1. Aplicaciones de la ceniza volante en el Perú. _____	31
2.2. PRINCIPIOS BÁSICOS Y REQUERIMIENTOS DE LA CENIZA VOLANTE EN CONCRETOS. _____	33
2.2.1. Propiedades en estado fresco. _____	33
2.2.1.1. Trabajabilidad. _____	33
2.2.1.2. Exudación. _____	34
2.2.1.3. Segregación. _____	34
2.2.1.4. Tiempo de fraguado. _____	35
2.2.1.5. Temperatura. _____	35
2.2.1.6. Peso unitario. _____	36

2.2.2. Propiedades en estado endurecido.	37
2.2.2.1. Resistencia a compresión.	37
2.2.2.2. Reactividad potencial álcali-sílice	37
2.2.2.3. Contracción por secado.	38
2.2.3. Ensayos al concreto con el uso de ceniza volante.	38
2.2.3.1. Ensayo para determinar la temperatura.	38
2.2.3.2. Ensayo para determinar el asentamiento (SLUMP).	40
2.2.3.3. Ensayo para determinar el contenido de aire.	42
2.2.3.4. Ensayo para determinar el peso unitario.	44
2.2.3.5. Ensayo para determinar la exudación.	47
2.2.3.6. Ensayo para determinar el tiempo de fragua	49
2.2.3.7. Determinación de la reactividad potencial alcali-silice de combinaciones de materiales cementantes y agregados.	53
2.2.3.8. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto.	58
2.2.3.9. Determinación del cambio de longitud del mortero y del concreto de cemento hidráulico, endurecidos.	61

### **CAPITULO 3: DISEÑO DE MEZCLAS** \_\_\_\_\_ 66

3.1. INTRODUCCIÓN.	67
3.2. ESTUDIO DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO CON CENIZA VOLANTE.	67
3.2.1. Cemento.	67
3.2.2. Agregado fino.	68
3.2.2.1. Contenido de humedad del agregado fino.	68
3.2.2.2. Análisis granulométrico del agregado fino.	69
3.2.2.3. Peso unitario suelto y compactado agregado fino.	71
3.2.2.4. Eso específico y absorción del agregado fino.	73
3.2.2.5. Ensayo de impurezas orgánicas de agregado fino.	74
3.2.3. Agregado grueso.	75
3.2.3.1. Contenido de humedad del agregado grueso.	75
3.2.3.2. Análisis granulométrico del agregado grueso.	76
3.2.3.3. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.	78
3.2.3.4. Peso específico y absorción del agregado grueso.	80
3.2.3.5. Resistencia a la abrasión y al desgaste del agregado grueso.	81
3.2.4. Agua.	83
3.2.5. Ceniza volante.	83
3.3. DISEÑOS DE MEZCLAS PARA CONCRETOS CON CENIZA VOLANTE.	87
3.3.1. Diseño de mezclas método del aci 211.	87
3.3.1.1. Diseño de mezclas utilizando el cemento YURA TIPO IP	87
3.3.1.2. Diseño de mezclas utilizando cemento Yura tipo V.	124

### **CAPITULO 4: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO.** \_\_\_\_\_ 161

4.1. SECUENCIA DE LOS ENSAYOS CON CENIZA VOLANTE.	162
4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DISEÑO COMITÉ ACI 211.	163

4.2.1. Resultados en estado fresco Cemento Yura Tipo IP.	163
4.2.1.1. Diseño $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.	163
4.2.1.2. Diseño $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.	165
4.2.1.3. Diseño $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.	167
4.2.1.4. Diseño $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.	169
4.2.1.5. Diseño $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.	172
4.2.1.6. Diseño $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.	174
4.2.1.7. Diseño $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.	176
4.2.1.8. Diseño $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.	178
4.2.1.9. Diseño $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.	181
4.2.1.10. Diseño $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.	183
4.2.1.11. Diseño $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.	185
4.2.1.12. Diseño $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.	187
4.2.1.13. Diseño $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.	189
4.2.1.15. Diseño $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.	193
4.2.1.16. Diseño $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.	195
4.2.2. Resultados en estado fresco Cemento Yura tipo V.	197
4.2.2.1. Diseño $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.	197
4.2.2.2. Diseño $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.	199
4.2.2.3. Diseño $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.	201
4.2.2.4. Diseño $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.	203
4.2.2.5. Diseño $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.	205
4.2.2.6. Diseño $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.	207
4.2.2.8. Diseño $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.	211
4.2.2.9. Diseño $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.	213
4.2.2.10. Diseño $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.	215
4.2.2.11. Diseño $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.	217
4.2.2.12. Diseño $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.	219
4.2.2.13. Diseño $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.	221
4.2.2.15. Diseño $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.	225
4.2.2.16. Diseño $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.	227
4.2.3. Resultados en estado endurecido Cemento Yura Tipo IP.	229
4.2.3.1. Resistencia a la compresión $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> .	229
4.2.3.2. Resistencia a la compresión $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> .	230
4.2.3.3. Resistencia a la compresión $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> .	231
4.2.3.4. Resistencia a la compresión $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> .	232
4.2.3.5. Determinación de la reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 0%.	233
4.2.3.6. Determinación de la reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 10%.	234
4.2.3.7. Determinación de la reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 20%.	235
4.2.3.8. Determinación de la reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 30%.	236
4.2.3.9. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 0%.	237
4.2.3.10. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 10%.	238
4.2.3.11. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 20%.	239
4.2.3.12. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 30%.	240
4.2.3.13. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 0%.	241

4.2.3.14. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 10%.	242
4.2.3.15. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 20%.	243
4.2.3.16. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 30%.	244
4.2.3.17. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 0%.	245
4.2.3.18. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 10%.	246
4.2.3.19. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 20%.	247
4.2.3.20. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 30%.	248
4.2.3.21. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 0%.	249
4.2.3.22. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 10%.	250
4.2.3.23. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 20%.	251
4.2.3.24. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 30%.	252
4.2.4. Resultados en estado endurecido Cemento Yura tipo V.	253
4.2.4.1. Resistencia a la compresión $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> .	253
4.2.4.2. Resistencia a la compresión $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> .	254
4.2.4.4. Resistencia a la compresión $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> .	256
4.2.4.5. Determinación de la reactividad potencial alcali – sílice con ceniza volante al 0%.	257
4.2.4.6. Determinación de la reactividad potencial alcali – sílice con ceniza volante al 10%.	258
4.2.4.7. Determinación de la reactividad potencial alcali – sílice con ceniza volante al 20%.	259
4.2.4.8. Determinación de la reactividad potencial alcali – sílice con ceniza volante al 30%.	260
4.2.4.9. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 0%.	261
4.2.4.10. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 10%.	262
4.2.4.11. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 20%.	263
4.2.4.12. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 30%.	264
4.2.4.13. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 0%.	265
4.2.4.14. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 10%.	266
4.2.4.15. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 20%.	267
4.2.4.16. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 30%.	268
4.2.4.17. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 0%.	269
4.2.4.18. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 10%.	270

4.2.4.19. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 20%.	271
4.2.4.20. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 30%.	272
4.2.4.21. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 0%.	273
4.2.4.22. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 10%.	274
4.2.4.23. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 20%.	275
4.2.4.24. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 30%.	276

## **CAPITULO 5: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CONCRETO CON CENIZA VOLANTE.**

5.1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO.	278
5.1.1. Ensayo de temperatura.	278
5.1.1.1. Cemento Yura tipo IP.	278
5.1.1.2. Cemento Yura tipo V.	279
5.1.1.3. Cemento Yura tipo IP vs tipo V.	280
5.1.2. Ensayo de SLUMP.	281
5.1.2.1. Cemento Yura tipo IP.	281
5.1.2.3. Cemento Yura tipo IP vs tipo V.	283
5.1.3. Ensayo de contenido de aire.	284
5.1.3.1. Cemento Yura tipo IP.	284
5.1.3.2. Cemento Yura tipo V.	285
5.1.3.3. Cemento Yura tipo IP vs tipo V.	286
5.1.4. Ensayo de peso unitario.	287
5.1.4.1. Cemento Yura tipo IP.	287
5.1.4.2. Cemento Yura tipo V.	288
5.1.5. Ensayo de exudación.	290
5.1.5.1. Cemento Yura tipo IP.	290
5.1.5.2. Cemento Yura tipo V.	291
5.1.5.3. Cemento Yura tipo IP vs tipo V.	292
5.1.6. Ensayo de tiempo de fragua.	293
5.1.6.1. Cemento Yura Tipo IP.	293
5.1.6.2. Cemento Yura Tipo V.	294
5.1.6.3. Cemento Yura tipo IP vs tipo V.	295
5.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO.	296
5.2.1. Ensayo de resistencia a la compresión.	296
5.2.1.1. Cemento Yura Tipo IP.	296
5.2.1.2. Cemento Yura Tipo V.	297
5.2.1.3. Cemento Yura Tipo IP vs tipo V.	298
5.2.2. Ensayo de reactividad potencial alcali – sílice.	299
5.2.2.1. Cemento Yura Tipo IP.	299
5.2.2.2. Cemento Yura Tipo V.	300
5.2.2.3. Cemento Yura Tipo IP vs tipo V.	301

5.2.3 Ensayo de contracción por secado. _____	302
5.2.3.1 Cemento Yura Tipo IP. _____	302
5.2.3.2 Cemento Yura Tipo V. _____	306
5.2.2.3.Cemento Yura Tipo V. _____	310
5.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS. _____	311
5.3.1.Análisis de costo de la ceniza volante. _____	311
5.3.2.Análisis de costo unitario $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . _____	312
5.3.2.1.Cemento Yura Tipo IP. _____	312
5.3.2.2.Cemento Yura Tipo V. _____	314
5.3.3.Análisis de costos unitarios $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> _____	316
5.3.3.1.Cemento Yura Tipo IP. _____	316
5.3.3.2.Cemento Yura Tipo V. _____	318
5.3.4.Análisis de costos unitarios $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . _____	320
5.3.4.1.Cemento Yura Tipo IP. _____	320
5.3.4.2.Cemento Yura Tipo V. _____	322
5.3.5.Análisis de costos unitarios $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . _____	324
5.3.5.1.Cemento Yura Tipo IP. _____	324
5.3.5.2.Cemento Yura Tipo V. _____	326
5.3.6.Análisis comparativo. _____	328
5.3.6.1.Cemento Yura Tipo IP. _____	328
5.3.6.2.Cemento Yura Tipo V. _____	329
5.3.6.3.Cemento Yura Tipo IP vs tipo V. _____	330
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	331
CONCLUSIONES _____	332
RECOMENDACIONES _____	335
BIBLIOGRAFÍA _____	337
ANEXOS _____	351

## INTRODUCCIÓN

Con el transcurrir del tiempo el concreto se ha convertido en el material que ha tenido mayor uso en la industria de la construcción con el cual se ha podido llevar acabo la ejecución de diferentes proyectos de envergadura como edificios, puentes, túneles, represas etc., y debido a esto es que en la industria de la construcción se viene teniendo una falta de alternativas de concretos con mejores desempeños tanto en lo técnico como económico y últimamente también en lo ecológico.

En consecuencia, a la gran demanda que tiene el concreto se genera la búsqueda de nuevos materiales cementantes alternativos al cemento portland los cuales puedan aportar nuevas cualidades al concreto y que estas mismas impacten en la disminución de la emisión de partículas contaminantes que son propias del proceso de producción del cemento portland. Una de las alternativas para mejorar las características del concreto son las cenizas volante, las cenizas volantes son residuos de la combustión del carbón, al igual que se pueden obtener de materiales como, madera, incineración de residuos urbanos y de procesos de fundición, termoeléctricas, sectores como hidrocarburo, textil, entre otros, que utilizan como fuente principal para generar energía el carbón, es entonces de los procesos de combustión del carbón de donde se obtiene residuos entre ellos las cenizas volantes. Las cenizas volantes constituyen el componente principal de los residuos que se producen por el uso del carbón como fuente principal generadora de energía.

La presente investigación tiene que ver con la sustitución parcial de la ceniza volante por el cemento portland con la finalidad de aportar información importante sobre las características del concreto con cenizas volantes (fly ash) en sus propiedades físicas, en estado fresco y endurecido del concreto dejando como beneficio el conocer su comportamiento, así como sentar las bases para futuras investigaciones en esta área y su factibilidad para aplicarlas en nuestro medio.

## RESUMEN

La mayoría de estudios encontrados nos habla sobre las características del concreto con adición de las cenizas a la pasta de concreto siempre elaborado con cemento tipo IP. En esta ocasión, se busca conocer información sobre las propiedades de las mezclas de concreto con adiciones de cenizas volantes y se desarrolló un trabajo experimental orientado a relacionar entre si concretos elaborados con cementos TIPO IP Y TIPO V, como variables, y diferentes porcentajes de la adición de cenizas volantes de la central hidroeléctrica de ILO que cumplieron previamente los requisitos normalizados en cuanto a su actividad química.

Todo el procedimiento se realizó en la ciudad de Arequipa empleando agregados y agua de la zona, en los laboratorios de SUPERMIX S.A. ya que nos brindaron el uso de sus laboratorios y materiales para las diferentes pruebas también el Laboratorio de la Universidad Católica para complementar los ensayos.

Posteriormente se confecciono concretos de diferentes resistencias desde  $F'c = 210, 280, 350$  y  $420 \text{ kgf/cm}^2$  para la realización de ensayos físicos y mecánicos. Uno de los factores a considerar para usar dichas resistencias fue por el uso comercial y por sus altas resistencias (dado que en la ciudad de Arequipa el 80% de concretos producidos anualmente son de resistencia  $Fc' = 210 \text{ kgf/cm}^2$  y  $Fc' = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ) por ende las cantidades de cemento a emplearse en las mezclas se pueden optimizar. Usando un cemento con adición de cenizas volantes.

Finalmente, al concluir los 56 días en los ensayos de resistencia a la compresión los diseños aumentan su resistencia a compresión en un promedio de 11% con un porcentaje de sustitución de cenizas que oscila entre el 10% y el 20%.



# **CAPITULO 1: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN**

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

### 1.1.1. Formulación del problema.

La Construcción es un campo muy dinámico, donde continuamente se consiguen avances y mejoras en los materiales utilizados con el fin de ofrecer mejores prestaciones para los diferentes tipos de estructuras de concreto que se construyen. El problema en Arequipa en el Perú y en muchas partes del mundo es la falta de alternativas para mejorar las características del concreto de alta resistencia.

### 1.1.2. Desarrollo de la problemática.

El concreto ha emergido claramente como material de elección para la construcción de un gran número y variedad de estructuras en la ciudad de Arequipa.

Arequipa viene teniendo un desarrollo acelerado debido a su crecimiento poblacional la cual hará que la ciudad requiera de proyectos de concreto de mayor envergadura donde se requerirá que sus características sean mejoradas durante el tiempo de servicio del mismo.

Una de las alternativas para mejorar las características del concreto son las cenizas volantes (fly ash) las cuales mejoran su trabajabilidad, durabilidad, permeabilidad y resistencia a largo tiempo.

Las cenizas volantes (fly ash) que se usará en esta investigación serán proporcionadas por la "CENTRAL TERMoeLECTRICA ENERSUR" de Ilo a través de SUPERMIX que pertenecen al GRUPO GLORIA SA.

En el Arequipa no se encuentra registro anterior del uso de Cenizas Volantes (fly ash) para la construcción, dado el caso se realiza esta

investigación para ver todos los beneficios que nos proporciona estas cenizas en el concreto.

## 1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

### 1.2.1. Objetivo General.

Determinar la influencia en la sustitución parcial del cemento por cenizas volantes (fly ash) para la elaboración de concreto y verificar la influencia en las propiedades físicas en estado fresco y endurecido del concreto, en la ciudad de Arequipa – Perú.

### 1.2.2. Objetivos Específicos.

- Realizar una investigación teórica con el fin de conocer la influencia de las cenizas volantes (fly ash) en el concreto.
- Realizar ensayos a compresión de cilindros hechos con cenizas volantes (fly ash) a distintas edades (7 días, 28 días, 56 días), esto según la norma ASTM C39M que hace referencia sobre el método de prueba estándar de las muestras cilíndricas de concreto para roturas a compresión, con esto evaluaremos el avance evolutivo del comportamiento de su resistencia y a la vez analizaremos una de las propiedades de las cenizas volantes (fly ash) que es aumentar la resistencia a largo tiempo.
- Diseñar una mezcla de concreto con cenizas volantes (fly ash) con resistencia a la compresión de 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>· dado que son los diseños estándares en concreto del mercado.
- Obtener las características de las ventajas y desventajas como la trabajabilidad, y resistencias logradas con diseños de concreto Utilizando cenizas volantes (fly ash).

- Determinar las propiedades físicas del agregado grueso y fino el cual servirá para realizar los diseños de mezclas para la elaboración del concreto.
- Dar a conocer todo lo correspondiente sobre la variación de sus características del concreto con la incorporación de cenizas volantes (fly ash).

### 1.3. HIPÓTESIS.

Utilizando las cenizas volantes (fly ash) como la sustitución parcial del cemento, se logrará obtener un concreto de mejores propiedades físicas tanto en estado fresco como endurecido.

### 1.4. VARIABLES.

VARIABLES	INDICADORES	UNIDADES DE ESTUDIO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Diseño de concreto con fly ash	CENIZA VOLANTE	Diseño de Mezclas por el método del comité 211 del ACI	Ensayo de Laboratorios	Equipos mecánicos y eléctricos de laboratorio



# CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

## 2.1. CENIZA VOLANTE EN CONCRETOS.

### 2.1.1. Ceniza volante.

#### 2.1.1.1. Definición de ceniza volante.

Existen varias definiciones para la Ceniza Volante o también conocida como fly ash, entre ellas tenemos.

“Son el resultado de los residuos finamente divididos que resulta de la combustión del suelo o carbón en polvo y que se transporta desde la cámara de combustión a través de la caldera por los gases de combustión para el sistema de eliminación de partículas”<sup>1</sup>

“Las cenizas volantes es el residuo fino que resulta de la combustión de suelo o el carbón en polvo y que es transportado por los gases de combustión”<sup>2</sup>

“Un polvo fino con partículas principalmente esféricas, cristalinas, originadas por la combustión del carbón pulverizado, con o sin materiales de combustión, que tiene propiedades puzolánicas y que está compuesto fundamentalmente de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (óxido de silicio y óxido de aluminio)”<sup>3</sup>

“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”<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> American Concrete Institute (ACI 116R) año 2005, pag.29.

<sup>2</sup> American Society for Testing Materials (ASTM-C-618) año 2001, pag.01.

<sup>3</sup> Norma española (UNE-EN 450-1:2008) año 2011, pag.01.

<sup>4</sup> Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE) año 2008, pag.82.

### 2.1.1.2. Origen de la ceniza volante.

La ceniza volante se obtiene de las centrales termoeléctricas, Estas utilizan como material para su funcionamiento el Carbón como combustible, originando dos tipos de residuos: las Cenizas de hogar o Escoria y las cenizas volantes, cuya principal diferencia es el tamaño de las partículas.

Las Cenizas de hogar o Escoria caen al fondo por gravedad, se suelen retirar por arrastre con la utilización de agua hasta los silos de almacenamiento.

Las cenizas volantes son las partículas más finas, se obtienen por precipitación mecánica o electrostática del polvo en suspensión que se encuentra en los gases procedentes de la combustión.

Las Cenizas Volantes constituyen típicamente el 80% del total de las cenizas, correspondiendo un 20% restante a las cenizas de hogar o escoria.

Según datos estadísticos, en el mundo se producen aproximadamente 600 millones de toneladas al año de cenizas de carbón, de las centrales termoeléctricas, el total en peso de las cenizas volantes producidas es aproximadamente del 30% de la masa de carbón consumida.

La materia prima para la obtención de la Ceniza Volante es el carbón, este producto pasa por varias etapas antes de la obtención de la CENIZA VOLANTE. El carbón se pulveriza mediante molinos de trituración, luego con la utilización o no de combustibles secundarios se coloca dentro de un horno, mediante una corriente de aire caliente a alta velocidad, y estando en suspensión se cocina a una

temperatura de 1500 +/- 200 grados centígrados, El mismo que se encuentra por encima del punto de fusión de la mayoría de los minerales. Durante este proceso las partículas inorgánicas no sufren una combustión completa, y se producen partículas de ceniza.

Las reacciones que se originan dependen no solamente de la temperatura del horno en el momento de la combustión, sino también del tipo de carbón, de la finura de molino y del tiempo de permanencia en el horno, todo el proceso se puede observar en la fig 2.1 el proceso de obtención de las cenizas volantes.



Figura 2.1 Proceso de Obtención de la Ceniza Volante.

### 2.1.1.3. Actividad puzolanica.

Una puzolana es un material, natural o artificial que contiene en su mayoría silicio y o silicio y aluminio, el conjunto de estos varía entre 70 y 80%, lo que les da un carácter ácido y en consecuencia una afinidad por la cal (tendencia a combinarse con la cal en presencia del agua a temperatura ambiente), además de ser un material de alta reactividad.

La puzolana finamente molida y en presencia de humedad reacciona con el hidróxido de calcio dando lugar a una nueva formación de compuestos estables, poco solubles en

el agua y con características cementantes, capaces de desarrollar resistencia por endurecimiento hidráulico.

Sin embargo, la puzolana por sí sola tiene un valor cementante nulo o muy pequeño.

Todas las puzolanas naturales, (calcinadas o no) y algunos subproductos industriales tales como las cenizas volantes de bajo contenido en calcio se adaptan a la definición de puzolana, lo contrario de algunas adiciones como las cenizas volantes SILICOCALCICAS y escorias que tienen un alto contenido de óxido de calcio entre 10% a 40%, si dicho calcio tiene una reacción puzolánica, el material llega a tener propiedades cementantes por sí mismo y no cabría en el concepto de puzolana dado sino sería un material “puzolánico y cementante”.

Las cenizas volantes se encuentran en la siguiente clasificación de las puzolanas fig. 2.2. Puzolanas artificiales.

Se sabe que las cenizas volantes producidas por las centrales térmicas presentan numerosas similitudes con las puzolanas de origen volcánico, tales como: analogías físicas, químicas y a veces granulométricas, estas cenizas volantes vienen a ser una especie de puzolanas artificiales.

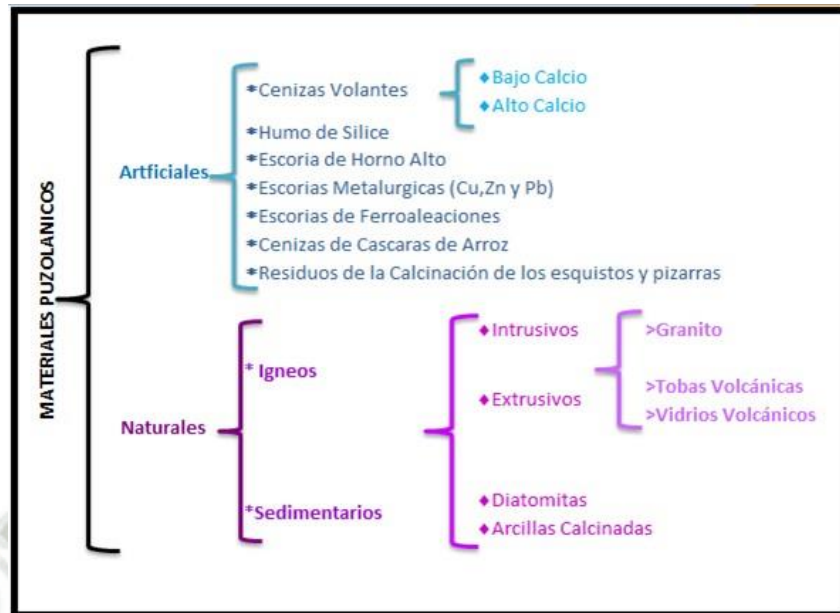


Figura 2.2 Clasificación de los materiales puzolanicos. Fuente propia

#### 2.1.1.4. Clasificación de las cenizas volantes.

Basándose en su composición química, que principalmente depende del tipo de carbón utilizado, las cenizas volantes se dividen en dos tipos, y su diferencia principal es el contenido de calcio:

- Clase F: Llamada también SILICOALUMINOSAS, contiene normalmente menos del 10% (óxido de calcio), que proviene de la combustión de antracita y carbones bituminosos.
- Clase C: Llamada también SILICOCALCICAS, contiene usualmente entre 15 a 35% de CaO (óxido de calcio) a veces más del 40% y proviene primordialmente de la combustión de lignito y carbones subbituminosos.

En esta investigación se usó la cenizas de Clase F, porque tienen propiedades puzolánicas muchas veces mayores que muchas puzolanas naturales y artificiales, estas cenizas volantes son capaces de reaccionar con el hidróxido cálcico ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), liberado en la reacción de

hidratación de cemento portland, mejorando las características del concreto.

## **2.1.2. Concreto con el uso de la ceniza volante.**

### **2.1.2.1. Concreto con ceniza volante.**

Existen distintos tipos de carbón que son utilizados y ello conlleva a diferentes calidades de cenizas volantes, algunas de estas debido a sus propiedades puzolánicas mediante ensayos han demostrado ser útiles en la fabricación de concreto. Estas influyen en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, como la cantidad de agua a utilizarse en la mezcla, el tiempo de fraguado, resistencia a la compresión entre otras.

La ceniza volante tiene una menor gravedad que el cemento. Por lo tanto, cuando las cenizas volantes se utilizan para reemplazar una parte de cemento en una unidad de volumen de concreto la cantidad de pasta aumentará. En muchos casos, las cenizas volantes pueden ser usadas como una adición o como un material de sustitución. Esto dará lugar a un mayor aumento en volumen de pasta para un contenido de agua dado. Por lo general, este aumento de volumen de pasta produce un concreto con mayor plasticidad y una mejor cohesión.

### **2.1.2.2. Historia del concreto con ceniza volante.**

Desde 1966 ya se cuenta con datos precisos sobre las cantidades de ceniza producida y utilizada, en los Estados Unidos, estos han sido recogidos por el Instituto Eléctrico Edison y, desde 1973, por la Asociación Americana de cenizas de carbón (anteriormente la Asociación Nacional de Ceniza).

Los resultados de estas encuestas, junto con algunos datos anteriores mostraron que la cantidad de cenizas volantes recogidas anualmente en los Estados Unidos aumentó de manera constante de 6 millones de toneladas métricas en 1950 a 37 millones de toneladas métricas en 1974, en Estados Unidos la producción anual de cemento portland aumentó de 38 a 61 millones de toneladas métricas de 1950 a 1975; en el año 1984 la capacidad anual de producción de Clinker de cemento fue de alrededor de 80 millones de toneladas métricas. La recolección de cenizas volantes aumento rápidamente durante la década de 1980 cerca de 70 millones de toneladas métricas al año para 1985, esto se debió principalmente a la construcción de plantas adicionales que quemaban carbón.

Más de 300 millones de toneladas métricas de cenizas volantes se han acumulado como basura sólida, sólo algo de 3 millones de toneladas métricas ó 6% de lo que fue recolectado, fue utilizado por las industrias del cemento y del concreto en 1979, pero esto aumento de forma pronunciada en 1984 a 5 millones de toneladas métricas.

Se estima que un 70% a un 90% de esta cantidad fue utilizado por los productores de concreto premezclado. Menos de 1% de las cenizas volantes recogidas en 1979 se utilizó en la producción de cemento mixto ASTM Tipo IP. La utilización total de ceniza volante, incluyendo otros usos, como la estabilización del suelo y el llenado de asfalto, aumentó de 8% en 1966 a 13% en 1976 y a 20% en 1984.

En el año de 1987 al 1993 el uso de cenizas volantes en el mundo fue del 16%, hay países donde su uso es elevado pero no en todos, por ejemplo en Inglaterra se empleó 57% y sus usos entre otros fue como reemplazo de cemento, material de relleno, bloques de concreto, en Francia se usó

60.1%, empleándolas entre otros, como adición al cemento, reemplazo de cemento, estabilización de vías y material de relleno, en Alemania con 57.5% como reemplazo del cemento, pero en Estados Unidos se usó el 22% como reemplazo de cemento y adición al cemento. La razón del bajo nivel de utilización de cenizas volantes en el concreto en los Estados Unidos se han discutido en términos de variabilidad de cenizas volantes, en la mayoría de países los inadecuados métodos de prueba, especificaciones deficientes, ceniza de calidad variable, podrían influir en el bajo uso de las cenizas volantes.

### **2.1.2.3. Ventajas y desventajas de la utilización de la ceniza volante en el concreto.**

#### **VENTAJAS.**

- Incrementa la resistencia a la compresión del concreto.
- Presentan una cantidad menor de volúmenes de agua exudada.
- Mayor durabilidad en pruebas del ASR (ataque de álcali - sílice).
- Menor calor de hidratación evitando contracciones y figuraciones que afectan la calidad del concreto.
- Menor contracción por secado.
- La sustitución de ceniza reduce los costos del m<sup>3</sup> de concreto.
- Ya que las cenizas volantes son un desecho de las fábricas que utilizan carbón y las centrales termoeléctricas, al usar en la manufactura del concreto es un apoyo para el medio ambiente ya que disminuye

el espacio en los vertederos y ayuda a disminuir la contaminación.

### **DESVENTAJAS.**

- Con cenizas volantes no bien quemadas, disminuye su actividad puzolánica por lo tanto disminuye el índice de resistencia.
- Las cenizas volantes son un desecho de los hornos por lo que no se controla la calidad de las mismas eso da variabilidad en el diseño de mezcla, en el Perú.
- No se asegura un volumen de producción de cenizas volantes regular, en el Perú, como para poder usar de manera continua.

#### **2.1.3. Aplicaciones de la ceniza volante alrededor del mundo.**

La ceniza volante de las centrales eléctricas que queman carbón, se convirtieron fácilmente disponibles en la década de 1930. En los EE.UU., el estudio de la ceniza volante para su uso en el Concreto comenzó alrededor de ese tiempo. En 1937, se publicaron los resultados de la investigación sobre el concreto que contiene las cenizas volantes (Raymond E. Davis, Roy W. Carlson, J.W. Kelly, Harmer E. Davis, 1937). Este trabajo sirvió de base para las primeras especificaciones, métodos de prueba, y el uso de cenizas volantes.

Inicialmente, las cenizas volantes se utilizaron como una masa o volumen de sustitución parcial de cemento, por lo general el componente manufacturado más caro del concreto. Como el uso de la ceniza volante aumenta, los investigadores reconocieron que la ceniza volante podría impartir propiedades beneficiosas para el concreto. En investigaciones posteriores estudiaron la reactividad de la ceniza volante con calcio y hidróxidos alcalinos en la pasta de cemento portland y la capacidad de la ceniza volante para actuar

como medida preventiva contra las reacciones perjudiciales en álcali. La Investigación de (Dunstan 1976, y en 1980; Tikalsky, Carrasquillo, y Snow, 1992; Tikalsky y Carrasquillo 1993) ha demostrado que la ceniza volante a menudo mejora la resistencia del concreto al deterioro de sulfatos. La ceniza volante también aumenta la trabajabilidad del concreto fresco y reduce el pico de temperatura de hidratación del concreto en masa.

Los aspectos beneficiosos de la ceniza volante fueron especialmente notables en la construcción de grandes presas de concreto. Algunos proyectos importantes, incluyendo el Tamesis presa en el Reino Unido (Fig. 2.1.), la presa superior Stillwater en los EE.UU. (Fig. 2.2.) que se incorpora 30 a 75% de sustitución en masa de cemento con la ceniza volante para reducir la generación de calor y la disminución de la permeabilidad y las torres Petronas Localizadas en Kuala Lumpur, Malasia, las torres fueron completadas en 1998, se empleó un cemento adicionado con cenizas volantes llegando a una resistencia de 80 MPa a los 56 días,(concreto de alto desempeño), el concreto permitió núcleos verticales y columnas económicas y de tamaños razonables. (Fig. 2.3.)



Figura 2.3 Represa Tamesis, Reino Unido. (1983).

Fuente: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2559399/Thames-Barrier-turns-30- Stunning-images-reveal-complex-machinery-thats-shielding-London-floods.html>



Figura 2.4 Represa Stillwater, EEUU. (1983).

Fuente:

[http://fluidos.eia.edu.co/presas/tipos\\_presa/marcos/presa%20de%20gravedad/m\\_Upper-Stillwater\\_gravedad.htm](http://fluidos.eia.edu.co/presas/tipos_presa/marcos/presa%20de%20gravedad/m_Upper-Stillwater_gravedad.htm)



Figura 2.5 Torres Petronas, Malasia (1998)

Fuente: <http://www.concrete.0catch.com/Capitulo9.htm>

En los EE.UU., una nueva generación de centrales térmicas de carbón fue construido durante los años 1960 y 1970, al menos parcialmente, en respuesta al aumento espectacular del precio del petróleo.

Estas plantas de energía, utilizando molinos de carbón eficientes y tecnología de piroprocesamiento (el estado de la técnica), producen más ceniza volante con un menor contenido de carbón. Además, La ceniza volante que contienen altos niveles de óxido de

calcio se hizo disponible debido a la utilización de fuentes de carbón de EE.UU. Al mismo tiempo que estas fuentes de carbón aumentaron, aumento la disponibilidad de la ceniza volante, una extensa investigación ha dado lugar a una mejor comprensión de las reacciones químicas que tienen lugar cuando la ceniza volante se utiliza en el concreto. Economía mejorada y tecnologías mejoradas (Material y basados en mecánica) han conducido a un mayor uso de la ceniza volante, principalmente en la industria del concreto premezclado. La ceniza volante se utiliza actualmente en concreto por muchas razones, incluyendo mejoras en la trabajabilidad en el concreto fresco, la reducción en el aumento de temperatura durante la hidratación inicial, una mejor resistencia a los sulfatos, la expansión reducida debido a la reacción álcali-sílice y las contribuciones a la durabilidad y resistencia del concreto.

#### **2.1.3.1. Aplicaciones de la ceniza volante en el Perú.**

En 2006 se realizó el vaciado de concreto autocompactado con cenizas volantes por parte de la empresa UNICON en el siguiente proyecto: TAPÓN DE DECANTAMIENTO FASES 1 Y 2. Este producto se realizó a pedido de la empresa “Compañía Minera Antamina S.A.” en el “Centro Minero Antamina”.

La construcción del Tapón Definitivo del “Decant Tunnel” fue ejecutado por un equipo constituido por personal de las Empresas Golder, Cosapi y Antamina, quién lidero el proyecto. El objetivo principal fue el terminar la construcción del tapón y todos aquellos trabajos relacionados, en el interior de dicho túnel.

El proyecto incluyo la instalación del sistema eléctrico para suministro de energía, sistemas de iluminación, ventilación y comunicación; el desvío y canalización de las aguas limpias y contaminadas que escurren en el interior del

túnel; preparación de la superficie existente para recibir el concreto del tapón; el mantenimiento y finalmente, la conservación del medio ambiente mediante un sistema de pozas decantadoras. El tapón fue de concreto armado con una longitud de 31 metros (353 m<sup>3</sup>) que se ejecutó en 4 etapas.

En el mismo año se ha vaciado en el laboratorio Ancheta, Obras propias, donde se utilizó concreto con cenizas volantes para las distintas resistencias.



Figura 2.6 Decant Tunnel Antamina – Perú (2016)

Fuente: <http://www.canadianconsultingengineer.com/features/award-of-merit-antamina-tailings-facility/>

Entre el año 2003 y 2004 la empresa MIXERCON, ha vaciado por todo un año concreto con cenizas volantes en el pavimento de la avenida Canadá en Lima- Perú, entre otras obras que realizó todo ese año ya que lo usó para toda clase de estructuras, la adición de cenizas al concreto se dio entre el 8% y 10% de cenizas, se dejó de usar las cenizas por su variabilidad en composición química, su variación de carbón.



Figura 2.7 Pavimento Av. Canadá Lima – Perú (2004),  
Fuente: Propia.

## 2.2. PRINCIPIOS BÁSICOS Y REQUERIMIENTOS DE LA CENIZA VOLANTE EN CONCRETOS.

### 2.2.1. Propiedades en estado fresco.

#### 2.2.1.1. Trabajabilidad.

Es la facilidad con la que pueden mezclarse los materiales y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse, colocarse y compactarse sin perder la homogeneidad de la mezcla, es un método indirecto para medir la fluidez y consistencia del concreto se realiza por medio del ensayo del cono de Abrams.

La ceniza volante típicamente tiene un peso específico menor que el cemento. Por lo tanto, cuando la ceniza volante se utiliza para sustituir una parte del cemento en una unidad de volumen de concreto, la cantidad de pasta se incrementará. En muchos casos, las cenizas volantes se pueden utilizar como una adición o como un reemplazo. Esto dará lugar a un mayor aumento en volumen de pasta para un contenido de agua dado. Por lo general, este aumento de volumen de pasta produce un concreto con mayor plasticidad y una mejor cohesión.

Además, el aumento en el volumen de los finos de ceniza volante puede compensar agregado fino deficientes. Las cenizas volantes cambia el comportamiento del flujo de la pasta de cemento. La forma generalmente esférica de las partículas de ceniza volante normalmente permite que el agua en el concreto se reduzca sin afectar su trabajabilidad.

#### **2.2.1.2. Exudación.**

Es la elevación de parte del agua de la mezcla hacia la superficie, debido generalmente a la sedimentación de los agregados y del cemento, esto inicia después que se coloca la mezcla en el encofrado y dura hasta que empieza el fraguado. La exudación normal pero debe evitarse su exceso cuidando la relación agua/cemento de la mezcla.

El uso de cenizas volantes en las mezclas de concreto por lo general reduce la exudación, proporcionando una mayor superficie de partículas sólidas y que requieren un menor contenido de agua.

#### **2.2.1.3. Segregación.**

Es la descomposición mecánica de la mezcla de concreto en estado fresco en sus partes constituyentes (cuando el agregado grueso se separa del mortero). La segregación da lugar a concretos menos durables y más débiles.

La ceniza volante ayudan para que el concreto no presente segregación. Para las mezclas deficientes en los tamaños más pequeños de agregado fino o de bajo contenido en cemento, la adición de ceniza volante hará que el concreto o mortero se vuelva más cohesiva y menos propenso a la segregación y exudación. Además, la forma esférica de las

partículas de ceniza volante sirve para aumentar la trabajabilidad y facilita el bombeo por la disminución de la fricción entre las partículas del concreto.

#### **2.2.1.4. Tiempo de fraguado.**

Es la determinación del tiempo que pasa desde la adición del agua a la mezcla hasta que la mezcla pierde la viscosidad (fraguado inicial) donde la mezcla esta semidura y un poco hidratada, cuando la mezcla deja de deformarse con cargas relativamente pequeñas se vuelve rígida (tiempo de fragua final), el tiempo de fraguado nos da una idea de cuánto tiempo tenemos para disponible para mezclar, transportar, colocar, vibrar y apisonar el concreto, también el tiempo mínimo para transitar sobre ellos y para empezar a curar. Este ensayo se realizará con un penetrómetro.

El uso de cenizas volantes puede extender el tiempo de fraguado, se encontró que la clase F cenizas volantes retrasa el inicio de hidratación. Las características de fraguado del concreto se ven influidos por la temperatura ambiente y la temperatura del concreto; cemento tipo, el contenido de finos, contenido de agua. Cuando estos factores se les da la debida consideración en la dosificación mezcla de concreto. El efecto real de una ceniza volante dado en el tiempo de ajuste se puede determinar mediante el ensayo cuando se necesita una determinación precisa o por la observación cuando una determinación menos precisa es aceptable

#### **2.2.1.5. Temperatura.**

La temperatura influye en la calidad del concreto, en el tiempo de fraguado y resistencia del concreto, el concreto con temperatura Inicial alta, alcanzará posiblemente una

resistencia superior a normal a tempranas edades y más baja de lo normal a edades tardías, su calidad final del concreto disminuirá. Pero cuando las temperaturas iniciales son bajas desarrolla su resistencia a más lentamente, y finalmente tendrá más resistencia y será de mayor calidad.

La temperatura de concreto está en función a la ubicación de donde se realice la mezcla, ya que este va depender de las temperaturas iniciales de sus componentes como el cemento, agua, agregado grueso y agregado fino, obteniendo con el mezclado de sus componentes la temperatura final del concreto.

La temperatura con adición de cenizas volantes debería bajar a comparación de la temperatura ambiente.

#### **2.2.1.6. Peso unitario.**

Este ensayo nos ayuda a conocer la densidad del concreto en estado fresco, el rendimiento de la mezcla y el contenido de aire en la mezcla de concreto. Según norma ASTM C-138.

La densidad del concreto varía dependiendo de la fineza de las cenizas volantes, cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado o intencionalmente incluido, y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad.

Con las cenizas volantes el concreto aumenta su volumen de lechada por unidad de peso con menor cantidad de agua, esto mejora la densidad y aumenta la cohesión en la mezcla de concreto con menor exudación.

## 2.2.2. Propiedades en estado endurecido.

### 2.2.2.1. Resistencia a compresión.

Este ensayo la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, el esfuerzo a la compresión de la muestra es el cociente de la máxima carga obtenida entre el área de la sección transversal de la muestra. Cualquier desviación respecto a los procedimientos estándares dará como resultado una resistencia más baja.

La incorporación de la ceniza volante hace que el concreto presente resistencias menores a una edad temprana, pero a largo plazo las resistencias de las muestras con sustitución de cenizas volantes son mayores que las muestras con ausencia de cenizas volantes.

### 2.2.2.2. Reactividad potencial álcali-sílice

Este ensayo ayuda a determinar en parte la durabilidad del concreto endurecido que está expuesto al medio ambiente, a distintas temperaturas y a ataques por líquidos y gases de origen natural o industrial. Las sales en estado sólido no atacan al concreto, pero cuando se encuentran en solución pueden dañar el concreto endurecido, algunas arcillas contiene álcalis y sulfatos de calcio y de magnesio y al disolverse estas en el agua (pueden ser aguas freáticas) dan una solución de sulfatos y esto ataca al concreto. También la reacción alcalina es la degradación del concreto por la reacción química entre algunos minerales contenidos en los agregados y las sustancias alcalinas del cemento, estos absorben agua y generan una fuerza interna de expansión, por lo que el volumen del concreto aumenta.

Se usó el método de barra de concreto, este método intenta fabricar barras de concreto para conocer la

reactividad potencial de los agregados midiendo su tasa de expansión.

La mezcla de concreto con adición de cenizas volantes disminuye la permeabilidad y como las cenizas volantes tienen buenas propiedades puzolánicas fijan el hidróxido de calcio producto de la hidratación del cemento portland, esto garantiza mayor durabilidad respecto a la penetración de sulfatos solubles.

### **2.2.2.3. Contracción por secado.**

Durante su secado, el concreto se contrae. La contracción por secado es la disminución de volumen, provocada por la contracción de los golpes de cemento hidratado, como consecuencia de la evaporación del agua contenida en los canales capilares. La restricción del concreto da como resultado la figuración.

Con las cenizas volantes la contracción por secado disminuye, a medida que aumenta el porcentaje de adición.

### **2.2.3. Ensayos al concreto con el uso de ceniza volante.**

Se realizaron una serie de ensayos en estado fresco, teniendo como base un concreto patrón el cual no contiene nada de ceniza volante, a partir de ello se realizan los diseños con la sustitución de la ceniza volante en las cantidades de 10%, 20% y 30%, para determinar de esta manera si influye o cambia alguna propiedad del concreto en el estado fresco.

#### **2.2.3.1. Ensayo para determinar la temperatura.**

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 1064/C.
- NTP 339.184-2002.

**a. Objetivo:**

Determinar la temperatura de mezclas de concreto en estado fresco.

**b. Equipo utilizado:**

- Recipiente.
- Dispositivo para medición de temperatura.

**c. Preparación de la muestra:**

- La temperatura de la mezcla de concreto fresco puede medirse en el equipo de transporte si el sensor del dispositivo de medición de temperatura está rodeado por al menos de 75 mm (3 pulgadas) de concreto en todas las direcciones.

**d. Procedimiento del ensayo:**

- Colocar el dispositivo de medición de temperatura en la mezcla de concreto fresco, de tal modo que el sensor este sumergido un mínimo de 75 mm (3 pulgadas). Presionar levemente el concreto en la superficie alrededor del dispositivo de medición de temperatura ambiente no afecte la lectura.
- Dejar introducido el dispositivo medidor de temperatura en el concreto fresco por un mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice, y a continuación leer y registrar la temperatura.
- Completar la medición de temperatura dentro de los 5 minutos luego de haberse obtenido la muestra.
- Registrar la temperatura medida con una aproximación de 0.5 °C.

### 2.2.3.2. Ensayo para determinar el asentamiento (SLUMP).

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 143/143-2008.
- NTP 339.035:2009.

#### a. Objetivo:

Determinar el asentamiento del concreto de cemento portland, tanto en el laboratorio como en el campo.

#### b. Equipo utilizado:

- Cono de Abrams.
- Varilla compactadora.
- Dispositivo de medida.
- Cucharon.
- Mazo.
- Lámina de enrase (Platina).

#### c. Preparación de la muestra:

- Las muestras de concreto sobre la cual se realizan las pruebas deberán ser representativas de la tanda de concreto.

#### d. Procedimiento del ensayo:

- Se humedece el molde y se coloca sobre la superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda. El molde se fija firmemente en su lugar durante el llenado pisando las aletas o asegurando las abrazaderas a la placa de la base, manteniendo limpio el perímetro. con la muestra de concreto, se llena el molde vaciando el concreto en tres capas, de modo que cada capa corresponda a aproximadamente a la tercera parte del volumen del

molde. Se coloca el concreto en el molde usando el cucharón. El concreto se vacía moviendo el cucharón alrededor del perímetro del molde, para asegurar la distribución del concreto con la mínima segregación.

- Cada capa se compacta aplicando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección de la capa. En la capa inferior es necesario inclinar un poco de la barra y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro, acercándose progresivamente en espiral hacia el centro de la sección. La capa inferior se compacta en todo su espesor. La segunda capa y la capa superior se compacta a través de todo su espesor, procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.
- El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Si como el resultado de la operación de varillado hubiere una deficiencia material, se debe medir la cantidad suficiente para mantener un exceso de concreto sobre la parte superior del molde en todo momento. Luego se procede a enrasar rodando la barra compactadora sobre el borde superior del molde. Se continúa asegurando el molde firmemente contra la base y se elimina el concreto sobrante alrededor del molde para evitar interferencias con el movimiento del concreto que se asienta. Se retira inmediatamente el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. Se levanta el molde una altura 300 mm en  $5 \text{ s} \pm 2 \text{ s}$  con un movimiento ascendente firme, evitándose los movimientos laterales o torsionales. La operación completa desde el principio del llenado del

molde hasta su retiro se hará sin interrupción y en un tiempo no mayor de 2.5 min.

- Se mide inmediatamente el asentamiento, determinada por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado. En caso de que se presente una falla por corte, donde se aprecie una separación de una parte de la masa, este ensayo será desechado y debe realizarse uno nuevo con otra parte de la muestra.

### 2.2.3.3. Ensayo para determinar el contenido de aire.

Normas que rigen el ensayo:

- NTP 399.080:2011.
- ASTM C231/C231 M-10

#### a. Objetivo:

Esta Norma Técnica Peruana establece el método de ensayo para la determinación del contenido de aire del concreto fresco mezclado, a partir de la observación del cambio de volumen de concreto, con un cambio de presión.

#### b. Equipo utilizado:

- Medidor de aire.
- Cuchara.
- Plancha.
- Varilla de apisonamiento.
- Mazo.
- Lámina de enrase (Platina).
- Medidor de agua.

**c. Preparación de la muestra:**

- Se obtiene una muestra de concreto fresco, de acuerdo con los procedimientos aplicables de la NTP 339.036. Si el concreto contiene partículas de agregado grueso que pudieran retenerse en el tamiz de 50 mm, se tamiza en húmedo una cantidad suficiente de la muestra representativa sobre el tamiz 37.5 mm de acuerdo con la NTP 330.036, para producir una cantidad mayor de material que la necesaria para llenar el recipiente de medida del tamaño seleccionado para uso. El tamizado húmedo se realiza alterando lo menos posible el mortero. No se deberá intentar retirar el mortero adherido a las partículas gruesas de agregado retenido en el tamiz.

**d. Procedimiento del ensayo:**

- Se humedece el interior del recipiente de medida y se coloca sobre una superficie plana, nivelada y firme. Usando la cuchara se coloca una muestra representativa de concreto fresco, en el recipiente de medida, en capas iguales. Mientras se coloca el concreto en el recipiente, mover la cuchara alrededor del perímetro del recipiente abierto, para asegurar una distribución uniforme del concreto con una segregación mínima. Se compacta cada capa, posteriormente se enrasa la última capa compactada. se limpian completamente los bordes del recipiente y de la cubierta ensamblada, de tal forma que cuando la tapa se ajuste en su lugar, se obtenga un sello hermético, se ensambla el aparato. Se cierra la válvula principal de aire entre la cámara de aire y el recipiente de medida y se abren los dos grifos de la cubierta. Usando una pera de caucho, se inyecta agua por un grifo hasta que este

salga por el otro grifo. El medidor de aire se somete a vibración suave, hasta que todo el aire sea expelido por este mismo grifo. Se cierra la válvula de purga de aire en la cámara de aire y se bombea aire dentro de esta cámara hasta que la manecilla del manómetro este en la línea de presión inicial. Se deja pasar algunos segundos para que el aire comprimido se enfríe a la temperatura normal. La manecilla del manómetro se estabiliza en la línea de presión inicial bombeando o liberando aire, como sea necesario, golpea suavemente el manómetro con la mano. Se cierran ambos grifos en los huecos de la cubierta. Se abre la válvula de aire entre la cámara y el recipiente de medida. Se golpea vigorosamente los lados del recipiente de medida con el mazo, para quitar las restricciones locales. Se golpea suavemente el manómetro con la mano, para estabilizar la manecilla. **El porcentaje de aire se lee en la caratula del manómetro.** Descarga la válvula principal de aire. Si se cierra la válvula principal de aire antes de liberar la presión tanto del contenedor como de la cámara de aire, conllevara a que penetre agua a la cámara de aire, introduciendo así error en las siguientes mediciones.

#### 2.2.3.4. Ensayo para determinar el peso unitario.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 138 / C138M-2008
- NTP 339.046-2008

##### a. Objetivo:

Determina la densidad del concreto fresco y da las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento y el contenido de aire del concreto. El rendimiento se define

como el volumen de concreto producido con una mezcla de cantidades conocidas de los materiales componentes.

**b. Equipo utilizado:**

- Balanza.
- Varilla de compactación.
- Recipiente de medida.
- Mazo.
- Cuchara.

**c. Preparación de la muestra:**

- La muestra se obtiene de mezcla de concreto fresco de acuerdo con la NTP 339.036.

**d. Procedimiento del ensayo:**

- Colocar el concreto en el recipiente de medición usando la cuchara, se mueve la cuchara alrededor del perímetro interno del recipiente de medición para asegurar una distribución homogénea del concreto con segregación mínima.
- Colocar el concreto en tres capas de aproximadamente igual volumen. Apisonar cada capa con 25 golpes de la barra compactadora cuando se utilicen recipientes de medida nominal de 14 L o más pequeños; 50 golpes cuando se utilicen recipientes de medida nominal de 28 L y un golpe por cada 15 cm<sup>2</sup> de superficie para recipientes de medición más grandes. Apisonar la capa del fondo a través de todo su espesor pero evitando que la barra compactadora no golpee fuertemente el fondo del recipiente. Distribuir los golpes uniformemente sobre la sección transversal del recipiente y para la segunda y tercera capa, la barra compactadora debe penetrar

aproximadamente 25 mm en cada capa subyacente. Después de que cada capa ha sido apisonada se debe golpear con el mazo los lados del recipiente, 10 a 15 veces, usando la fuerza apropiada para cerrar cualquier poro causado por la barra de apisonado y eliminar las burbujas grandes de aire entrampadas. Agregar la última capa para evitar el sobrellenado.

- En la consolidación de la capa final, el recipiente de medición no debe contener un exceso sustancial o falta de concreto. Un exceso de concreto que sobresale aproximadamente 3 mm sobre el borde superior del recipiente se considera óptimo. Una cantidad pequeña de concreto puede agregarse para corregir la falta de material. Si el recipiente de medida contiene un gran exceso de concreto a la realización de consolidación de la capa final, quitar una porción representativa de concreto del exceso con una paleta o cucharón grande e inmediatamente realizar la consolidación antes de que el recipiente de medición sea golpeado por afuera.
- Después de la consolidación, se debe alisar y terminar suavemente la superficie de concreto del borde superior del recipiente con la placa plana de alisado que se usa con gran cuidado para dejar el recipiente de medida nivelado y lleno. Se logra un mejor terminado de la superficie presionando la placa de alisado sobre los 2/3 de la superficie del concreto del borde superior del recipiente de medida para cubrir y retirando la placa con un movimiento de sierra terminando solo el área originalmente cubierta. Luego coloque la palca en la cima de la medida, cubrir el original dos terceras partes de la superficie y continuar con la presión vertical y un movimiento serrando para cubrir la superficie entera de

la medida y continuar avanzando hasta que resbale completamente fuera de la medida. Varios golpes finales con el borde inclinado del plato producirán una superficie acabada lisa.

- Después de alisado de la superficie superior del recipiente se limpia todo el concreto| en exceso y adherido a las paredes exteriores del recipiente de medición.

#### e. Cálculos y resultados:

Datos:

- Densidad: calcular la masa neta del concreto en kilogramos substrayendo la masa del recipiente de medida,  $M_m$ , de la masa del recipiente de medida lleno de concreto,  $M_c$ , calcular la densidad,  $D$ , dividiendo la masa neta de concreto por el volumen de medida,  $V_m$  como sigue:

$$D = (M_c - M_m) / V_m.$$

#### 2.2.3.5. Ensayo para determinar la exudación.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 232:1999
- NTP 339.077-2003

#### a. Objetivo:

Determinar la cantidad relativa de agua de mezclado que puede ser exudada de una muestra de hormigón fresco.

#### b. Equipo utilizado:

- Bascula.

- Pipeta.
- Probeta graduada.
- Varilla compactadora.
- Recipiente metálico.
- Balanza.

**c. Preparación de la muestra:**

- El concreto elaborado en laboratorio con un tamaño máximo nominal hasta 50 mm (2 pulgadas).

**d. Procedimiento del ensayo:**

- Durante el ensayo, mantener la temperatura ambiente entre 18 °C y 24 °C. inmediatamente después de nivelar la superficie de la muestra, registrar la hora y determinar la masa del recipiente y su contenido. Colocar el recipiente y su contenido sobre una plataforma nivelada o sobre un piso libre de vibraciones y cubrir el recipiente, para evitar la evaporación de la exudación. Mantener cubierto el recipiente mientras dure el ensayo. Retirar (con la pipeta o un instrumento similar) el agua que se acumuló sobre la superficie a intervalos de 10 min durante los primeros 40 min, y luego a intervalos de 30 min hasta que cese la exudación.
- Para facilitar la extracción del agua de exudación, se inclina el recipiente cuidadosamente colocando un taco de aproximadamente 50 mm de espesor debajo de uno de los lados del recipiente 2 min antes de extraer el agua. Después que el agua haya sido extraída, se devuelve el recipiente a su posición original sin golpearlo. Después de cada extracción se transfiere el agua a la probeta graduada. Se anota la cantidad acumulada de agua exudada, el procedimiento de

extracción periódica puede ser omitido y la extracción se hará de una sola operación. Si se desea obtener el peso del agua exudada si inclusión de materias extrañas, se deberá decantar cuidadosamente el contenido del cilindro en el recipiente metálico. Determinar y registrar la masa del recipiente metálico y su contenido; luego secarlo a peso constante y registrar los resultados finales. La diferencia entre dos masas (D), es igual a la masa del agua de exudación.

**e. Cálculos y resultados:**

Datos:

Calcular el volumen del agua de exudación por unidad de área superficial V, como se indica a continuación:

$$V = V1/A$$

V1 = Volumen de agua exudada medida durante el intervalo de tiempo seleccionado, en mL.

A = Área expuesta del hormigón (concreto), cm<sup>2</sup>.

**2.2.3.6. Ensayo para determinar el tiempo de fragua**

Normas que rigen el ensayo:

- NTP 399.082:2011

**a. Objetivo:**

Determinar el fraguado del concreto, con revenimiento mayor que cero, por medio de la medida de la resistencia a la penetración de un mortero tamizado del concreto.

**b. Equipo utilizado:**

- Contenedores para especímenes de mortero.

- Agujas de penetración.
- Aparato de carga.
- Varilla compactadora.
- Pipeta.

**c. Preparación de la muestra:**

- Para los ensayos en condiciones de campo, se preparan especímenes de cada muestra.
- Para los ensayos en condiciones de laboratorio, los requerimientos dependerán del propósito de ensayos.
- Para la evaluación o aceptación del material, con requerimientos de rendimiento, se prepararán por lo menos 3 tandas separadas del concreto para cada variable a investigarse. Se efectuará el ensayo de tiempo de fraguado en cada una de las tandas. Hacer un número igual de tandas para cada variable de un determinado día. Cuando sea imposible desarrollar por lo menos un ensayo para cada variable en cualquier día, mezclar la serie completa en tan pocos días como sea posible y repetir una de las mezclas cada día como un patrón de comparación.
- Mezclar totalmente el mortero a mano sobre una superficie no absorbente. Medir y registrar la temperatura del mortero. Colocar el mortero en el contenedor o contenedores, en una sola capa. Consolidar el mortero para eliminar las burbujas de aire en la muestra y nivelar la superficie. Esto puede ser realizado balanceando el recipiente de atrás hacia adelante en una superficie sólida; mediante golpes a los lados del contenedor con la varilla compactadora o; colocando el contenedor en una mesa vibradora (Nota

2). Si se emplea la parte semiesférica de la varilla compactadora. Compactar uniformemente el mortero una vez por cada 645 mm<sup>2</sup> (1 pulg<sup>2</sup>) del área superficial. Después de completar la compactación golpear los lados del contenedor con la varilla compactadora para eliminar el aire y nivelar la superficie. Luego de completar la preparación del espécimen, la superficie del mortero deberá estar por lo menos 10 mm (1/2 pulgada) debajo de borde superior del contenedor para dejar un espacio para la colección y remoción del agua de exudación y evitar el contacto entre la superficie del mortero y la cubierta de protección.

- El mortero tamizado generalmente es de consistencia fluida y las burbujas de aire son fácilmente eliminadas por los métodos de consolidación.

#### **d. Procedimiento del ensayo:**

- Justo antes de realizar el ensayo de penetración, remover el agua de la superficie del mortero por medio de una pipeta o instrumento adecuado. Para facilitar la colección de agua de exudación, inclinar el espécimen cuidadosamente hasta formar un ángulo aproximadamente 10° con la horizontal, colocando un bloque bajo uno de los lados, 2 minutos antes de la remoción del agua.
- Dependiendo del grado de fraguado de la mezcla, insertar la aguja de medida apropiada en el aparato de resistencia a la penetración y poner la superficie de la aguja en contacto con la superficie del mortero.

- Gradual y uniformemente aplicar una fuerza vertical hacia abajo hasta que la aguja penetre en el mortero a una profundidad de  $25 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  (1 pulg  $\pm 1/16$  pulg) hasta la marca en la aguja.
- El tiempo requerido para la penetración de 25 mm deberá ser de  $10 \text{ s} \pm 2 \text{ s}$ . registrar la fuerza para producir esta penetración y el tiempo de aplicación, medido como el tiempo transcurrido después del contacto inicial del cemento con el agua; calcular la resistencia a la penetración dividiendo la fuerza entre el área de contacto de aguja y registrar la resistencia a la penetración. En las siguientes penetraciones evitar las áreas donde el mortero ha sido disturbado por los ensayos previos. La distancia entre impresiones será de al menos dos diámetros de la aguja que está siendo utilizada y en ningún caso menos de 15 mm. La distancia entre alguna impresión de la aguja y la pared de contenedor deberá ser por lo menos de 25 mm (1 pulgada), pero no más de 50 mm.
- Para mezclas de concreto convencionales, a temperatura de laboratorio de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , realizar la penetración inicial luego de transcurrido un tiempo de 3 horas a 4 horas, después de contacto inicial entre el cemento y el agua. Los siguientes ensayos se harán a intervalos de 0,5 horas a 1 hora. Para mezclas de concreto con aditivos aceleradores o a temperaturas más altas que las de laboratorio, es recomendable iniciar el ensayo dentro de 1 hora o 2 horas de transcurrido en tiempo en los siguientes intervalos de 0,5 horas. Para mezclas de concreto que contenga aditivos retardadores o a temperaturas más bajas que las del laboratorio, en el ensayo inicial podrá ser diferido

hasta que transcurra un tiempo de 4 horas a 6 horas. En todos los casos en intervalo entre las penetraciones podrá ajustarse como sea necesario, dependiendo de la velocidad de fraguado, para obtener el número requerido de penetraciones.

- Efectuar por lo menos 6 penetraciones por cada ensayo de tiempo de fraguado, con intervalos de tiempo de duración adecuada como para obtener una curva satisfactoria de resistencia a la penetración versus tiempo transcurrido. Continuar el ensayo hasta que la resistencia a la penetración sea de por lo menos 27,6 MPa (4000 psi).

#### **2.2.3.7. Determinación de la reactividad potencial alcali-silice de combinaciones de materiales cementantes y agregados.**

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C -1567

##### **a. Objetivo:**

Este método de ensayo permite la detección, dentro de 16 días, de la reacción potencial perjudicial álcali-silice de las combinaciones de materiales cementantes y agregados en las barras de mortero. Los materiales cementantes se componen de varias proporciones de cemento hidráulico, puzolanas y escoria granulada de alto horno molida.

##### **b. Equipo utilizado:**

- El aparato para la determinación del cambio de longitud debe estar de acuerdo con la norma ASTM C 490.

- Tamices.
- La mezcladora, paleta y el recipiente de mezclado deben cumplir con los requisitos de la práctica ASTM C 305.
- Apisonador y espátula.
- Recipientes de almacenaje de las barras.
- Un horno de convección o un baño de agua provisto de un control de temperatura que mantenga la temperatura a  $80.0 \pm$ .
- Solución de hidróxido de sodio.
- Agua destilada.

**c. Preparación de la muestra:**

Cuando se propone un material dado de cantera para ser usado como agregado grueso y como agregado fino, se ensaya solamente una selección del agregado fino, a menos que haya una razón suficiente para sospechar que el agregado grueso tiene una composición diferente que el agregado fino. Si tal diferencia es esperada y si tales diferencias pueden afectar significativamente la expansión debida a la reacción con los álcalis del cemento o debidos al medio ambiente de servicio, se debe ensayar el agregado grueso en forma similar a la empleada para el agregado fino. Todos los agregados deben graduarse para proporcionar una muestra que llene los requisitos dados en el cuadro No.1. Los agregados que no tengan las suficientes cantidades de material de los tamaños especificados en el cuadro No.1, deben ser triturados hasta que el material requerido haya sido producido. En el caso de agregados que contengan cantidades insuficientes de uno o más tamaños más grandes listados en el cuadro No. 1, y para los que no haya tamaños más grandes disponibles para trituración, el primer tamaño para el cual

haya suficiente material disponible, deberá contener el porcentaje acumulativo de material hasta ese tamaño, como se determine de la graduación indicada en el cuadro No.1. Cuando son requeridos estos procedimientos, debe hacerse una anotación específica en el informe del ensayo. Después de que el agregado haya sido separado en los varios tamaños de tamiz señalados, se lava cada fracción de tamaño con un rociado de agua sobre el tamiz, para remover polvo adherido y partículas finas del agregado. Luego se secan las porciones retenidas en los varios tamices y a menos que se usen de inmediato se almacena cada fracción individualmente en un recipiente de almacenaje limpio provisto de una tapa de cierre hermético.<sup>5</sup>

CUADRO 1 – Requisitos de graduación de los agregados

<u>Tamaño de Tamiz</u>		
<u>Pasa</u>	<u>Retenido en</u>	<u>Masa,%</u>
4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No.8)	10
2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)	25
1.18 mm (No. 16)	600 $\mu$ m (No. 30)	25
600 $\mu$ m (No. 30)	300 $\mu$ m (No.50)	25
300 $\mu$ m (No. 50)	150 $\mu$ m (No. 100)	15

Fuente: Norma ASTM C -1567

#### d. Procedimiento del ensayo:

- Deben hacerse por lo menos tres especímenes para cada combinación de materiales cementantes-agregado.
- Se preparan los moldes de los especímenes de acuerdo con los requisitos de la práctica ASTM C 490, excepto que las superficies interiores de los

<sup>5</sup> Norma técnica ASTM C - 1567, pag 10.

moldes, se deben recubrir con un agente desmoldante. Un agente desmoldante será aceptable si sirve como un agente separador sin afectar el tiempo de fraguado del cemento y sin dejar cualquier residuo que pueda inhibir la penetración de agua en el espécimen.

- Se proporcionan los materiales secos para el mortero de ensayo, usando 1 parte de materiales cementantes (cemento hidráulico más puzolana o escoria granulada de alto horno molida) a 2.25 partes de agregado graduado, por masa, para agregados con una densidad relativa seca al horno de o mayor de 2.45. Para agregados con una densidad relativa seca al horno menor que 2.45 se determina la proporción de agregado como sigue:

Proporción de agregado =  $2.25 \times D / 2.65$  donde:

D = la densidad relativa seca al horno del agregado.

- Los especímenes de ensayo se moldean dentro de un tiempo total no mayor de 2 min y 15 s después de haber completado el mezclado original de la amasada de mortero. Se llenan los moldes en dos capas aproximadamente iguales compactando cada capa con el apisonador. Se debe trabajar el mortero en las esquinas, alrededor de los tornillos de contacto de los extremos y a lo largo de las superficies del molde, usando el apisonador hasta que se obtenga un espécimen homogéneo. Después de que la capa superior haya sido compactada, cortar a ras del tope del molde la rebaba de mortero y alisar la superficie con algunas pasadas de la espátula.

- Se coloca cada molde en el gabinete o el cuarto de curado, inmediatamente después de que haya sido llenado. Los especímenes deben permanecer en los moldes por  $24 \pm 2h$ . Luego se sacan los especímenes de los moldes, y mientras se les protege de la pérdida de humedad se les identifica y se hace una lectura inicial con el comparador de longitud. Esta lectura inicial y todas las demás lecturas subsecuentes se hacen con una aproximación al más cercano  $0.002 \text{ mm}$ . Se colocan los especímenes hechos de cada muestra de agregado en un recipiente de almacenaje con suficiente agua potable para que queden totalmente sumergidos. Se sellan y se colocan los recipientes de almacenaje en un horno de convección o en un baño de agua mantenidos a una temperatura de  $80 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$  por un período de  $24h$ .
- Se saca los recipientes de almacenaje del horno de convección o del baño de agua, de uno en uno a la vez. Se sacan los otros recipientes de almacenaje solo hasta que las barras del primer recipiente de almacenaje hayan sido medidas y retornadas al horno o al baño de agua. El tiempo transcurrido entre la sacada y el retorno de los especímenes al horno o al baño de agua no debe exceder de  $10 \text{ min}$ . Las barras deben sacarse una a la vez del agua y debe secarse con una toalla poniendo especial atención a los dos tornillos de contacto de los extremos. Se toma la lectura cero de cada barra, inmediatamente después que ha sido secada y se hace la lectura tan pronto las barras hayan sido colocadas en el aparato medidor. Se completa el proceso de secado y de lectura dentro de los  $15 \pm 5 \text{ s}$  después de haber sido sacado del agua el espécimen. Después de hacer las lecturas, se deja el espécimen en

una toalla, hasta que todas las lecturas comparativas hayan sido hechas sobre las restantes barras. Luego se colocan todos los especímenes hechos con cada única combinación de materiales cementantes-agregado, en un recipiente separado de almacenaje de muestras, con suficiente solución 1N NaOH, a  $80 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$  para que los especímenes queden totalmente sumergidos. Se sella el recipiente de almacenaje y se regresa al horno de convección o al baño de agua.

- Se deben realizar lecturas subsecuentes comparativas de los especímenes periódicamente, con por lo menos tres lecturas intermedias por el período de 14 días después de realizar la lectura cero, y aproximadamente a la misma hora cada día. Si las lecturas se continúan más allá del período de 14 días, se recomienda tomar por lo menos una lectura por semana. El procedimiento es idéntico al descrito en el punto anterior. Excepto que los especímenes se retornan a su propio recipiente de almacenaje después de cada medición.

#### **2.2.3.8. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto.**

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 39/C39M-05e1.
- NTP 339.034:2008.

##### **a. Objetivo:**

Determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones diamantinas de concreto.

##### **b. Equipo utilizado:**

- Máquina de ensayo.

- Platina de apoyo suplementaria.

**c. Procedimiento del ensayo:**

- Los ensayos de compresión de especímenes curados en aire húmedo deben ser hechos tan pronto como sea práctico después de sacarlos del almacenamiento húmedo.
- Los especímenes de ensayo deben ser mantenidos húmedos por cualquier método conveniente durante el período entre que se sacan del almacenamiento húmedo y el ensayo. Deben ser ensayados en condición húmeda.
- Colocación del Especímen. Coloque el bloque de apoyo plano (inferior), con su cara endurecida hacia arriba, sobre la mesa o platina de la máquina de ensayo directamente debajo del bloque de apoyo de asiento esférico (superior). Limpiar las caras de apoyo de los bloques de apoyo superior e inferior y del espécimen de ensayo y coloque el espécimen de ensayo sobre el bloque de apoyo inferior. Alinear cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de empuje del bloque de asiento esférico. Verificación de Cero y Asentamiento del Bloque. Previo al ensayo del espécimen, verificar que el indicador de carga esté colocado en cero. En los casos en los que el indicador no está adecuadamente colocado en cero, ajuste el indicador. Después de colocar el espécimen en la máquina, pero previo a aplicarle la carga, incline manualmente y suavemente la parte móvil del bloque de asiento esférico, de modo que su cara de asiento quede paralela al tope del espécimen de ensayo. NOTA: La técnica usada para verificar y

ajustar el indicador de carga a cero variará dependiendo del fabricante de la máquina.

- Velocidad de Carga. Aplicar la carga continuamente y sin impacto. La velocidad de movimiento requerida dependerá del tamaño del espécimen de ensayo, del módulo elástico del concreto, y de la rigidez de la máquina de ensayo. La velocidad de carga mayor debe ser aplicada de manera controlada de modo tal que el espécimen no esté sometido a una carga de impacto. No haga ajustes en la velocidad de movimiento (desde la platina a la cruceta) cuando está siendo alcanzada la carga última y la velocidad de esfuerzo decrece debido a fisuración en el espécimen.
- Aplicar la carga de compresión hasta que el indicador de carga muestre que la carga está decreciendo progresivamente y el espécimen muestre un patrón de fractura bien definido. Para una máquina de ensayo equipada con un detector de rotura de espécimen, está prohibido el apagado automático de la máquina de ensayo hasta que la carga haya caído a un valor que sea menor que el 95 % de la carga pico. Continuar comprimiendo el espécimen hasta que el usuario esté seguro de que se ha alcanzado la capacidad última

#### **d. Cálculos:**

- Calcular la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo por el promedio del área de la sección transversal determinado.

### 2.2.3.9. Determinación del cambio de longitud del mortero y del concreto de cemento hidráulico, endurecidos.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C511.
- ASTM C1005.

#### a. Objetivo:

Esta práctica cubre los requisitos para el comparador de longitud y equipo complementario usado para la preparación de especímenes para la determinación del cambio de longitud de pasta de cemento, mortero y concreto, endurecidos. También establece los procedimientos para su uso.

#### b. Equipo utilizado:

- Moldes.
- Comparador de longitud.
- Barra de referencia.

#### c. Preparación de la muestra:

- **Especímenes de concreto** – El espécimen de ensayo para concreto en el que todo el agregado pasa el tamiz de 50mm (2 pulg) debe ser un prisma con una sección transversal cuadrada de 100 mm (4 pulg) de lado y de longitud aproximada de 285 mm (11 ¼ pulg). Sin embargo, si todo, el agregado pasa el tamiz de 25 mm (1pulg), debe usarse un prisma de una sección cuadrada de 75 mm (3 pulg) de lado. Para cada condición de ensayo, deben prepararse tres especímenes. Dado que el cambio de longitud puede ser afectado por el tamaño del espécimen, los especímenes a ser comparados deben tener las

mismas dimensiones y cualquier límite en la especificación basada en este método debe aplicarse al tamaño específico del espécimen.

- Se coloca el concreto en el molde en dos capas aproximadamente iguales, se consolida cada capa mediante varillada. El mismo método de consolidación debe usarse para todos los especímenes a ser comparados. Además, cuando se esté colocando la capa superior, se debe trabajar el concreto con los dedos alrededor de cada perno de calibración. La capa superior debe sobrepasar ligeramente el molde. Después de que la consolidación haya terminado se elimina el exceso de material con ayuda de una regla recta metálica. Tan pronto se complete la operación de moldeado, y para evitar cualquier traba de los pernos de calibración durante la contracción inicial del espécimen, se afloja en cada extremo del molde el dispositivo que sostiene los pernos de calibración en su lugar.
- Los especímenes se remueven de los moldes a una edad de  $23 \frac{1}{2} \pm \frac{1}{2}h$  después de haber agregado el agua al cemento durante la operación de mezclado. Para evitar daños a los especímenes cuando se remueven de los moldes, puede ser necesario, especialmente en los casos de ciertos cementos de fraguado lento, dejar a los especímenes en los moldes por más de 24h. En estos casos, el curado húmedo debe extenderse y todos los especímenes a compararse unos con otros deben someterse a las mismas condiciones de curado en húmedo y las lecturas iniciales con el comparador de longitud, deben hacerse dentro de  $\pm \frac{1}{2} h$  de la misma edad. Se permite el uso del dispositivo de desmolde para remover los especímenes de sus moldes sin

causar golpes o sacudidas y con especial cuidado de no ejercer presión directamente a los pernos de calibración. Durante esta operación, el sostenedor de los pernos de calibración debe permanecer adherido a dichos pernos. Las marcas sobre los especímenes para identificación o posicionamiento, deben ser hechas únicamente por grafito aplicado ya sea por un lápiz suave o mediante un líquido que deposite grafito sin adherirse o con tinta impermeable indeleble. Una vez los especímenes se remueven de los moldes, y antes de medir su longitud, se deben colocar en agua saturada de cal a una temperatura de  $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  ( $73 \pm 1^{\circ}\text{F}$ ) por un mínimo de 15 min para especímenes de sección transversal cuadrada de 25 mm (1 pulg) de lado o de un mínimo de 30 min en el caso de especímenes de sección transversal cuadrada de 75 mm (3 pulg) de lado o de 100mm (4 pulg) de lado. Este procedimiento minimiza las variaciones de longitud debidas a los cambios de temperatura. Luego de  $24 \text{ h} \pm \frac{1}{2} \text{ h}$  de haber agregado el agua al cemento durante la operación de mezclado se remueven los especímenes del depósito de agua, uno por uno, secándolos con un paño húmedo y se les hace inmediatamente la lectura de comparación inicial.

- Después de la lectura de comparación inicial, los especímenes se almacenan en agua saturada de cal a una temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  ( $73 \pm 3^{\circ}\text{F}$ ) hasta que alcancen una edad de 28 días incluyendo el período en los moldes. Al final del periodo de curado, se les hace una segunda lectura de comparación después de que los especímenes se lleven a una temperatura más controlada, como se hizo antes de la primera lectura como se describe en el punto anterior.

- Luego se realiza la medición al final del período de curado, se almacenan los especímenes en el cuarto de secado, de tal forma que estos tengan un espacio libre mínimo de 25 mm (1 pulg) por todos lados. Se toman lecturas de comparador de cada espécimen cuando estos hayan alcanzado la edad incluyendo el período de curado, de 4, 7, 14 y 28 días, y después de 8, 16, 32 y 64 semanas preferiblemente estas lecturas deben tomarse en un cuarto que se mantenga a una humedad relativa de  $50 \pm 4\%$ , mientras los especímenes están a una temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  ( $73 \pm 3^{\circ}\text{F}$ ).

#### **d. Procedimiento del ensayo:**

- Para la lectura de referencia tomada, colocar la barra de referencia en el comparador con la marca de posición en la misma orientación. Con la barra en el comparador, rotarla despacio por lo menos una revolución, mientras la lectura se está tomando. Registrar la lectura mínima (más baja). Se monitorea y se registra la temperatura del cuarto donde está el comparador. Se usa la barra de referencia cuando la diferencia de temperatura es mayor de  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$  respecto al uso previo del comparador de longitud, y por lo menos al iniciar y al finalizar las lecturas de los especímenes de ensayo, cada medio día.
- Los especímenes deben ser rotados despacio en el comparador de longitud, mientras se toma su lectura. Se debe registrar la mínima lectura del cuadrante si la rotación causa un cambio en su lectura. Se deben colocar los especímenes en el comparador con el mismo extremo hacia arriba cada vez que se toma una lectura de cambio de longitud.

**e. Cálculos:**

- Se calcula el cambio de longitud a cualquier edad como sigue:

$$L = \frac{Lx - Li}{G} \times 100$$

- L : Cambio de longitud a una edad x, %
  - Lx : Lectura de comparador del espécimen a una edad x menos la lectura de la barra de referencia a la edad x; en mm.
  - Li : Lectura de comparador inicial del espécimen, menos la lectura de la barra de referencia al mismo tiempo; en mm.
  - G : Longitud de base que es de 250mm.
- Se calculan los cambios de longitud para cada espécimen al más cercano 0.001% y se informan los promedios al más cercano 0.01%.



# **CAPITULO 3: DISEÑO DE MEZCLAS**

### 3.1. INTRODUCCIÓN.

En el presente capítulo se desarrolla los ensayos para hallar las propiedades físicas de los agregados gruesos y finos, como también los diseños de mezclas utilizados para la respectiva dosificación del concreto.

### 3.2. ESTUDIO DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO CON CENIZA VOLANTE.

#### 3.2.1. Cemento.

El cemento es un material pulverizado, que combinado con el agua forman una pasta capaz de endurecer.

En el Perú existen varios tipos de cementos los cuales son especificados según la norma NTP. 334.009, y ASTM C-150-99, los que se utilizaron en la presente tesis fueron las siguientes.

Tipo IP: De uso general y sin propiedades especiales.

Tipo V: De alta resistencia al ataque de sulfatos.

La norma ASTM-C-595-00 especifica las características de los cementos adicionados, los que contienen además de los compuestos mencionados, escoria y puzolana, que modifican el comportamiento. Entre los tipos de cementos y porcentaje añadido tenemos el siguiente:

Tipos IP, entre el 15% y 40% en peso de puzolana.

El tipo de cemento utilizado en la presente investigación es: **CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP y YURA TIPO V**", el cual cumple con las normas NTP 334.090 y la norma ASTM C-595, como se indica en su respectiva ficha técnica emitida por Cementos Yura SA. (Anexo 01).

De lo cual el dato más importante, es el Peso Específico que nos servirá para realizar los diseños de mezclas más adelante.

- Peso Específico Cemento Portland Puzolánico Yura Tipo IP:  $2.85 \text{ gr/cm}^3$  equivalente a  $2850 \text{ Kg/m}^3$ .
- Peso Específico Cemento Portland Yura Tipo V:  $3.15 \text{ gr/cm}^3$  equivalente a  $3150 \text{ Kg/m}^3$ .

### 3.2.2. Agregado fino.

Se define como agregado fino, al agregado proveniente de la desintegración natural o artificial de rocas, que pasa el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumpla con los límites establecidos en la Norma NTP 400.37.

La procedencia del Agregado fino utilizado para la presente investigación es de la cantera "La Poderosa" – Arequipa.

Los ensayos de las propiedades del agregado fino se realizaron en el laboratorio de la empresa "SUPER MIX S.A."

#### 3.2.2.1. Contenido de humedad del agregado fino.

Los procedimientos para realizar el ensayo de contenido humedad del agregado fino se realizaron según las normas vigentes como son:

- ASTM. C 566
- MTC. E 108-200
- NTP. 339.185-2002

**a. Cálculos y resultados:**

Datos:

Muestra	Ag. Húmedo + Recipiente	Ag. Seco + Recipiente	Peso del Recipiente	% Humedad
1	683.45	661.11	168.47	4.53
2	640.25	620.05	170.84	4.50
3	668.45	646.77	169.84	4.55
<b>Promedio</b>	664.05	642.64	169.72	4.53

Tabla 3.1 Datos del agregado fino para obtener el contenido de humedad.

Cálculo:

$$\text{Humedad \%} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso seco}} * 100$$

$$\text{Humedad \%} = \frac{664.05 - 642.64}{642.64} * 100$$

$$\text{Humedad \%} = 4.53 \%$$

**3.2.2.2. Análisis granulométrico del agregado fino.**

Normas que rigen el ensayo.

- ASTM. C 136
- MTC. E 204-200
- NTP. 400.037-2002

**a. Cálculos y resultados:**

Datos:

GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO				
Cantera: "LA PODEROSA"		Peso inicial de la muestra: 1030.00 gr.		
Malla	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
# 4	28.12	2.73	2.73	97.27
# 8	140.25	13.62	16.35	83.65
# 16	235.23	22.84	39.20	60.80
# 30	227.60	22.10	61.30	38.70
# 50	179.00	17.38	78.68	21.32
# 100	122.76	11.92	90.61	9.39
# 200	60.23	5.85	96.46	3.54
Fondo	36.50	3.54	100.00	0.00
<b>Total</b>	<b>1029.69</b>			
<b>Modulo de Fineza:</b>			<b>2.89</b>	

Tabla 3.2 Datos para hallar la granulometría del agregado fino.

Parámetros NTP 400.037 (% pasante)				Cantera
Abertura	Tamiz	Inferior	Superior	La poderosa
9.50 mm	3/8"	100.00	100.00	100.00
4.75 mm	# 4	95.00	100.00	97.27
3.36 mm	# 8	80.00	100.00	83.65
1.18 mm	# 16	50.00	85.00	60.80
0.60 mm	# 30	25.00	60.00	38.70
0.30 mm	# 50	5.00	30.00	21.32
0.15 mm	# 100	0.00	10.00	9.39
0.075 mm	# 200	0.00	0.00	3.54

Tabla 3. 3Parámetro inferior y superior de la granulometría del agregado fino.

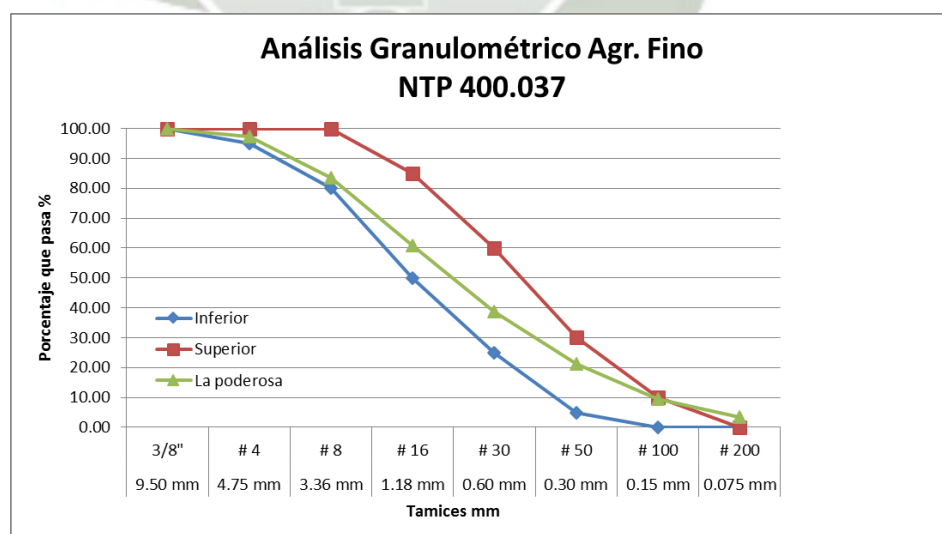


Figura 3. 1 Vista de la granulometría del agregado fino con los parámetros según la norma NTP 400.037.

### 3.2.2.3. Peso unitario suelto y compactado agregado fino.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 29
- MTC E 203-2000
- NTP 400.017:2011

#### a. Cálculos y resultados:

##### Peso unitario suelto agregado fino.

Cálculo del volumen del Proctor.

$$V = \left( \frac{\pi * D^2}{4} \right) * H = V = m^3$$

Vol. del proctor 1/10 pie <sup>3</sup>			
Altura	H=	0.1550	m
Diámetro	D=	0.1525	m
<b>Volumen</b>	<b>V=</b>	<b>0.00283</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Figura 3. 2 Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado fino.

Cálculo del peso suelto del agregado.

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO			
Cantera: "LA PODEROSA"		Vol. del proctor 1/10 pie <sup>3</sup>	
Muestra	Peso Fino+Proctor	Peso Proctor	Peso Fino (Kg.)
1	6.437	1.725	4.712
2	6.434	1.725	4.709
3	6.438	1.725	4.713
<b>Promedio</b>	<b>6.436</b>	<b>1.725</b>	<b>4.711</b>

Tabla 3.5. Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado fino.

Cálculo del peso unitario suelto.

$$P.U.S. = \frac{(P.suelto - P.recipiente)}{Volumen} = P.U.S. = kg / m^3$$

$$P.U.S. = 1664.11kg / m^3$$

**Peso unitario compactado agregado fino.**

Cálculo del volumen del Proctor.

$$V = \left( \frac{(\pi * D^2)}{4} \right) * H = V = m^3$$

Vol. del proctor 1/10 pie <sup>3</sup>			
Altura	H=	0.1550	m
Diámetro	D=	0.1525	m
<b>Volumen</b>	<b>V=</b>	<b>0.00283</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Tabla 3.4 Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado fino.

Cálculo del peso compactado del agregado.

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO			
Cantera: "LA PODEROSA"		Vol. del proctor 1/10 pie <sup>3</sup>	
Muestra	Peso Fino+Proctor	Peso Proctor	Peso Fino (Kg.)
1	7.058	1.725	5.333
2	7.061	1.725	5.336
3	7.059	1.725	5.334
<b>Promedio</b>	<b>7.059</b>	<b>1.725</b>	<b>5.334</b>

Tabla 3.7. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado fino.

Cálculo del peso unitario compactado.

$$P.U.C. = \frac{(P.suelto - P.recipiente)}{Volumen} = P.U.C. = kg/m^3$$

$$P.U.C. = 1884.16 kg/m^3$$

### 3.2.2.4. Eso específico y absorción del agregado fino.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 128
- MTC E 205-2000
- NTP 400.022 2002

#### a. Cálculos y resultados:

Datos:

$W_o$  : Peso de la muestra secada en el horno, gramos.

$V$  : Volumen del frasco en  $cm^3$ .

$V_a$  : Peso en gramos o volumen en  $cm^3$  de agua añadida en el frasco.

<b><math>W_o</math></b>	491.11	<b>gr.</b>
<b><math>V</math></b>	500	<b><math>cm^3</math></b>
<b><math>V_a</math></b>	312.34	<b>gr.</b>

Tabla 3.5 Datos para el cálculo del peso específico del agregado fino.

Cálculo:

- Peso específico de masa (Pem).

$$Pem = \frac{W_o}{(V - V_a)}$$

$$Pem = \frac{491.11}{500 - 312.34}$$

$$Pem = 2617.02 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico de masa saturado con superficie seca (PeSSS).

$$PeSSS = \frac{500}{V - V_a}$$

$$PeSSS = \frac{500}{500 - 312.34}$$

$$PeSSS = 2664.39 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico aparente (Pea).

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

$$Pea = \frac{491.11}{(500 - 312.34) - (500 - 491.11)}$$

$$Pea = 2747.16 \text{ kg/m}^3$$

- Absorción (ab).

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100$$

$$Ab = \frac{500 - 491.11}{491.11} * 100$$

$$Ab = 1.81\%$$

### 3.2.2.5. Ensayo de impurezas orgánicas de agregado fino.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 40
- MTC E 213-2000
- NTP 400.013-2002

**a. Cálculos y resultados:**



Figura 3. 3 Vista de la comparación de impurezas orgánicas con del Patrón Gardner #11 para el agregado fino.

Resultado: El nivel que tiene nuestro agregado sobre impurezas inorgánicas es de 1, eso significa que nuestro agregado no contiene impurezas inorgánicas.

**3.2.3. Agregado grueso.**

Se define como agregado grueso a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de rocas, que son retenidas en el tamiz 4.75 mm (No. 4) y que cumplen con los límites establecidos en la Norma NTP 400.37.

La procedencia del Agregado grueso utilizado para la presente investigación es de la cantera “La Poderosa” – Arequipa.

**3.2.3.1. Contenido de humedad del agregado grueso.**

Normas que rigen el ensayo

- ASTM. C 566
- MTC. E 108-200
- NTP. 339.185-2002

**a. Cálculos y resultados:**

Datos:

Muestra	Ag. Húmedo + Recipiente	Ag. Seco + Recipiente	Peso del Recipiente	% Humedad
1	1234.48	1222.71	264.45	1.23
2	1178.25	1167.31	257.48	1.20
3	1135.14	1124.51	269.87	1.24
<b>Promedio</b>	1182.62	1171.51	263.93	1.22

Tabla 3. 6 Datos del agregado grueso para obtener el contenido de humedad.

Cálculo:

$$\text{Humedad \%} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso seco}} * 100$$

$$\text{Humedad \%} = \frac{1182.62 - 1171.51}{1171.51} * 100$$

$$\text{Humedad \%} = 1.22 \%$$

**3.2.3.2. Análisis granulométrico del agregado grueso.**

Normas que rigen el ensayo

- ASTM. C 136
- MTC. E 204-200
- NTP. 400.037-2002

**a. Cálculos y resultados:**

Datos:

GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO				
Cantera: "LA PODEROSA"		Peso inicial de la muestra: 3000.00 gr.		
Malla	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
1"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	206.10	6.87	6.87	93.13
1/2"	1729.14	57.64	64.51	35.49
3/8"	689.24	22.98	87.49	12.51
1/4"	304.89	10.16	97.65	2.35
# 4	40.98	1.37	99.02	0.98
Fondo	29.47	0.98	100.00	0.00
<b>Total</b>	<b>2999.82</b>			
<b>Modulo de Fineza:</b>		<b>6.934</b>		
<b>Tamaño Nominal Máximo:</b>		<b>3/4"</b>		

Tabla 3. 7 Datos para hallar la granulometría del agregado grueso.

Parámetros NTP 400.037 (% pasante)				Cantera
Abertura	Tamiz	Inferior	Superior	La poderosa
24.5mm	1"	100.00	100.00	100.00
19.0 mm	3/4"	90.00	100.00	93.13
12.5 mm	1/2"	20.00	55.00	35.49
9.50 mm	3/8"	0.00	15.00	12.51
6.30 mm	1/4"	0.00	5.00	2.35
4.75 mm	# 4	0.00	0.00	0.98

Tabla 3. 8 Parámetros de la curva granulometría del agregado grueso – Uso 67.

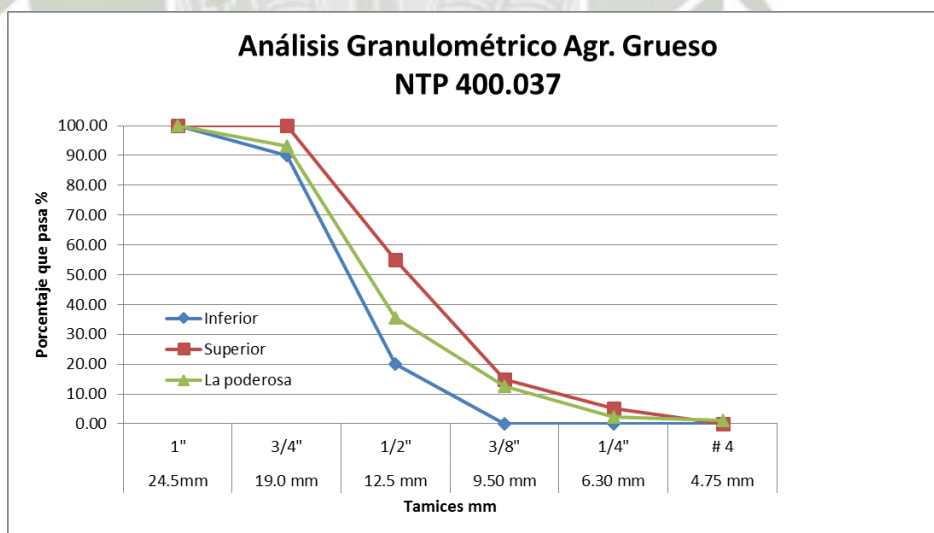


Figura 3.3. Vista de la granulometría del agregado grueso con los parámetros según la norma NTP 400.037 – Uso 7.

### 3.2.3.3. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 29
- MTC E 203-2000
- NTP 400.017:2011

#### a. Cálculos y resultados:

##### Peso unitario suelto agregado grueso.

Cálculo del volumen del Proctor.

$$V = \left( \frac{(\pi * D^2)}{4} \right) * H = V = m^3$$

Vol. del proctor 1/3 pie <sup>3</sup>			
Altura	H=	0.2920	m
Diámetro	D=	0.2030	m
<b>Volumen</b>	<b>V=</b>	<b>0.00945</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Tabla 3. 9 Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso.

Cálculo del peso suelto del agregado.

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO			
Cantera: "LA PODEROSA"		Vol. del proctor 1/3 pie <sup>3</sup>	
Muestra	Peso Fino+Proctor	Peso Proctor	Peso Fino (Kg.)
1	18.898	5.206	13.692
2	18.896	5.206	13.690
3	18.899	5.206	13.693
<b>Promedio</b>	<b>18.898</b>	<b>5.206</b>	<b>13.692</b>

Tabla 3. 10 Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso.

Cálculo del peso unitario suelto.

$$P.U.S. = \frac{(P.suelto - P.recipiente)}{Volumen} = P.U.S. = kg/m^3$$

$$P.U.S. = 1448.74 kg/m^3$$

**Peso unitario compactado agregado grueso.**

Cálculo del volumen del Proctor.

$$V = \left( \frac{(\pi * D^2)}{4} \right) * H = V = m^3$$

Vol. del proctor 1/3 pie <sup>3</sup>			
Altura	H=	0.2920	m
Diámetro	D=	0.2030	m
<b>Volumen</b>	<b>V=</b>	<b>0.00945</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Tabla 3. 11 Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso.

Cálculo del peso compactado del agregado.

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO			
Cantera: "LA PODEROSA"		Vol. del proctor 1/3 pie <sup>3</sup>	
Muestra	Peso Fino+Proctor	Peso Proctor	Peso Fino (Kg.)
1	20.851	5.206	15.645
2	20.849	5.206	15.643
3	20.847	5.206	15.641
<b>Promedio</b>	<b>20.849</b>	<b>5.206</b>	<b>15.643</b>

Tabla 3. 12 Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso.

Cálculo del peso unitario compactado.

$$P.U.C. = \frac{(P.suelto - P.recipiente)}{Volumen} = P.U.C. = kg/m^3$$

$$P.U.C. = 1655.22 kg/m^3$$

### 3.2.3.4. Peso específico y absorción del agregado grueso.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 127
- MTC E 206-2000
- NTP 400.021 2002

#### a. Cálculos y resultados:

Datos:

A: Peso de la muestra seca en gramos.

B: Peso de la muestra saturada con superficie seca, en gramos

C: Peso sumergido en agua de la muestra saturada, en gramos

<b>A</b>	2354.31	<b>gr.</b>
<b>B</b>	2369.84	<b>gr.</b>
<b>C</b>	1510.04	<b>gr.</b>

Tabla 3.13 Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso.

Cálculo:

- Peso específico de masa seca.

$$P_{em} = \frac{A}{B - C}$$

$$P_{em} = \frac{2354.31}{2369.84 - 1510.04}$$

$$P_{em} = 2738.21 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico saturado superficialmente seco.

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

$$PeSSS = \frac{2369.84}{2369.84 - 1510.04}$$

$$PeSSS = 2756.27 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico aparente (Pea).

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

$$Pea = \frac{2354.31}{2369.87 - 1510.04}$$

$$Pea = 2788.57 \text{ kg/m}^3$$

- Absorción (ab).

$$Ab = \frac{B - A}{A} * 100$$

$$Ab = \frac{2369.84 - 2354.31}{2354.31} * 100$$

$$Ab = 0.66 \%$$

### 3.2.3.5. Resistencia a la abrasión y al desgaste del agregado grueso.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 131
- MTC E 207-2000
- NTP 400.019-2002

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g)			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37,5	(1 1/2")	-25,0	(1")	1250 ± 25			
25,0	(1")	-19,0	(3/4")	1250 ± 25			
19,0	(3/4")	-12,5	(1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,5	(1/2")	-9,5	(3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,5	(3/8")	-6,3	(1/4")			2500 ± 10	
6,3	(1 1/4")	-4,75	(N° 4)			2500 ± 10	
4,75	(N° 4)	-2,36	(N° 8)				5000 ± 10
TOTALES				5000 ± 10	2500 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Tabla 3.14 Tabla de la gradación para realizar el ensayo en la máquina de los ángeles, agregado grueso. Fuente MTC E 207-2000.

### e. Cálculos y resultados:

Datos:

- Agregado limpio, lavado y secado al horno antes de someter a la abrasión:

Peso inicial = 5000.00 gr.

- Agregado retenido en el tamiz #12, lavado y secado al horno después de someterlo a abrasión.

Peso final = 3696.6 gr.

Resultado:

$$\% \text{desgaste} = \frac{W_{\text{final}}}{W_{\text{original}}} * 100\%$$

$$\% \text{desgaste} = \frac{3681.2}{5000.0} * 100\%$$

$$\% \text{desgaste} = 26.4\%$$

### 3.2.4. Agua.

El agua a ser empleada debe cumplir con los requisitos dados por las normas como la NTP 339.088, y ser de preferencia potable. Si se hace necesario el uso de agua no potable, se deben realizar estudios comparándola con agua potable, manteniendo la similitud en los procedimientos.

En la presente investigación todos los diseños de mezclas para el concreto de alta resistencia fueron realizados con agua potable de las instalaciones del laboratorio de concretos, ubicado en el parque industrial de la ciudad de Arequipa, y en la planta de GLORIA (laboratorios de Control de Calidad de SUPERMIX S.A) es por ello, que no se necesita un estudio del agua empleada.

Peso específico del agua =  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

### 3.2.5. Ceniza volante.

La ceniza volante utilizada para la presente tesis de investigación fue obtenida de la "CENTRAL TERMOELECTRICA ILO 21", de propiedad de Enersur, ubicada en Km. 120.5 Carretera Costanera Sur, Casilla Postal 210, Ilo – Moquegua.

Esta central Termoeléctrica tiene la capacidad de generar 135MW, teniendo una sola caldera. Utiliza 350000 toneladas por año de carbón. Quedando como ceniza 2000 toneladas por año. De esta ceniza el 95% es "CENIZA VOLANTE" y el otro 5% es "bottom ash"

La empresa "EcOre Group, LLC – Materials Sustainable Solutions" emitió un informe sobre la "Central Termoelectrica Ilo 21". Indicando los siguientes puntos.

a. Unidades de generación.



Unidades de Generación

DESCRIPCION		Central Termoeléctrica Ilo 21	
		Unidad 1	
Nombre o Número		Ilo 21	
Capacidad de Generación (MW)		135	
Capacidad de generación de vapor (ton/hora)		432	
% de Utilización (Promedio anual vs. Capacidad Max. de Generación)		2014: 13.8% 2015: 19.1% 2016: 80.8% (Proy)	
Tipo de Caldera	Carbón Pulverizado	De pared de fuego	-
		De fuego tangencial	-
		De ciclones	-
		De fuegos opuestos	SI
	Lecho Fluidizado	Con adición de caliza para control de emisiones SOx	-
		Sin adición de caliza para control de emisiones SOx	-
Parrilla Viajera		-	
Combustible utilizado		Diesel/Carbón	
Si se utiliza carbón, consumo anual (ton/año)		Proy 2016: 350000	
Cantidad de ceniza generada (ton/año)		Proy 2016: 2000	
% de ceniza volante ("fly ash")		95%	
% de ceniza de fondo ("bottom ash")		5%	
Se utilizan quemadores de bajo NOx ?		SI	
Se utiliza inyección de aire de sobrefuego ?		No	
Se utiliza Reducción Catalítica Selectiva para control de emisiones NOx post-combustion?		No	
Se utiliza Reducción No-Catalítica Selectiva para control de emisiones NOx post-combustion?		No	
Se utiliza gas de desulfurización?		No	
Sistema de desulfurización	Proceso húmedo de absorción de caliza		No
	Proceso de absorción de agua de mar		No
	Proceso seco de adsorción por aspersion		No
	Proceso seco de inyección de caliza antes del equipo de recolección		No
	Proceso seco de inyección de caliza después del equipo de recolección		No
Equipo para recolección de cenizas volantes	Mecánico		-
	Precipitador electrostático		SI
	Filtros de Manga		-
	Otro - Cual?		-
Manejo de cenizas volantes	Proceso seco		SI
	Proceso húmedo		SI
Pérdida por ignición de las cenizas volantes <i>(Anexar información histórica)</i>	Valor mínimo histórico (%)		0.50%
	Valor máximo histórico (%)		18.40%
	Valor promedio histórico (%)		5.60%

Tabla 3. 15 Unidades de generación

Fuente: Central Termoeléctrica Ilo 21

**b. Carbón Utilizado.**



**Carbón Utilizado**

DESCRIPCION		Central Termoeléctrica Ilo 21
Carbón 1	Origen	RUSIA
	Proveedor	-
	Tipo (Bituminoso, Sub-Bituminoso, Lignito)	LIGNITO
	Poder calorífico (kCal/kg) - Como recibido Bruto:	6213
	Contenido de cenizas (%)	11.30
	Unidad(es) de Generación en la(s) que se utiliza	1
Carbón 2	Origen	USA
	Proveedor	-
	Tipo (Bituminoso, Sub-Bituminoso, Lignito)	Bituminoso
	Poder calorífico (kCal/kg) - Como recibido Bruto:	6704
	Contenido de cenizas (%)	11.21
	Unidad(es) de Generación en la(s) que se utiliza	1
Carbón 3	Origen	USA
	Proveedor	-
	Tipo (Bituminoso, Sub-Bituminoso, Lignito)	Bituminoso
	Poder calorífico (kCal/kg) - Como recibido Bruto:	6254
	Contenido de cenizas (%)	11.30
	Unidad(es) de Generación en la(s) que se utiliza	1
Carbón 4	Origen	COLOMBIA
	Proveedor	-
	Tipo (Bituminoso, Sub-Bituminoso, Lignito)	Bituminoso
	Poder calorífico (kCal/kg) - Como recibido Bruto:	6283
	Contenido de cenizas (%)	8.68
	Unidad(es) de Generación en la(s) que se utiliza	1
Carbón 5	Origen	COLOMBIA
	Proveedor	-
	Tipo (Bituminoso, Sub-Bituminoso, Lignito)	Bituminoso
	Poder calorífico (kCal/kg) - Como recibido Bruto:	5880
	Contenido de cenizas (%)	6.61
	Unidad(es) de Generación en la(s) que se utiliza	1
Si utiliza bagazo, cuanto se quema anualmente (ton/año)		NO
Ceniza de bagazo generada (ton/año)		NO
Uso de bagazo es estacional o permanente?		NO

Tabla 3. 16 Carbón utilizado

Fuente: Central Termoelectrica Ilo 21

### c. Manejo y disposición de Cenizas.



#### Manejo y Disposición de Cenizas

DESCRIPCION		Central Termoeléctrica Ilo 21	
Silos de Ceniza	Número de silos		
	Silo 1	Nombre o Número	SILO DE CENIZA (FLY ASH)
		Capacidad (ton)	850 M3
		Unidades de generación atendidas	1
		Sistema de descarga (a camión de volteo, a camión cisterna, a vagón de tren)	VOLQUETE
	Silo 2	Nombre o Número	SILO DE ESCORIA (BOTTON ASH)
		Capacidad (ton)	250 M3
		Unidades de generación atendidas	1
		Sistema de descarga (a camión de volteo, a camión cisterna, a vagón de tren)	VOLQUETE
	Silo 3	Nombre o Número	-
		Capacidad (ton)	-
		Unidades de generación atendidas	-
		Sistema de descarga (a camión de volteo, a camión cisterna, a vagón de tren)	-
	Silo 4	Nombre o Número	-
		Capacidad (ton)	-
		Unidades de generación atendidas	-
Sistema de descarga (a camión de volteo, a camión cisterna, a vagón de tren)		-	
Disposición de Cenizas	Método de disposición (vertedero, relleno, estanque, etc.)	PILAS COMPACTADAS	
	Ubicación del sitio de disposición - en planta o fuera de la planta (si es fuera de la planta, indicar distancia en kms)	EN PLANTA	
	Cantidad estimada de ceniza almacenada en el(los) sitio(s) de disposición (ton)	300 000 TM	
	Costo estimado de manejo y disposición (US\$/ton)		
	Vida útil (en años) que le queda al sitio de disposición a la tasa actual de generación de	20 AÑOS	
Indicar la cantidad de cenizas que se ha generado (ton) en los últimos 3 años. Información necesaria para determinar capacidad estacional de almacenamiento y capacidad de procesamiento de ceniza		35 782 TM	

**Nota:** Cuando se considere apropiado, se solicitarán una o varias muestras de ceniza para análisis

Tabla 3. 17 Manejo y Disposición de Cenizas

Fuente: Central Termoeléctrica Ilo 21

### d. Disposición Alternativa de Ceniza.



#### Alternativas para la Ceniza

DESCRIPCION	Central Termoeléctrica Ilo 21
Intenciones de la Cía para la disposición alternativa de la ceniza (explicar)	EN BUSCA DE COMPRADORES
Actualmente se retira ceniza de la planta para usos alternativos? (SI/NO)	EVENTUAL
Cantidad estimada que es retirada (ton/año)	52 TM
Costo al que se entrega la ceniza si lo hay (US\$/ton)	2
Responsable en planta de la disposición alternativa de ceniza	Mario Huanca
Aplicaciones en las que es utilizada la ceniza retirada (corrector para hornos de clinker, producción cemento, producción de cemento, rellenos estructurales, bases para pavimentos, etc.)	Aditivo de concreto
Mencionar clientes que retiran la ceniza para usos alternativos (indicar nombre y tipo de compañía)	NO DISPONIBLE

Tabla 3. 18 Alternativas para la ceniza

Fuente: Central Termoeléctrica Ilo 21

### 3.3. DISEÑOS DE MEZCLAS PARA CONCRETOS CON CENIZA VOLANTE.

Después de haber hallado los propiedades físicas y químicas de los agregados en los ítems 3.2.2. y 3.2.3. Procedemos a la realización de los respectivos diseños de mezclas, se utilizó el método de diseños de mezclas del comité ACI 211.

Los diseños de mezclas realizados en la presente investigación son los siguientes:

- $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ .
- $F'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ .
- $F'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ .
- $F'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ .

Las resistencias mencionadas se realizaran para los diseños con el uso de cemento Yura Tipo IP y Yura Tipo V.

#### 3.3.1. Diseño de mezclas método del ACI 211.

##### 3.3.1.1. Diseño de mezclas utilizando el cemento YURA TIPO IP



 <b>PROPIEDADES DEL CEMENTO, AGUA Y AGREGADOS</b>		
<b>Cemento</b>		
Marca y tipo	Yura Tipo V	
Procedencia	Arequipa	
Peso Específico (Kg/m <sup>3</sup> )	2850.00	
<b>Agua:</b>		
Agua potable	Si	
Peso Específico (Kg/m <sup>3</sup> )	1000.00	
<b>Agregados</b>		
Propiedades	Fino	Grueso
Cantera	PODEROSA	PODEROSA
P.E. de masa ( Kg/m <sup>3</sup> )	2617.02	2738.21
P.U. suelto seco ( Kg/m <sup>3</sup> )	1664.11	1448.74
P.U. varillado ( Kg/m <sup>3</sup> )	1884.16	1655.22
Módulo de fineza	2.890	6.934
Absorción	1.81%	0.66%
Contenido de Humedad	4.53%	1.22%
Tamaño Nominal Máximo (pulg.)	-	3/4"

Tabla 3. 19 Propiedades del cemento, agua y agregados


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 210 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 0%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	210	kfg/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 210 kfg/cm <sup>2</sup>
F'cr =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 210	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	200	0.7
400	0.43	210	0.68
450	0.38	250	0.62
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.68		
Contenido de Cemento	282.16	kg.	
Cemento	100%	282.16	kg.
Ceniza	0%	0.00	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	282.16	2850.00	0.099	0.681
Ceniza	0.00	2190.00	0.000	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.319	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			833.918	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	282.16	1.00	
	ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	833.92	2.96	
	Agr. Grueso	1011.34	3.58	
	Agua	193.00	0.68	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	282.16	1.0	
	Ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	871.69	3.09	
	Agr. Grueso	1023.68	3.63	
	Agua	164.65	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	282.16	Kg/m <sup>3</sup>	10.45	Kg.
Ceniza	-	Kg/m <sup>3</sup>	-	Kg.
Agr. Fino	871.69	Kg/m <sup>3</sup>	32.29	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	164.65	Lt/m <sup>3</sup>	6.10	Lt.

Tabla 3. 20 Diseño de mezcla método ACI F' C = 210 KGF/CM2 – Ceniza volante 0%


Fuente: Elaboración propia

		<b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 210 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%</b>	
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 210 kaf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 210	
200	0.70	INTERPOLANDO	
250	0.62		
300	0.55		
350	0.48		
400	0.43		
450	0.38	f'cr	a/c
		200	0.7
		210	0.68
		250	0.62
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.68		
Contenido de Cemento	282.16	kg.	
Cemento	90%	253.95	kg.
Ceniza	10%	28.22	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	253.95	2850.00	0.089	0.684
Ceniza	28.22	2190.00	0.013	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.316	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			826.110	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	253.95	1.00	
	ceniza	28.22	0.11	
	Agr. Fino	826.11	3.25	
	Agr. Grueso	1011.34	3.98	
	Agua	193.00	0.68	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	253.95	1.0	
	Ceniza	28.22	0.11	
	Agr. Fino	863.53	3.40	
	Agr. Grueso	1023.68	4.03	
	Agua	164.87	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	253.95	Kg/m <sup>3</sup>	9.41	Kg.
Ceniza	28.22	Kg/m <sup>3</sup>	1.05	Kg.
Agr. Fino	863.53	Kg/m <sup>3</sup>	31.99	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	164.87	Lt/m <sup>3</sup>	6.11	Lt.

Tabla 3. 21 Diseño de mezcla método ACI F' C = 210 KGF/CM2 – Ceniza volante 10%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 210 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 210 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 210	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	200	0.7
400	0.43	210	0.68
450	0.38	250	0.62
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.68		
Contenido de Cemento	282.16	kg.	
Cemento	80%	225.73	kg.
Ceniza	20%	56.43	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	225.73	2850.00	0.079	0.687
Ceniza	56.43	2190.00	0.026	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.313	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			818.302	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	225.73	1.00	
	ceniza	56.43	0.25	
	Agr. Fino	818.30	3.63	
	Agr. Grueso	1011.34	4.48	
	Agua	193.00	0.68	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	225.73	1.0	
	Ceniza	56.43	0.25	
	Agr. Fino	855.37	3.79	
	Agr. Grueso	1023.68	4.53	
	Agua	165.08	0.59	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	225.73	Kg/m <sup>3</sup>	8.36	Kg.
Ceniza	56.43	Kg/m <sup>3</sup>	2.09	Kg.
Agr. Fino	855.37	Kg/m <sup>3</sup>	31.69	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	165.08	Lt/m <sup>3</sup>	6.12	Lt.

Tabla 3. 22 Diseño de mezcla método ACI F'C = 210 KGF/CM2 – Ceniza volante 20%

Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 210 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%</b>													
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>													
F'c =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 210 kgf/cm <sup>2</sup>										
F'cr =	210	kgf/cm <sup>2</sup>											
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>													
TNM=	3/4"	pulg.											
<b>C) Asentamiento :</b>													
Columna	4"	6"											
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>													
TMN.	Aire Atrapado %												
3/4"	2.0												
<b>E) Volumen de Agua.</b>													
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>											
4" a 6"	3/4"	193											
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>													
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 210											
200	0.70	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INTERPOLANDO</th> </tr> <tr> <th>f'cr</th> <th>a/c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>200</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>210</td> <td>0.68</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>0.62</td> </tr> </tbody> </table>		INTERPOLANDO		f'cr	a/c	200	0.7	210	0.68	250	0.62
INTERPOLANDO													
f'cr	a/c												
200	0.7												
210	0.68												
250	0.62												
250	0.62												
300	0.55												
350	0.48												
400	0.43												
450	0.38												
<b>G) Contenido de Cemento</b>													
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>											
Relación (a/c)	0.68												
Contenido de Cemento	282.16	kg.											
Cemento	70%	197.51	kg.										
Ceniza	30%	84.65	kg.										
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>													
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO											
2.40	0.66	M.F.	Vol.										
2.60	0.64	2.800	0.620										
2.80	0.62	2.89	0.61										
3.00	0.60	3.000	0.600										
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>										

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	197.51	2850.00	0.069	0.690
Ceniza	84.65	2190.00	0.039	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.310	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			810.493	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	197.51	1.00	
	ceniza	84.65	0.43	
	Agr. Fino	810.49	4.10	
	Agr. Grueso	1011.34	5.12	
	Agua	193.00	0.68	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	197.51	1.0	
	Ceniza	84.65	0.43	
	Agr. Fino	847.21	4.29	
	Agr. Grueso	1023.68	5.18	
	Agua	165.29	0.59	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	197.51	Kg/m <sup>3</sup>	7.32	Kg.
Ceniza	84.65	Kg/m <sup>3</sup>	3.14	Kg.
Agr. Fino	847.21	Kg/m <sup>3</sup>	31.39	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	165.29	Lt/m <sup>3</sup>	6.12	Lt.

Tabla 3. 23 Diseño de mezcla método ACI F' C = 210 KGF/CM2 – Ceniza volante 30%

Fuente: Elaboración propia

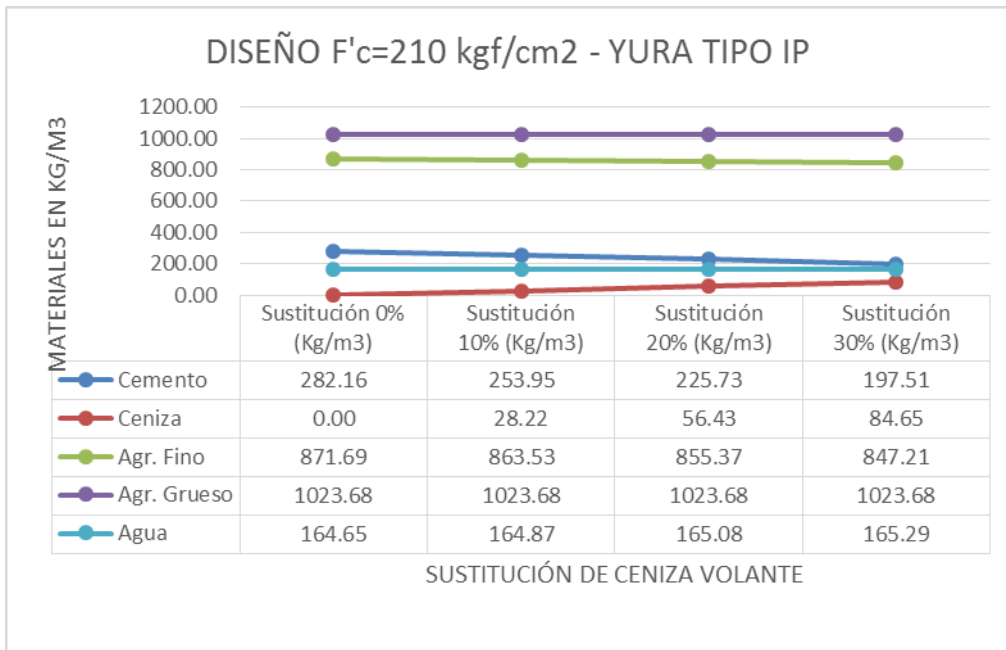


Gráfico 3. 1 Cantidad de materiales usados por m3 de concreto  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

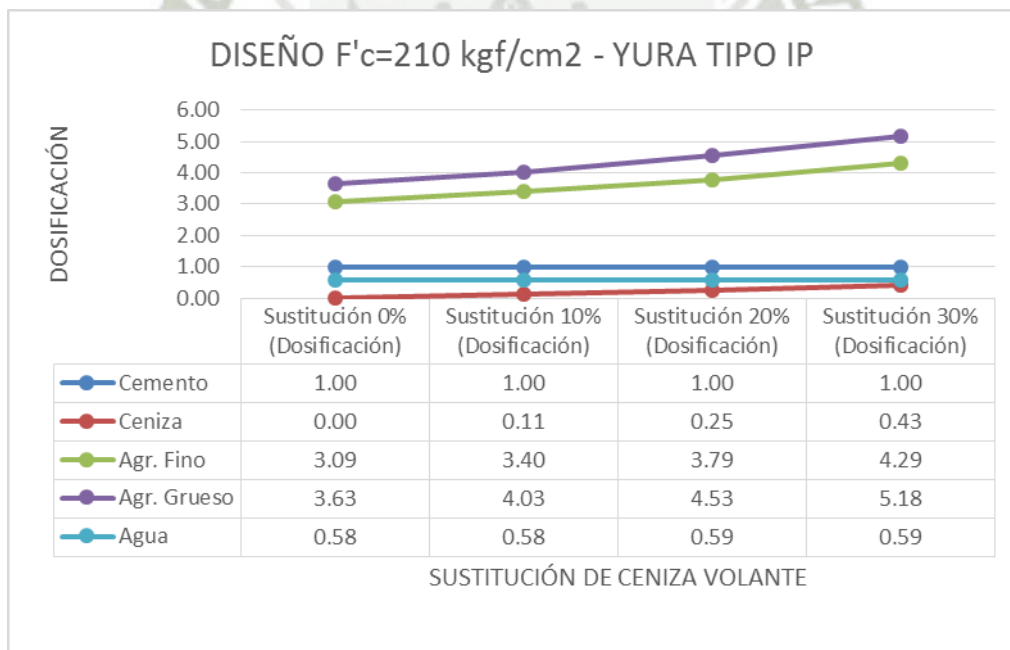



Gráfico 3. 2 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 280 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 0%</b>													
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>													
F'c =	280	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 280 ksf/cm <sup>2</sup>										
F'cr =	280	kgf/cm <sup>2</sup>											
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>													
TNM=	3/4"	pulg.											
<b>C) Asentamiento :</b>													
Columna	4"	6"											
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>													
TMN.	Aire Atrapado %												
3/4"	2.0												
<b>E) Volumen de Agua.</b>													
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>											
4" a 6"	3/4"	193											
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>													
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 280											
200	0.70	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INTERPOLANDO</th> </tr> <tr> <th>f'cr</th> <th>a/c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>280</td> <td>0.58</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>0.55</td> </tr> </tbody> </table>		INTERPOLANDO		f'cr	a/c	250	0.62	280	0.58	300	0.55
INTERPOLANDO													
f'cr	a/c												
250	0.62												
280	0.58												
300	0.55												
250	0.62												
300	0.55												
350	0.48												
400	0.43												
450	0.38												
<b>G) Contenido de Cemento</b>													
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>											
Relación (a/c)	0.58												
Contenido de Cemento	333.91	kg.											
Cemento	100%	333.91	kg.										
Ceniza	0%	0.00	kg.										
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>													
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO											
2.40	0.66	M.F.	Vol.										
2.60	0.64	2.800	0.620										
2.80	0.62	2.89	0.61										
3.00	0.60	3.000	0.600										
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>										

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	333.91	2850.00	0.117	0.700
Ceniza	0.00	2190.00	0.000	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.300	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			786.402	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	333.91	1.00	
	ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	786.40	2.36	
	Agr. Grueso	1011.34	3.03	
	Agua	193.00	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	333.91	1.0	
	Ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	822.03	2.46	
	Agr. Grueso	1023.68	3.07	
	Agua	165.95	0.50	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	333.91	Kg/m <sup>3</sup>	12.37	Kg.
Ceniza	-	Kg/m <sup>3</sup>	-	Kg.
Agr. Fino	822.03	Kg/m <sup>3</sup>	30.45	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	165.95	Lt/m <sup>3</sup>	6.15	Lt.

Tabla 3. 24 Diseño de mezcla método ACI F' C = 280 KGF/CM2 – Ceniza volante 0%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 280 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	280	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 280 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	280	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 280	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	250	0.62
400	0.43	280	0.58
450	0.38	300	0.55
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.58		
Contenido de Cemento	333.91	kg.	
Cemento	90%	300.52	kg.
Ceniza	10%	33.39	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	300.52	2850.00	0.105	0.703
Ceniza	33.39	2190.00	0.015	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.297	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			777.162	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	300.52	1.00	
	ceniza	33.39	0.11	
	Agr. Fino	777.16	2.59	
	Agr. Grueso	1011.34	3.37	
	Agua	193.00	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	300.52	1.0	
	Ceniza	33.39	0.11	
	Agr. Fino	812.37	2.70	
	Agr. Grueso	1023.68	3.41	
	Agua	166.20	0.50	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	300.52	Kg/m <sup>3</sup>	11.13	Kg.
Ceniza	33.39	Kg/m <sup>3</sup>	1.24	Kg.
Agr. Fino	812.37	Kg/m <sup>3</sup>	30.10	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	166.20	Lt/m <sup>3</sup>	6.16	Lt.

Tabla 3. 25 Diseño de mezcla método ACI F' C = 280 KGF/CM2 – Ceniza volante 10%


Fuente: Elaboración propia

		<b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 280 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%</b>	
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	280	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 280 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	280	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 280	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	250	0.62
400	0.43	280	0.58
450	0.38	300	0.55
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.58		
Contenido de Cemento	333.91	kg.	
Cemento	80%	267.13	kg.
Ceniza	20%	66.78	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	267.13	2850.00	0.094	0.707
Ceniza	66.78	2190.00	0.030	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.293	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			767.921	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	267.13	1.00	
	ceniza	66.78	0.25	
	Agr. Fino	767.92	2.87	
	Agr. Grueso	1011.34	3.79	
	Agua	193.00	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	267.13	1.0	
	Ceniza	66.78	0.25	
	Agr. Fino	802.71	3.00	
	Agr. Grueso	1023.68	3.83	
	Agua	166.45	0.50	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	267.13	Kg/m <sup>3</sup>	9.90	Kg.
Ceniza	66.78	Kg/m <sup>3</sup>	2.47	Kg.
Agr. Fino	802.71	Kg/m <sup>3</sup>	29.74	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	166.45	Lt/m <sup>3</sup>	6.17	Lt.

Tabla 3. 26 Diseño de mezcla método ACI F' C = 280 KGF/CM2 – Ceniza volante 20%

Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 280 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%</b>													
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>													
F'c =	280	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 280 kgf/cm <sup>2</sup>										
F'cr =	280	kgf/cm <sup>2</sup>											
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>													
TNM=	3/4"	pulg.											
<b>C) Asentamiento :</b>													
Columna	4"	6"											
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>													
TMN.	Aire Atrapado %												
3/4"	2.0												
<b>E) Volumen de Agua.</b>													
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>											
4" a 6"	3/4"	193											
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>													
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 280											
200	0.70	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INTERPOLANDO</th> </tr> <tr> <th>f'cr</th> <th>a/c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>280</td> <td>0.58</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>0.55</td> </tr> </tbody> </table>		INTERPOLANDO		f'cr	a/c	250	0.62	280	0.58	300	0.55
INTERPOLANDO													
f'cr	a/c												
250	0.62												
280	0.58												
300	0.55												
250	0.62												
300	0.55												
350	0.48												
400	0.43												
450	0.38												
<b>G) Contenido de Cemento</b>													
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>											
Relación (a/c)	0.58												
Contenido de Cemento	333.91	kg.											
Cemento	70%	233.74	kg.										
Ceniza	30%	100.17	kg.										
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>													
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO											
2.40	0.66	M.F.	Vol.										
2.60	0.64	2.800	0.620										
2.80	0.62	2.89	0.61										
3.00	0.60	3.000	0.600										
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>										

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	233.74	2850.00	0.082	0.710
Ceniza	100.17	2190.00	0.046	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.290	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			758.681	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	233.74	1.00	
	ceniza	100.17	0.43	
	Agr. Fino	758.68	3.25	
	Agr. Grueso	1011.34	4.33	
	Agua	193.00	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	233.74	1.0	
	Ceniza	100.17	0.43	
	Agr. Fino	793.05	3.39	
	Agr. Grueso	1023.68	4.38	
	Agua	166.70	0.50	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	233.74	Kg/m <sup>3</sup>	8.66	Kg.
Ceniza	100.17	Kg/m <sup>3</sup>	3.71	Kg.
Agr. Fino	793.05	Kg/m <sup>3</sup>	29.38	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	166.70	Lt/m <sup>3</sup>	6.18	Lt.

Tabla 3. 27 Diseño de mezcla método ACI F'c = 280 KGF/CM2 – Ceniza volante 30%

Fuente: Elaboración propia

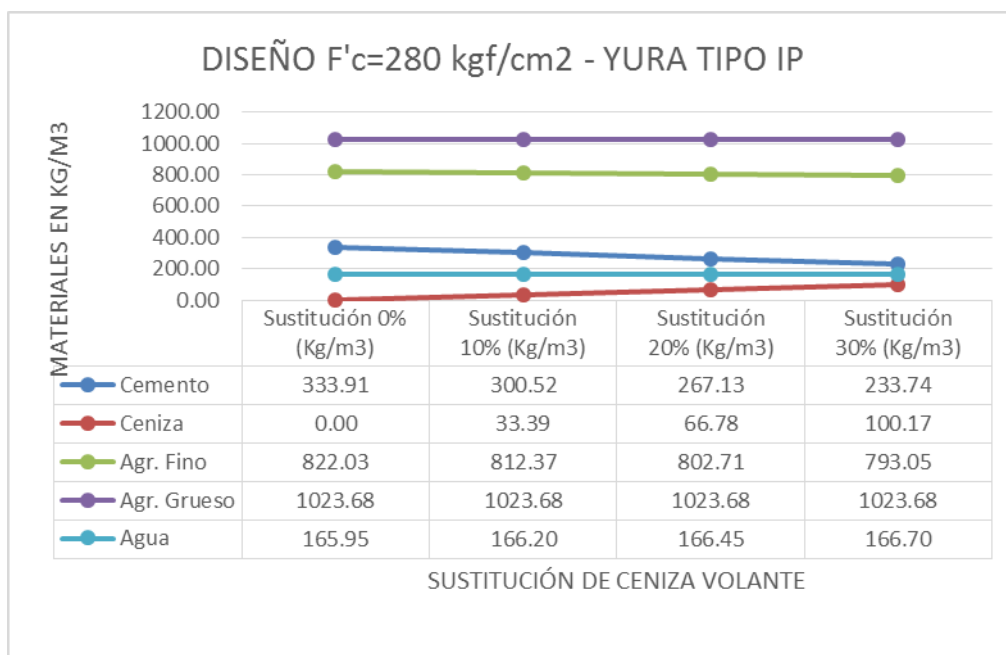


Gráfico 3. 3 Cantidad de materiales usados por m3 de concreto  $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

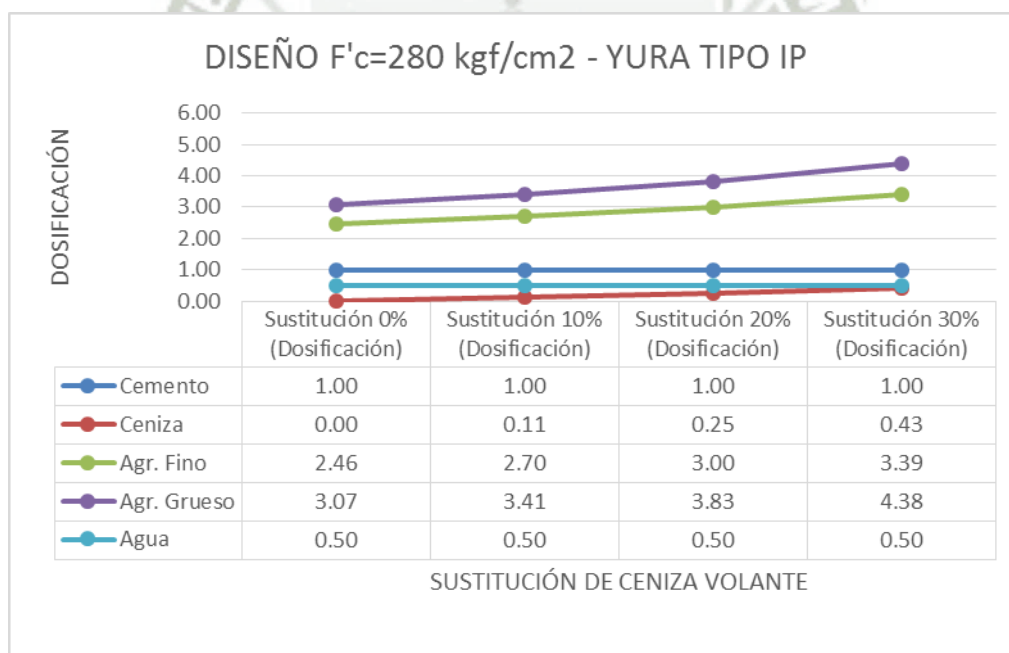



Gráfico 3. 4 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 350 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 0%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 350 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 350	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	300	0.55
400	0.43	350	0.48
450	0.38	350	0.48
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.48		
Contenido de Cemento	402.08	kg.	
Cemento	100%	402.08	kg.
Ceniza	0%	0.00	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	402.08	2850.00	0.141	0.723
Ceniza	0.00	2190.00	0.000	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.277	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			723.802	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	402.08	1.00	
	ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	723.80	1.80	
	Agr. Grueso	1011.34	2.52	
	Agua	193.00	0.48	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	402.08	1.0	
	Ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	756.59	1.88	
	Agr. Grueso	1023.68	2.55	
	Agua	167.65	0.42	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	402.08	Kg/m <sup>3</sup>	14.90	Kg.
Ceniza	-	Kg/m <sup>3</sup>	-	Kg.
Agr. Fino	756.59	Kg/m <sup>3</sup>	28.03	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	167.65	Lt/m <sup>3</sup>	6.21	Lt.

Tabla 3. 28 Diseño de mezcla método ACI F'C = 350 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 0%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 350 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 350 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 350	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	300	0.55
400	0.43	350	0.48
450	0.38	350	0.48
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.48		
Contenido de Cemento	402.08	kg.	
Cemento	90%	361.88	kg.
Ceniza	10%	40.21	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	361.88	2850.00	0.127	0.728
Ceniza	40.21	2190.00	0.018	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.272	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			712.675	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	361.88	1.00	
	ceniza	40.21	0.11	
	Agr. Fino	712.67	1.97	
	Agr. Grueso	1011.34	2.79	
	Agua	193.00	0.48	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	361.88	1.0	
	Ceniza	40.21	0.11	
	Agr. Fino	744.96	2.06	
	Agr. Grueso	1023.68	2.83	
	Agua	167.95	0.42	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	361.88	Kg/m <sup>3</sup>	13.41	Kg.
Ceniza	40.21	Kg/m <sup>3</sup>	1.49	Kg.
Agr. Fino	744.96	Kg/m <sup>3</sup>	27.60	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	167.95	Lt/m <sup>3</sup>	6.22	Lt.

Tabla 3. 29 Diseño de mezcla método ACI F' C = 350 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 10%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 350 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 350 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 350	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	300	0.55
400	0.43	350	0.48
450	0.38	350	0.48
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.48		
Contenido de Cemento	402.08	kg.	
Cemento	80%	321.67	kg.
Ceniza	20%	80.42	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	321.67	2850.00	0.113	0.732
Ceniza	80.42	2190.00	0.037	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.268	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			701.548	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	321.67	1.00	
	ceniza	80.42	0.25	
	Agr. Fino	701.55	2.18	
	Agr. Grueso	1011.34	3.14	
	Agua	193.00	0.48	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	321.67	1.0	
	Ceniza	80.42	0.25	
	Agr. Fino	733.33	2.28	
	Agr. Grueso	1023.68	3.18	
	Agua	168.25	0.42	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	321.67	Kg/m <sup>3</sup>	11.92	Kg.
Ceniza	80.42	Kg/m <sup>3</sup>	2.98	Kg.
Agr. Fino	733.33	Kg/m <sup>3</sup>	27.17	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	168.25	Lt/m <sup>3</sup>	6.23	Lt.

Tabla 3. 30 Diseño de mezcla método ACI F' C = 350 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 20%

Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 350 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 350 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 350	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	300	0.55
400	0.43	350	0.48
450	0.38	350	0.48
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.48		
Contenido de Cemento	402.08	kg.	
Cemento	70%	281.46	kg.
Ceniza	30%	120.63	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	281.46	2850.00	0.099	0.736
Ceniza	120.63	2190.00	0.055	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.264	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			690.421	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	281.46	1.00	
	ceniza	120.63	0.43	
	Agr. Fino	690.42	2.45	
	Agr. Grueso	1011.34	3.59	
	Agua	193.00	0.48	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	281.46	1.0	
	Ceniza	120.63	0.43	
	Agr. Fino	721.70	2.56	
	Agr. Grueso	1023.68	3.64	
	Agua	168.56	0.42	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	281.46	Kg/m <sup>3</sup>	10.43	Kg.
Ceniza	120.63	Kg/m <sup>3</sup>	4.47	Kg.
Agr. Fino	721.70	Kg/m <sup>3</sup>	26.74	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	168.56	Lt/m <sup>3</sup>	6.24	Lt.

Tabla 3. 31 Diseño de mezcla método ACI F' C = 350 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 30%

Fuente: Elaboración propia

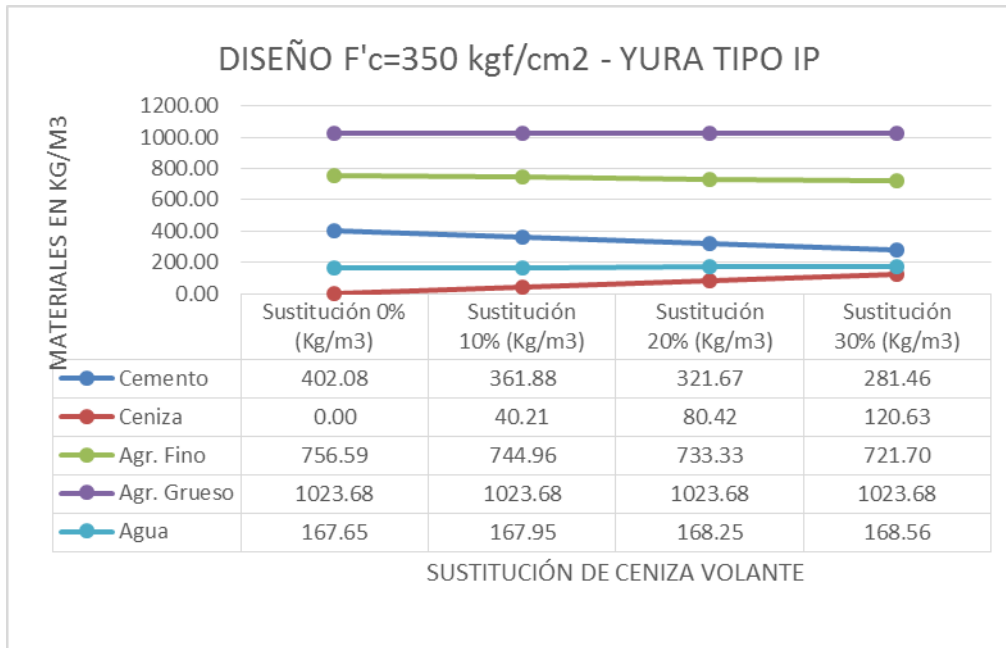


Gráfico 3. 5 Cantidad de materiales usados por m3 de concreto  $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

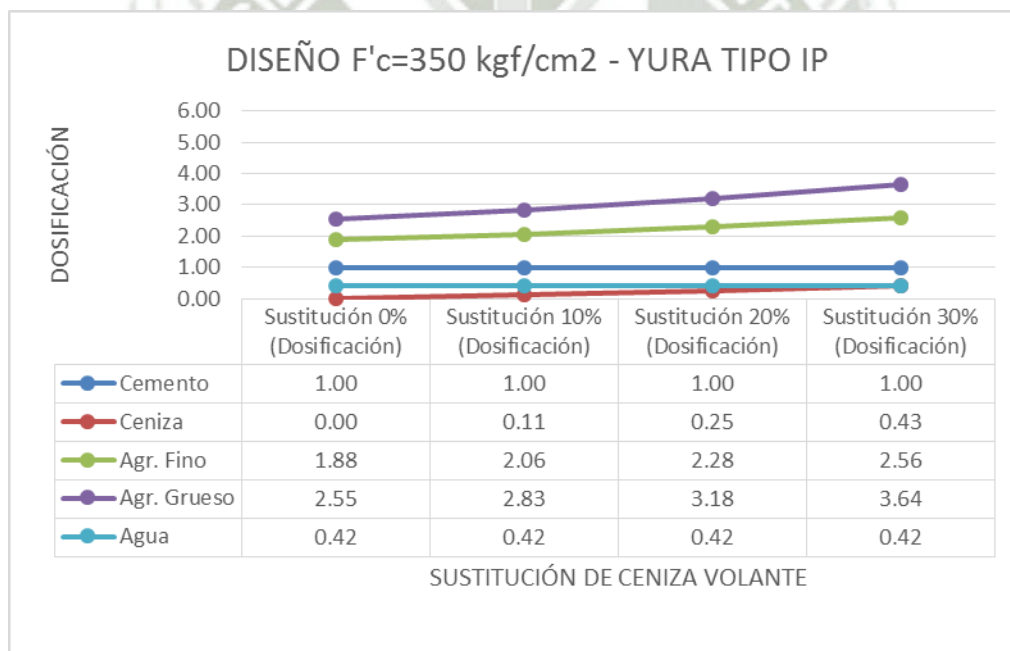



Gráfico 3. 6 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 420 KGf/CM2 - CENIZA VOLANTE AL 0%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 420 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 420	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	400	0.43
400	0.43	420	0.41
450	0.38	450	0.38
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.41		
Contenido de Cemento	470.73	kg.	
Cemento	100%	470.73	kg.
Ceniza	0%	0.00	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	470.73	2850.00	0.165	0.748
Ceniza	0.00	2190.00	0.000	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.252	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			660.765	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	470.73	1.00	
	ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	660.77	1.40	
	Agr. Grueso	1011.34	2.15	
	Agua	193.00	0.41	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	470.73	1.0	
	Ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	690.70	1.47	
	Agr. Grueso	1023.68	2.17	
	Agua	169.36	0.36	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	470.73	Kg/m <sup>3</sup>	17.44	Kg.
Ceniza	-	Kg/m <sup>3</sup>	-	Kg.
Agr. Fino	690.70	Kg/m <sup>3</sup>	25.59	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	169.36	Lt/m <sup>3</sup>	6.27	Lt.

Tabla 3. 32 Diseño de mezcla método ACI F' C = 420 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 0%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 420 KGF/CM2 - CENIZA VOLANTE AL 10%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 420 kcf/cm2
F'cr =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr =	420
200	0.70	INTERPOLANDO	
250	0.62		
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	400	0.43
400	0.43	420	0.41
450	0.38	450	0.38
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.41		
Contenido de Cemento	470.73	kg.	
Cemento	90%	423.66	kg.
Ceniza	10%	47.07	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	423.66	2850.00	0.149	0.752
Ceniza	47.07	2190.00	0.021	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.248	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			647.739	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	423.66	1.00	
	ceniza	47.07	0.11	
	Agr. Fino	647.74	1.53	
	Agr. Grueso	1011.34	2.39	
	Agua	193.00	0.41	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	423.66	1.0	
	Ceniza	47.07	0.11	
	Agr. Fino	677.08	1.60	
	Agr. Grueso	1023.68	2.42	
	Agua	169.72	0.36	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	423.66	Kg/m <sup>3</sup>	15.70	Kg.
Ceniza	47.07	Kg/m <sup>3</sup>	1.74	Kg.
Agr. Fino	677.08	Kg/m <sup>3</sup>	25.08	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	169.72	Lt/m <sup>3</sup>	6.29	Lt.

Tabla 3. 33 Diseño de mezcla método ACI F´C = 420 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 10%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 420 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 420 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 420	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	400	0.43
400	0.43	420	0.41
450	0.38	450	0.38
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.41		
Contenido de Cemento	470.73	kg.	
Cemento	80%	376.59	kg.
Ceniza	20%	94.15	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	376.59	2850.00	0.132	0.757
Ceniza	94.15	2190.00	0.043	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.243	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			634.712	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	376.59	1.00	
	ceniza	94.15	0.25	
	Agr. Fino	634.71	1.69	
	Agr. Grueso	1011.34	2.69	
	Agua	193.00	0.41	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	376.59	1.0	
	Ceniza	94.15	0.25	
	Agr. Fino	663.46	1.76	
	Agr. Grueso	1023.68	2.72	
	Agua	170.07	0.36	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	376.59	Kg/m <sup>3</sup>	13.95	Kg.
Ceniza	94.15	Kg/m <sup>3</sup>	3.49	Kg.
Agr. Fino	663.46	Kg/m <sup>3</sup>	24.58	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	170.07	Lt/m <sup>3</sup>	6.30	Lt.

Tabla 3. 34 Diseño de mezcla método ACI F'C = 420 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 20%

Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 420 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%</b>													
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>													
F'c =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 420 kgf/cm <sup>2</sup>										
F'cr =	420	kgf/cm <sup>2</sup>											
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>													
TNM=	3/4"	pulg.											
<b>C) Asentamiento :</b>													
Columna	4"	6"											
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>													
TMN.	Aire Atrapado %												
3/4"	2.0												
<b>E) Volumen de Agua.</b>													
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>											
4" a 6"	3/4"	193											
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>													
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 420											
200	0.70	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INTERPOLANDO</th> </tr> <tr> <th>f'cr</th> <th>a/c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>400</td> <td>0.43</td> </tr> <tr> <td>420</td> <td>0.41</td> </tr> <tr> <td>450</td> <td>0.38</td> </tr> </tbody> </table>		INTERPOLANDO		f'cr	a/c	400	0.43	420	0.41	450	0.38
INTERPOLANDO													
f'cr	a/c												
400	0.43												
420	0.41												
450	0.38												
250	0.62												
300	0.55												
350	0.48												
400	0.43												
450	0.38												
<b>G) Contenido de Cemento</b>													
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>											
Relación (a/c)	0.41												
Contenido de Cemento	470.73	kg.											
Cemento	70%	329.51	kg.										
Ceniza	30%	141.22	kg.										
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>													
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO											
2.40	0.66	M.F.	Vol.										
2.60	0.64	2.800	0.620										
2.80	0.62	2.89	0.61										
3.00	0.60	3.000	0.600										
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>										

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	329.51	2850.00	0.116	0.762
Ceniza	141.22	2190.00	0.064	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.238	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			621.685	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	329.51	1.00	
	ceniza	141.22	0.43	
	Agr. Fino	621.69	1.89	
	Agr. Grueso	1011.34	3.07	
	Agua	193.00	0.41	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	329.51	1.0	
	Ceniza	141.22	0.43	
	Agr. Fino	649.85	1.97	
	Agr. Grueso	1023.68	3.11	
	Agua	170.43	0.36	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	329.51	Kg/m <sup>3</sup>	12.21	Kg.
Ceniza	141.22	Kg/m <sup>3</sup>	5.23	Kg.
Agr. Fino	649.85	Kg/m <sup>3</sup>	24.08	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	170.43	Lt/m <sup>3</sup>	6.31	Lt.

Tabla 3. 35 Diseño de mezcla método ACI F'C = 420 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 30%

Fuente: Elaboración propia

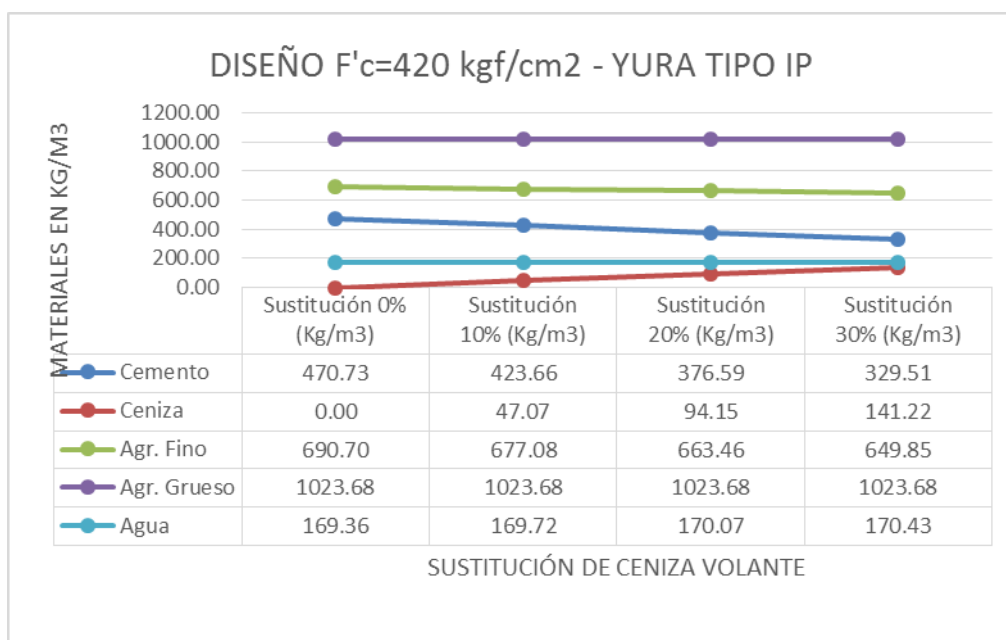


Gráfico 3. 7 Cantidad de materiales usados por m3 de concreto  $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

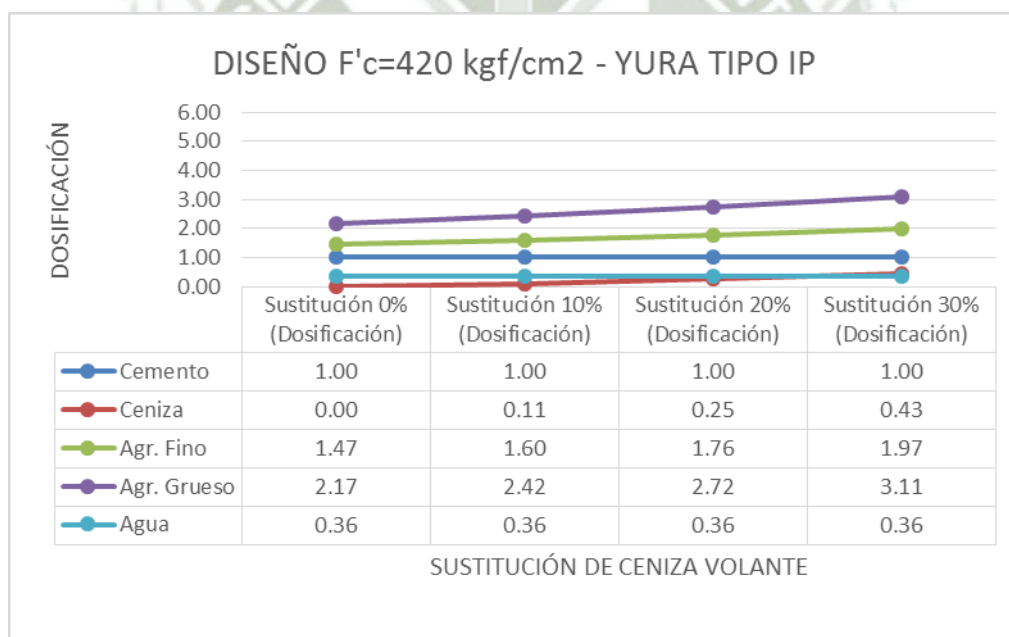


Gráfico 3. 8 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.1.2. Diseño de mezclas utilizando cemento Yura tipo V.

Se procede a realizar los diseños de mezclas con el cemento Yura Tipo V. Para los diseños se utilizaron los datos de las propiedades físicas y químicas de los agregados grueso y fino de la cantera la poderosa.



 <b>PROPIEDADES DEL CEMENTO, AGUA Y AGREGADOS</b>		
<b>Cemento</b>		
Marca y tipo	Yura Tipo V	
Procedencia	Arequipa	
Peso Específico (Kg/m <sup>3</sup> )	3150.00	
<b>Agua:</b>		
Agua potable	Si	
Peso Específico (Kg/m <sup>3</sup> )	1000.00	
<b>Agregados</b>		
Propiedades	Fino	Grueso
Cantera	PODEROSA	PODEROSA
P.E. de masa ( Kg/m <sup>3</sup> )	2617.02	2738.21
P.U. suelto seco ( Kg/m <sup>3</sup> )	1664.11	1448.74
P.U. varillado ( Kg/m <sup>3</sup> )	1884.16	1655.22
Módulo de fineza	2.890	6.934
Absorción	1.81%	0.66%
Contenido de Humedad	4.53%	1.22%
Tamaño Nominal Máximo (pulg.)	-	3/4"

Tabla 3. 36 Propiedades del cemento, agua y agregados

Fuente: Elaboración propia

		<b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 210 KGF/CM2 - CENIZA VOLANTE AL 0%</b>	
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 210 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 210	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	200	0.7
400	0.43	210	0.68
450	0.38	250	0.62
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.68		
Contenido de Cemento	282.16	kg.	
Cemento	100%	282.16	kg.
Ceniza	0%	0.00	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	282.16	3150.00	0.090	0.672
Ceniza	0.00	2190.00	0.000	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.328	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			858.594	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	282.16	1.00	
	ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	858.59	3.04	
	Agr. Grueso	1011.34	3.58	
	Agua	193.00	0.68	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	282.16	1.0	
	Ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	897.49	3.18	
	Agr. Grueso	1023.68	3.63	
	Agua	163.98	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	282.16	Kg/m <sup>3</sup>	10.45	Kg.
Ceniza	-	Kg/m <sup>3</sup>	-	Kg.
Agr. Fino	897.49	Kg/m <sup>3</sup>	33.25	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	163.98	Lt/m <sup>3</sup>	6.08	Lt.

Tabla 3. 37 Diseño de mezcla método ACI F' C = 210 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 0%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 210 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%</b>													
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>													
F'c =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 210 kgf/cm <sup>2</sup>										
F'cr =	210	kgf/cm <sup>2</sup>											
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>													
TNM=	3/4"	pulg.											
<b>C) Asentamiento :</b>													
Columna	4"	6"											
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>													
TMN.	Aire Atrapado %												
3/4"	2.0												
<b>E) Volumen de Agua.</b>													
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>											
4" a 6"	3/4"	193											
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>													
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 210											
200	0.70	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INTERPOLANDO</th> </tr> <tr> <th>f'cr</th> <th>a/c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>200</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>210</td> <td>0.68</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>0.62</td> </tr> </tbody> </table>		INTERPOLANDO		f'cr	a/c	200	0.7	210	0.68	250	0.62
INTERPOLANDO													
f'cr	a/c												
200	0.7												
210	0.68												
250	0.62												
250	0.62												
300	0.55												
350	0.48												
400	0.43												
450	0.38												
<b>G) Contenido de Cemento</b>													
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>											
Relación (a/c)	0.68												
Contenido de Cemento	282.16	kg.											
Cemento	90%	253.95	kg.										
Ceniza	10%	28.22	kg.										
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>													
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO											
2.40	0.66	M.F.	Vol.										
2.60	0.64	2.800	0.620										
2.80	0.62	2.89	0.61										
3.00	0.60	3.000	0.600										
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>										

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	253.95	3150.00	0.081	0.676
Ceniza	28.22	2190.00	0.013	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.324	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			848.318	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	253.95	1.00	
	ceniza	28.22	0.11	
	Agr. Fino	848.32	3.34	
	Agr. Grueso	1011.34	3.98	
	Agua	193.00	0.68	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	253.95	1.0	
	Ceniza	28.22	0.11	
	Agr. Fino	886.75	3.49	
	Agr. Grueso	1023.68	4.03	
	Agua	164.26	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	253.95	Kg/m <sup>3</sup>	9.41	Kg.
Ceniza	28.22	Kg/m <sup>3</sup>	1.05	Kg.
Agr. Fino	886.75	Kg/m <sup>3</sup>	32.85	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	164.26	Lt/m <sup>3</sup>	6.09	Lt.

Tabla 3. 38 Diseño de mezcla método ACI F' C = 210 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 10%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 210 KGF/CM2 - CENIZA VOLANTE AL 20%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 210 kcf/cm2
F'cr =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr =	210
200	0.70	INTERPOLANDO	
250	0.62		
300	0.55		
350	0.48		
400	0.43		
450	0.38	f'cr	a/c
		200	0.7
		210	0.68
		250	0.62
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.68		
Contenido de Cemento	282.16	kg.	
Cemento	80%	225.73	kg.
Ceniza	20%	56.43	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Específico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	225.73	3150.00	0.072	0.680
Ceniza	56.43	2190.00	0.026	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.320	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			838.042	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	225.73	1.00	
	ceniza	56.43	0.25	
	Agr. Fino	838.04	3.71	
	Agr. Grueso	1011.34	4.48	
	Agua	193.00	0.68	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	225.73	1.0	
	Ceniza	56.43	0.25	
	Agr. Fino	876.01	3.88	
	Agr. Grueso	1023.68	4.53	
	Agua	164.54	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	225.73	Kg/m <sup>3</sup>	8.36	Kg.
Ceniza	56.43	Kg/m <sup>3</sup>	2.09	Kg.
Agr. Fino	876.01	Kg/m <sup>3</sup>	32.45	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	164.54	Lt/m <sup>3</sup>	6.10	Lt.

Tabla 3. 39 Diseño de mezcla método ACI F'C = 210 kg/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 20%

Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 210 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 210 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	210	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 210	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	200	0.7
400	0.43	210	0.68
450	0.38	250	0.62
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.68		
Contenido de Cemento	282.16	kg.	
Cemento	70%	197.51	kg.
Ceniza	30%	84.65	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	197.51	3150.00	0.063	0.684
Ceniza	84.65	2190.00	0.039	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.316	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			827.766	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	197.51	1.00	
	ceniza	84.65	0.43	
	Agr. Fino	827.77	4.19	
	Agr. Grueso	1011.34	5.12	
	Agua	193.00	0.68	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	197.51	1.0	
	Ceniza	84.65	0.43	
	Agr. Fino	865.26	4.38	
	Agr. Grueso	1023.68	5.18	
	Agua	164.82	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	197.51	Kg/m <sup>3</sup>	7.32	Kg.
Ceniza	84.65	Kg/m <sup>3</sup>	3.14	Kg.
Agr. Fino	865.26	Kg/m <sup>3</sup>	32.06	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	164.82	Lt/m <sup>3</sup>	6.11	Lt.

Tabla 3. 40 Diseño de mezcla método ACI F' C = 210 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 30%

Fuente: Elaboración propia

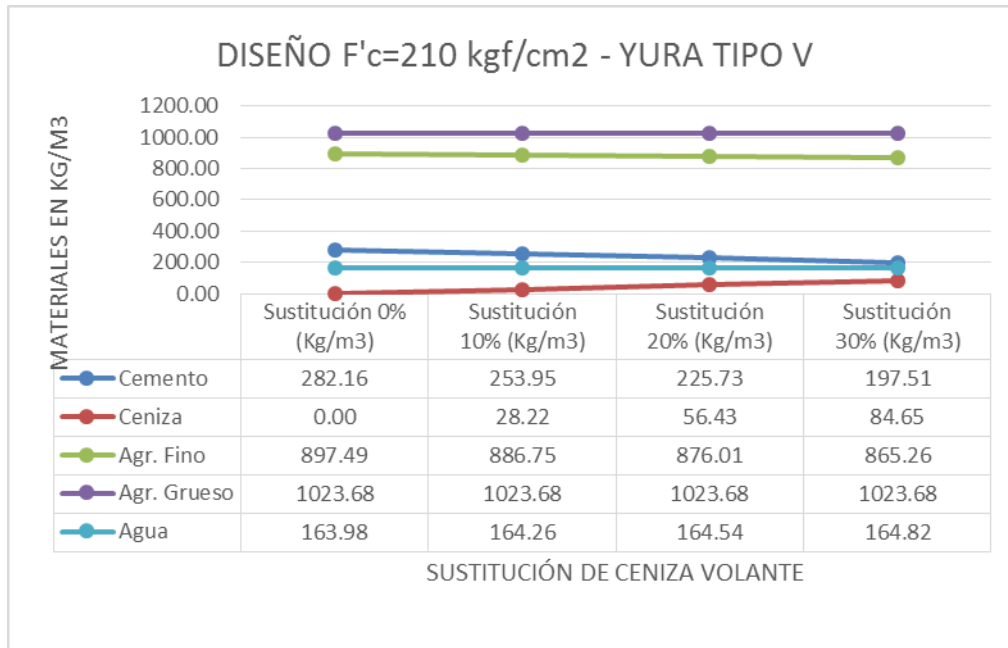


Gráfico 3. 9 Cantidad de materiales usados por m3 de concreto f'<sub>c</sub> = 210 kgf/cm<sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

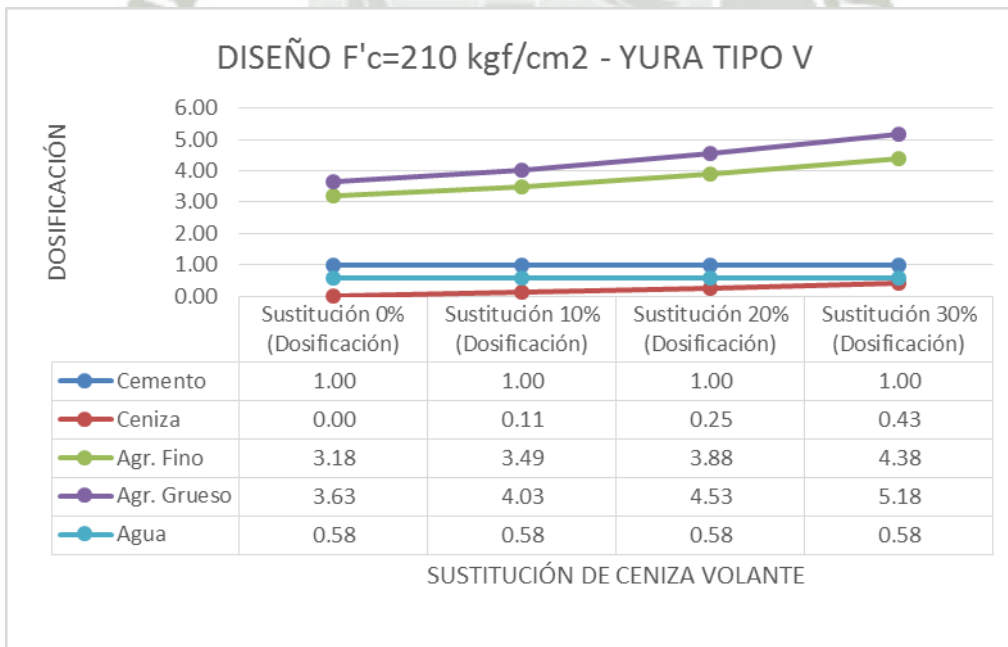



Gráfico 3. 10 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 280 KGF/CM2 - CENIZA VOLANTE AL 0%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	280	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 280 kof/cm2
F'cr =	280	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr =	280
200	0.70	INTERPOLANDO	
250	0.62		
300	0.55		
350	0.48		
400	0.43		
450	0.38	f'cr	a/c
		250	0.62
		280	0.58
		300	0.55
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.58		
Contenido de Cemento	333.91	kg.	
Cemento	100%	333.91	kg.
Ceniza	0%	0.00	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	333.91	3150.00	0.106	0.688
Ceniza	0.00	2190.00	0.000	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.312	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			815.604	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	333.91	1.00	
	ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	815.60	2.44	
	Agr. Grueso	1011.34	3.03	
	Agua	193.00	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	333.91	1.0	
	Ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	852.55	2.55	
	Agr. Grueso	1023.68	3.07	
	Agua	165.15	0.49	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	333.91	Kg/m <sup>3</sup>	12.37	Kg.
Ceniza	-	Kg/m <sup>3</sup>	-	Kg.
Agr. Fino	852.55	Kg/m <sup>3</sup>	31.59	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	165.15	Lt/m <sup>3</sup>	6.12	Lt.

Tabla 3. 41 Diseño de mezcla método ACI F'C = 280 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 0%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 280 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%</b>													
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>													
F'c =	280	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 280 kgf/cm <sup>2</sup>										
F'cr =	280	kgf/cm <sup>2</sup>											
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>													
TNM=	3/4"	pulg.											
<b>C) Asentamiento :</b>													
Columna	4"	6"											
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>													
TMN.	Aire Atrapado %												
3/4"	2.0												
<b>E) Volumen de Agua.</b>													
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>											
4" a 6"	3/4"	193											
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>													
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 280											
200	0.70	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INTERPOLANDO</th> </tr> <tr> <th>f'cr</th> <th>a/c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>280</td> <td>0.58</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>0.55</td> </tr> </tbody> </table>		INTERPOLANDO		f'cr	a/c	250	0.62	280	0.58	300	0.55
INTERPOLANDO													
f'cr	a/c												
250	0.62												
280	0.58												
300	0.55												
250	0.62												
300	0.55												
350	0.48												
400	0.43												
450	0.38												
<b>G) Contenido de Cemento</b>													
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>											
Relación (a/c)	0.58												
Contenido de Cemento	333.91	kg.											
Cemento	90%	300.52	kg.										
Ceniza	10%	33.39	kg.										
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>													
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO											
2.40	0.66	M.F.	Vol.										
2.60	0.64	2.800	0.620										
2.80	0.62	2.89	0.61										
3.00	0.60	3.000	0.600										
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>										

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	300.52	3150.00	0.095	0.693
Ceniza	33.39	2190.00	0.015	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.307	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			803.443	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	300.52	1.00	
	ceniza	33.39	0.11	
	Agr. Fino	803.44	2.67	
	Agr. Grueso	1011.34	3.37	
	Agua	193.00	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	300.52	1.0	
	Ceniza	33.39	0.11	
	Agr. Fino	839.84	2.79	
	Agr. Grueso	1023.68	3.41	
	Agua	165.48	0.50	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	300.52	Kg/m <sup>3</sup>	11.13	Kg.
Ceniza	33.39	Kg/m <sup>3</sup>	1.24	Kg.
Agr. Fino	839.84	Kg/m <sup>3</sup>	31.11	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	165.48	Lt/m <sup>3</sup>	6.13	Lt.

Tabla 3. 42 Diseño de mezcla método ACI F' C = 280 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 10%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 280 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%</b>													
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>													
F'c =	280	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 280 kgf/cm <sup>2</sup>										
F'cr =	280	kgf/cm <sup>2</sup>											
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>													
TNM=	3/4"	pulg.											
<b>C) Asentamiento :</b>													
Columna	4"	6"											
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>													
TMN.	Aire Atrapado %												
3/4"	2.0												
<b>E) Volumen de Agua.</b>													
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>											
4" a 6"	3/4"	193											
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>													
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 280											
200	0.70	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INTERPOLANDO</th> </tr> <tr> <th>f'cr</th> <th>a/c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>280</td> <td>0.58</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>0.55</td> </tr> </tbody> </table>		INTERPOLANDO		f'cr	a/c	250	0.62	280	0.58	300	0.55
INTERPOLANDO													
f'cr	a/c												
250	0.62												
280	0.58												
300	0.55												
250	0.62												
300	0.55												
350	0.48												
400	0.43												
450	0.38												
<b>G) Contenido de Cemento</b>													
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>											
Relación (a/c)	0.58												
Contenido de Cemento	333.91	kg.											
Cemento	80%	267.13	kg.										
Ceniza	20%	66.78	kg.										
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>													
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO											
2.40	0.66	M.F.	Vol.										
2.60	0.64	2.800	0.620										
2.80	0.62	2.89	0.61										
3.00	0.60	3.000	0.600										
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>										

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	267.13	3150.00	0.085	0.698
Ceniza	66.78	2190.00	0.030	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.302	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			791.282	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	267.13	1.00	
	ceniza	66.78	0.25	
	Agr. Fino	791.28	2.96	
	Agr. Grueso	1011.34	3.79	
	Agua	193.00	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	267.13	1.0	
	Ceniza	66.78	0.25	
	Agr. Fino	827.13	3.10	
	Agr. Grueso	1023.68	3.83	
	Agua	165.81	0.50	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	267.13	Kg/m <sup>3</sup>	9.90	Kg.
Ceniza	66.78	Kg/m <sup>3</sup>	2.47	Kg.
Agr. Fino	827.13	Kg/m <sup>3</sup>	30.64	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	165.81	Lt/m <sup>3</sup>	6.14	Lt.

Tabla 3. 43 Diseño de mezcla método ACI F' C = 280 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 20%

Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 280 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	280	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 280 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	280	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 280	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	250	0.62
400	0.43	280	0.58
450	0.38	300	0.55
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.58		
Contenido de Cemento	333.91	kg.	
Cemento	70%	233.74	kg.
Ceniza	30%	100.17	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	233.74	3150.00	0.074	0.702
Ceniza	100.17	2190.00	0.046	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.298	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			779.122	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	233.74	1.00	
	ceniza	100.17	0.43	
	Agr. Fino	779.12	3.33	
	Agr. Grueso	1011.34	4.33	
	Agua	193.00	0.58	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	233.74	1.0	
	Ceniza	100.17	0.43	
	Agr. Fino	814.42	3.48	
	Agr. Grueso	1023.68	4.38	
	Agua	166.14	0.50	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	233.74	Kg/m <sup>3</sup>	8.66	Kg.
Ceniza	100.17	Kg/m <sup>3</sup>	3.71	Kg.
Agr. Fino	814.42	Kg/m <sup>3</sup>	30.17	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	166.14	Lt/m <sup>3</sup>	6.16	Lt.

Tabla 3. 44 Diseño de mezcla método ACI F' C = 280 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 30%

Fuente: Elaboración propia

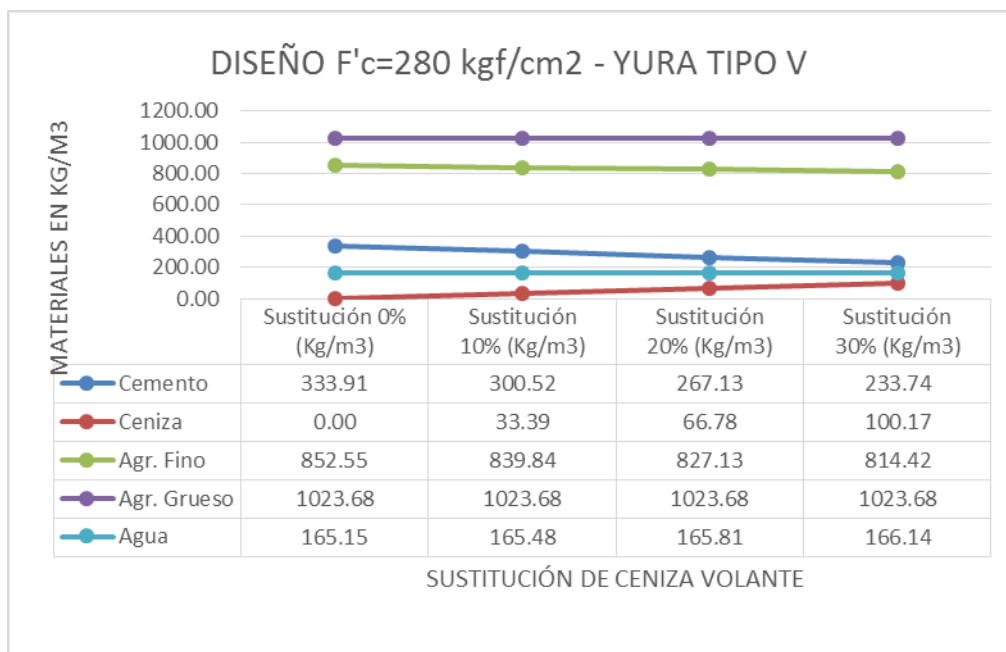


Gráfico 3. 11 Cantidad de materiales usados por m<sup>3</sup> de concreto f'c = 280 kgf/cm<sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

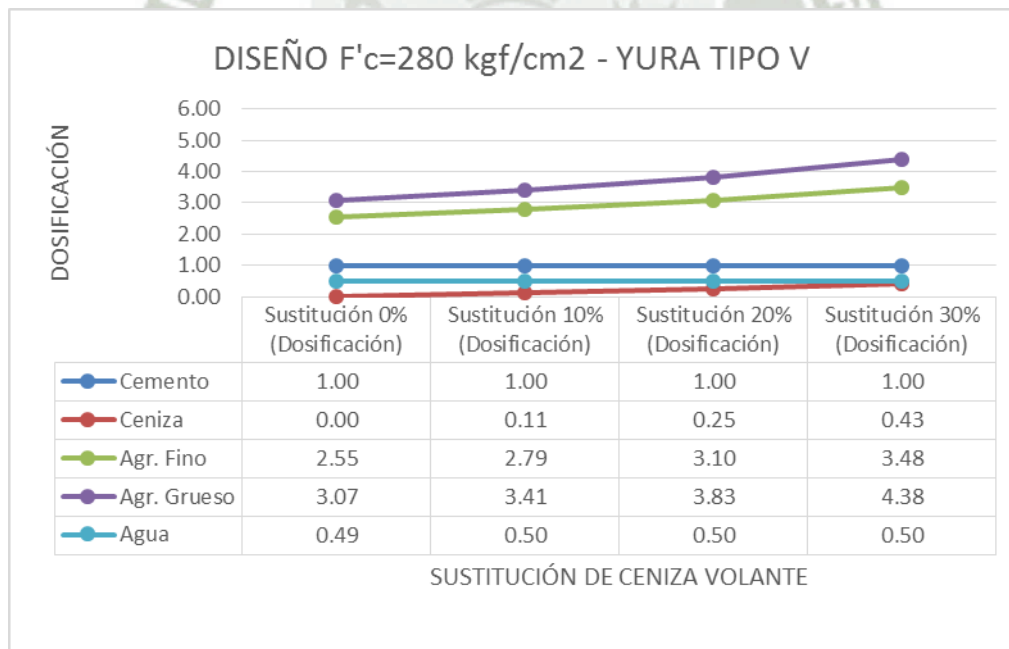



Gráfico 3. 12 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 350 KGF/CM2 - CENIZA VOLANTE AL 0%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 350 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 350	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	300	0.55
400	0.43	350	0.48
450	0.38	350	0.48
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.48		
Contenido de Cemento	402.08	kg.	
Cemento	100%	402.08	kg.
Ceniza	0%	0.00	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	402.08	3150.00	0.128	0.710
Ceniza	0.00	2190.00	0.000	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.290	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			758.965	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	402.08	1.00	
	ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	758.97	1.89	
	Agr. Grueso	1011.34	2.52	
	Agua	193.00	0.48	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	402.08	1.0	
	Ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	793.35	1.97	
	Agr. Grueso	1023.68	2.55	
	Agua	166.69	0.41	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	402.08	Kg/m <sup>3</sup>	14.90	Kg.
Ceniza	-	Kg/m <sup>3</sup>	-	Kg.
Agr. Fino	793.35	Kg/m <sup>3</sup>	29.39	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	166.69	Lt/m <sup>3</sup>	6.18	Lt.

Tabla 3. 45 Diseño de mezcla método ACI F' C = 350 kg/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 0%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 350 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 350 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 350	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	300	0.55
400	0.43	350	0.48
450	0.38	350	0.48
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.48		
Contenido de Cemento	402.08	kg.	
Cemento	90%	361.88	kg.
Ceniza	10%	40.21	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	361.88	3150.00	0.115	0.716
Ceniza	40.21	2190.00	0.018	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.284	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			744.322	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	361.88	1.00	
	ceniza	40.21	0.11	
	Agr. Fino	744.32	2.06	
	Agr. Grueso	1011.34	2.79	
	Agua	193.00	0.48	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	361.88	1.0	
	Ceniza	40.21	0.11	
	Agr. Fino	778.04	2.15	
	Agr. Grueso	1023.68	2.83	
	Agua	167.09	0.42	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	361.88	Kg/m <sup>3</sup>	13.41	Kg.
Ceniza	40.21	Kg/m <sup>3</sup>	1.49	Kg.
Agr. Fino	778.04	Kg/m <sup>3</sup>	28.82	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	167.09	Lt/m <sup>3</sup>	6.19	Lt.

Tabla 3. 46 Diseño de mezcla método ACI F' C = 350 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 10%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 350 KGF/CM2 - CENIZA VOLANTE AL 20%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 350 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 350	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	300	0.55
400	0.43	350	0.48
450	0.38	350	0.48
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.48		
Contenido de Cemento	402.08	kg.	
Cemento	80%	321.67	kg.
Ceniza	20%	80.42	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	321.67	3150.00	0.102	0.721
Ceniza	80.42	2190.00	0.037	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.279	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			729.679	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	321.67	1.00	
	ceniza	80.42	0.25	
	Agr. Fino	729.68	2.27	
	Agr. Grueso	1011.34	3.14	
	Agua	193.00	0.48	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	321.67	1.0	
	Ceniza	80.42	0.25	
	Agr. Fino	762.73	2.37	
	Agr. Grueso	1023.68	3.18	
	Agua	167.49	0.42	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	321.67	Kg/m <sup>3</sup>	11.92	Kg.
Ceniza	80.42	Kg/m <sup>3</sup>	2.98	Kg.
Agr. Fino	762.73	Kg/m <sup>3</sup>	28.26	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	167.49	Lt/m <sup>3</sup>	6.21	Lt.

Tabla 3. 47 Diseño de mezcla método ACI F' C = 350 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 20%

Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 350 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 350 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	350	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 350	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	300	0.55
400	0.43	350	0.48
450	0.38	350	0.48
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.48		
Contenido de Cemento	402.08	kg.	
Cemento	70%	281.46	kg.
Ceniza	30%	120.63	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	281.46	3150.00	0.089	0.727
Ceniza	120.63	2190.00	0.055	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.273	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			715.035	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	281.46	1.00	
	ceniza	120.63	0.43	
	Agr. Fino	715.04	2.54	
	Agr. Grueso	1011.34	3.59	
	Agua	193.00	0.48	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	281.46	1.0	
	Ceniza	120.63	0.43	
	Agr. Fino	747.43	2.66	
	Agr. Grueso	1023.68	3.64	
	Agua	167.89	0.42	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	281.46	Kg/m <sup>3</sup>	10.43	Kg.
Ceniza	120.63	Kg/m <sup>3</sup>	4.47	Kg.
Agr. Fino	747.43	Kg/m <sup>3</sup>	27.69	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	167.89	Lt/m <sup>3</sup>	6.22	Lt.

Tabla 3. 48 Diseño de mezcla método ACI F' C = 350 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 30%

Fuente: Elaboración propia

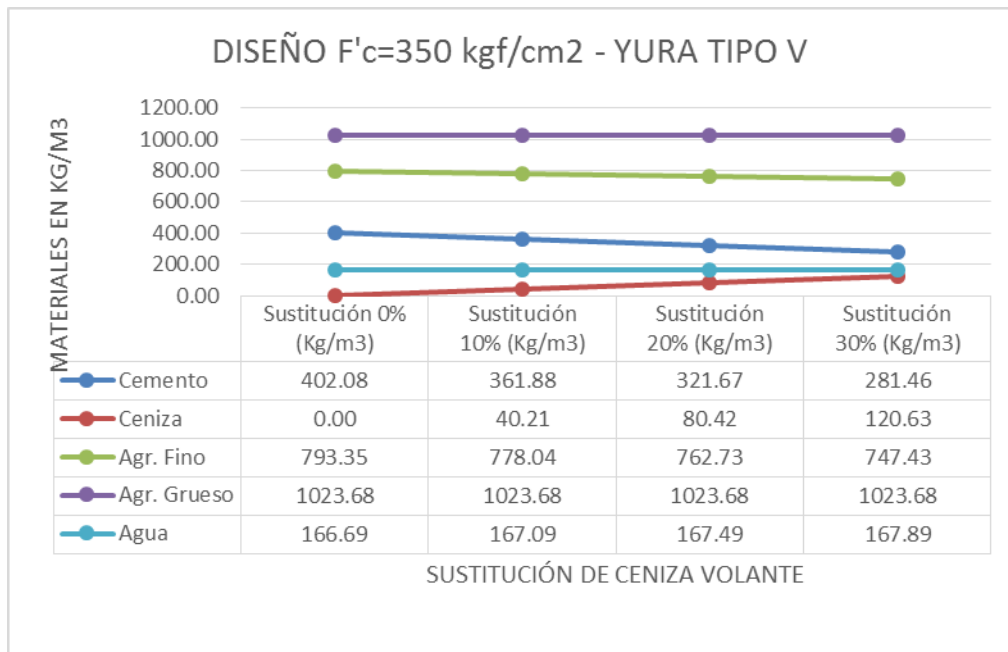


Gráfico 3. 13 Cantidad de materiales usados por m3 de concreto  $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

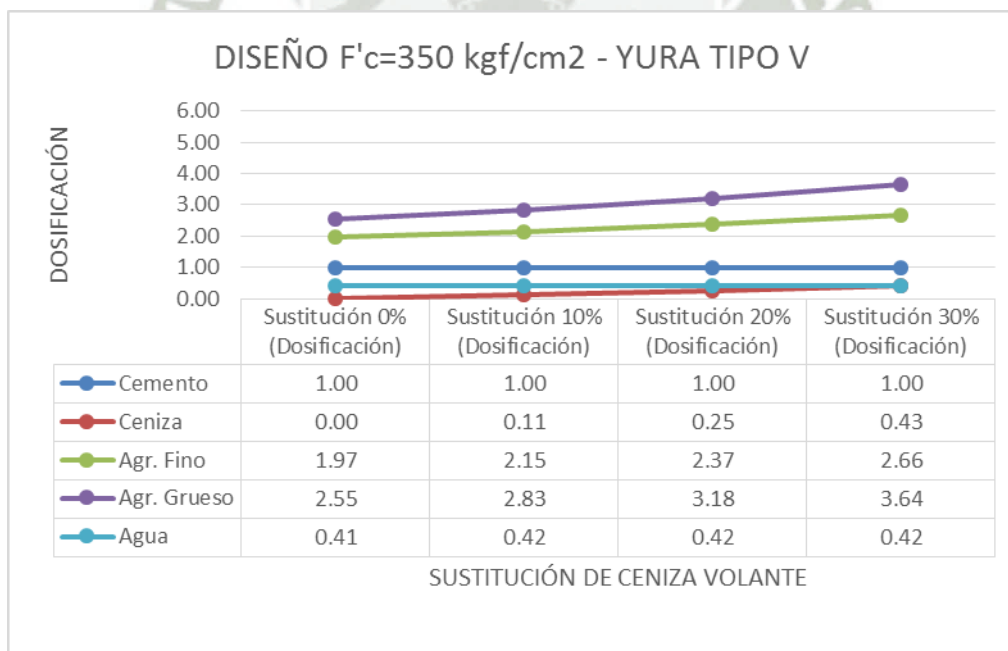



Gráfico 3. 14 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 420 KGF/CM2 - CENIZA VOLANTE AL 0%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 420 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 420	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	400	0.43
400	0.43	420	0.41
450	0.38	450	0.38
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.41		
Contenido de Cemento	470.73	kg.	
Cemento	100%	470.73	kg.
Ceniza	0%	0.00	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Específico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	470.73	3150.00	0.149	0.732
Ceniza	0.00	2190.00	0.000	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.268	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			701.932	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	470.73	1.00	
	ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	701.93	1.49	
	Agr. Grueso	1011.34	2.15	
	Agua	193.00	0.41	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	470.73	1.0	
	Ceniza	0.00	0.00	
	Agr. Fino	733.73	1.56	
	Agr. Grueso	1023.68	2.17	
	Agua	168.24	0.36	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	470.73	Kg/m <sup>3</sup>	17.44	Kg.
Ceniza	-	Kg/m <sup>3</sup>	-	Kg.
Agr. Fino	733.73	Kg/m <sup>3</sup>	27.18	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	168.24	Lt/m <sup>3</sup>	6.23	Lt.

Tabla 3. 49 Diseño de mezcla método ACI F'C = 420 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 0%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 420 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 420 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 420	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	400	0.43
400	0.43	420	0.41
450	0.38	450	0.38
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.41		
Contenido de Cemento	470.73	kg.	
Cemento	90%	423.66	kg.
Ceniza	10%	47.07	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	423.66	3150.00	0.134	0.738
Ceniza	47.07	2190.00	0.021	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.262	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			684.789	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	423.66	1.00	
	ceniza	47.07	0.11	
	Agr. Fino	684.79	1.62	
	Agr. Grueso	1011.34	2.39	
	Agua	193.00	0.41	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	423.66	1.0	
	Ceniza	47.07	0.11	
	Agr. Fino	715.81	1.69	
	Agr. Grueso	1023.68	2.42	
	Agua	168.71	0.36	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	423.66	Kg/m <sup>3</sup>	15.70	Kg.
Ceniza	47.07	Kg/m <sup>3</sup>	1.74	Kg.
Agr. Fino	715.81	Kg/m <sup>3</sup>	26.52	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	168.71	Lt/m <sup>3</sup>	6.25	Lt.

Tabla 3. 50 Diseño de mezcla método ACI F' C = 420 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 10%


Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 420 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%</b>													
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>													
F'c =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 420 kgf/cm <sup>2</sup>										
F'cr =	420	kgf/cm <sup>2</sup>											
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>													
TNM=	3/4"	pulg.											
<b>C) Asentamiento :</b>													
Columna	4"	6"											
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>													
TMN.	Aire Atrapado %												
3/4"	2.0												
<b>E) Volumen de Agua.</b>													
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>											
4" a 6"	3/4"	193											
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>													
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 420											
200	0.70	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INTERPOLANDO</th> </tr> <tr> <th>f'cr</th> <th>a/c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>400</td> <td>0.43</td> </tr> <tr> <td>420</td> <td>0.41</td> </tr> <tr> <td>450</td> <td>0.38</td> </tr> </tbody> </table>		INTERPOLANDO		f'cr	a/c	400	0.43	420	0.41	450	0.38
INTERPOLANDO													
f'cr	a/c												
400	0.43												
420	0.41												
450	0.38												
250	0.62												
300	0.55												
350	0.48												
400	0.43												
450	0.38												
<b>G) Contenido de Cemento</b>													
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>											
Relación (a/c)	0.41												
Contenido de Cemento	470.73	kg.											
Cemento	80%	376.59	kg.										
Ceniza	20%	94.15	kg.										
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>													
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO											
2.40	0.66	M.F.	Vol.										
2.60	0.64	2.800	0.620										
2.80	0.62	2.89	0.61										
3.00	0.60	3.000	0.600										
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>										

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	376.59	3150.00	0.120	0.745
Ceniza	94.15	2190.00	0.043	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.255	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			667.645	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	376.59	1.00	
	ceniza	94.15	0.25	
	Agr. Fino	667.65	1.77	
	Agr. Grueso	1011.34	2.69	
	Agua	193.00	0.41	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	376.59	1.0	
	Ceniza	94.15	0.25	
	Agr. Fino	697.89	1.85	
	Agr. Grueso	1023.68	2.72	
	Agua	169.18	0.36	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	376.59	Kg/m <sup>3</sup>	13.95	Kg.
Ceniza	94.15	Kg/m <sup>3</sup>	3.49	Kg.
Agr. Fino	697.89	Kg/m <sup>3</sup>	25.86	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	169.18	Lt/m <sup>3</sup>	6.27	Lt.

Tabla 3. 51 Diseño de mezcla método ACI F' C = 420 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 20%

Fuente: Elaboración propia

 <b>DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 420 KGF/CM<sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%</b>			
<b>A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).</b>			
F'c =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	NOTA: Por pruebas en laboratorio de Supermix la Resistencia promedio Requerida es de 420 kgf/cm <sup>2</sup>
F'cr =	420	kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>B) Tamaño Nominal Máximo.</b>			
TNM=	3/4"	pulg.	
<b>C) Asentamiento :</b>			
Columna	4"	6"	
<b>D) Contenido de Aire atrapado.</b>			
TMN.	Aire Atrapado %		
3/4"	2.0		
<b>E) Volumen de Agua.</b>			
Asentamiento	TMN	Agua lt/m <sup>3</sup>	
4" a 6"	3/4"	193	
<b>F) Relación Agua Cemento.</b>			
f'cr kgf/cm <sup>2</sup>	Relación a/c	f'cr = 420	
200	0.70		
250	0.62	INTERPOLANDO	
300	0.55	f'cr	a/c
350	0.48	400	0.43
400	0.43	420	0.41
450	0.38	450	0.38
<b>G) Contenido de Cemento</b>			
Volumen de agua	193	lt/m <sup>3</sup>	
Relación (a/c)	0.41		
Contenido de Cemento	470.73	kg.	
Cemento	70%	329.51	kg.
Ceniza	30%	141.22	kg.
<b>H) Selección Peso del Agregado Grueso.</b>			
Mod. Fineza	TMN 3/4"	INTERPOLANDO	
2.40	0.66	M.F.	Vol.
2.60	0.64	2.800	0.620
2.80	0.62	2.89	0.61
3.00	0.60	3.000	0.600
Peso del Agr. grueso (Vol. * P.U. Varillado)		<b>1011.34</b>	<b>Kg.</b>

<b>I) Volúmenes Absolutos de Material sin Agregado Fino.</b>				
Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Total
Cemento	329.51	3150.00	0.105	0.751
Ceniza	141.22	2190.00	0.064	
Agr. Grueso	1011.34	2738.21	0.369	
Agua	193.00	1000.00	0.193	
Aire	2.00	-----	0.02	
<b>J) Volumen del Agregado Fino y Peso</b>				
Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)			0.249	m <sup>3</sup>
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)			650.502	Kg.
<b>K) Presentación del Diseño en estado Seco.</b>				
	Material	Peso seco	Proporción	
	Cemento	329.51	1.00	
	ceniza	141.22	0.43	
	Agr. Fino	650.50	1.97	
	Agr. Grueso	1011.34	3.07	
	Agua	193.00	0.41	
	Aire %	2.00	-----	
<b>L) Diseño Final por Corrección por Humedad</b>				
	Material	Kg/m <sup>3</sup>	Proporción	
	Cemento	329.51	1.0	
	Ceniza	141.22	0.43	
	Agr. Fino	679.97	2.06	
	Agr. Grueso	1023.68	3.11	
	Agua	169.64	0.36	
	Aire %	2.00	-----	
<b>LL) Calculo de cantidad de material para vaciado</b>				
Material	Kg/m <sup>3</sup>	Unidad	Peso 18 Prob.	Unidad
Cemento	329.51	Kg/m <sup>3</sup>	12.21	Kg.
Ceniza	141.22	Kg/m <sup>3</sup>	5.23	Kg.
Agr. Fino	679.97	Kg/m <sup>3</sup>	25.19	Kg.
Agr. Grueso	1,023.68	Kg/m <sup>3</sup>	37.93	Kg.
Agua	169.64	Lt/m <sup>3</sup>	6.28	Lt.

Tabla 3. 52 Diseño de mezcla método ACI F'C = 420 kgf/cm<sup>2</sup> – Ceniza volante 30%

Fuente: Elaboración propia

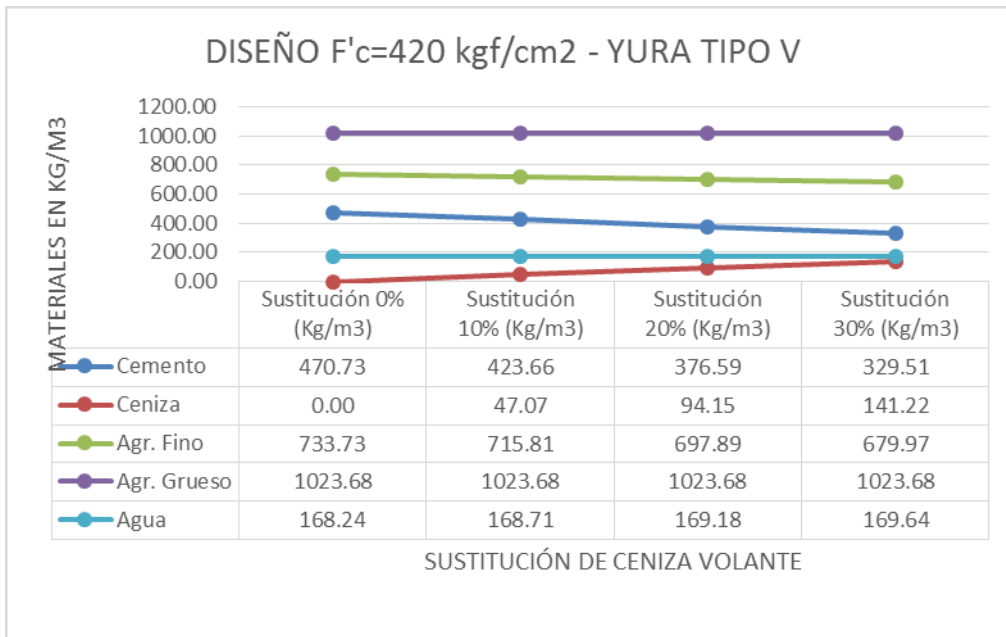


Gráfico 3. 15 Cantidad de materiales usados por m3 de concreto  $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

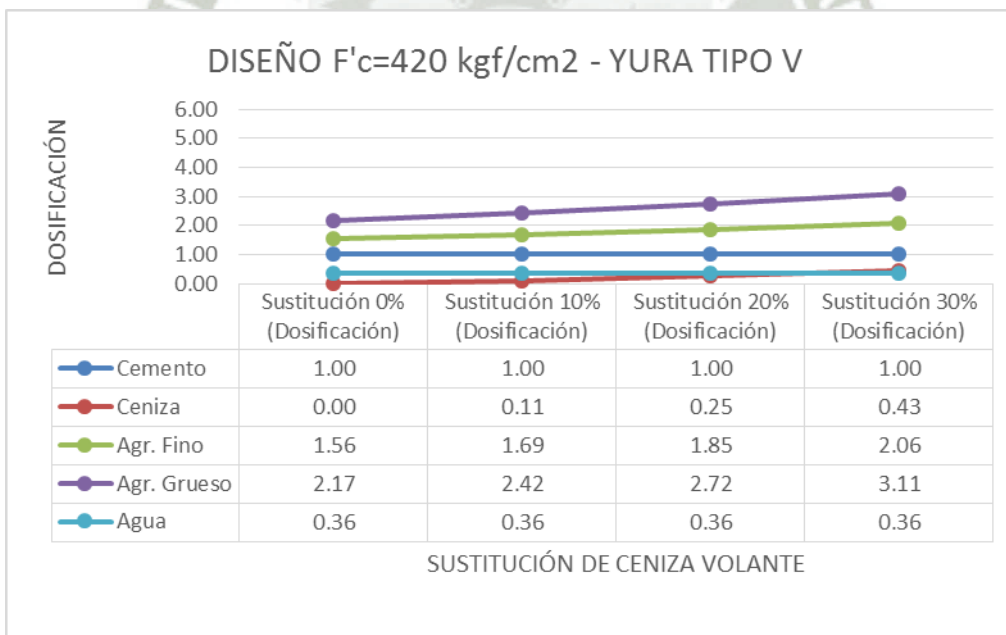


Gráfico 3. 16 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento

Fuente: Elaboración propia

# **CAPITULO 4: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO**

#### 4.1. SECUENCIA DE LOS ENSAYOS CON CENIZA VOLANTE.

En la presente tesis se desarrollaron varios ensayos en estado fresco tanto para el concreto patrón como para el concreto con sustitución de ceniza volante.

Cuando se realizó la mezcla, se procedió a realizar el ensayo para determinar la temperatura, después de ello se utilizó el cono de Abrams para hallar el slump, luego se procedió a encontrar el peso unitario del concreto, al mismo tiempo se venía realizando el ensayo de exudación y el ensayo de tiempo fragua.



## 4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DISEÑO COMITÉ ACI 211.

### 4.2.1. Resultados en estado fresco Cemento Yura Tipo IP.

#### 4.2.1.1. Diseño $F' C=210$ kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	210	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	0	%	CEMENTO	YURA TIPO IP
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
	T =	22.4	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
	Slump =	6.5	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
	Aire =	2.4	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
	P. olla+mezcla =	19.018	Kg.	
	P. de la olla =	2.410	Kg.	
	Volumen =	0.006954	m <sup>3</sup>	
	Peso unitario =	2388.2	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
	Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	
	00:00	0.00	0.00	
	10:00	48.79	48.79	
	10:00	98.40	147.19	
	10:00	42.45	189.64	
	10:00	36.78	226.42	
	30:00	53.45	279.87	
	30:00	27.56	307.43	
	30:00	8.45	315.88	
	30:00	0.13	316.01	
	30:00	0.00	316.01	
	Diametro olla =	25.50	cm	
	Area de olla =	510.71	cm <sup>2</sup>	
	Exudacion =	0.619	ml/cm <sup>2</sup>	

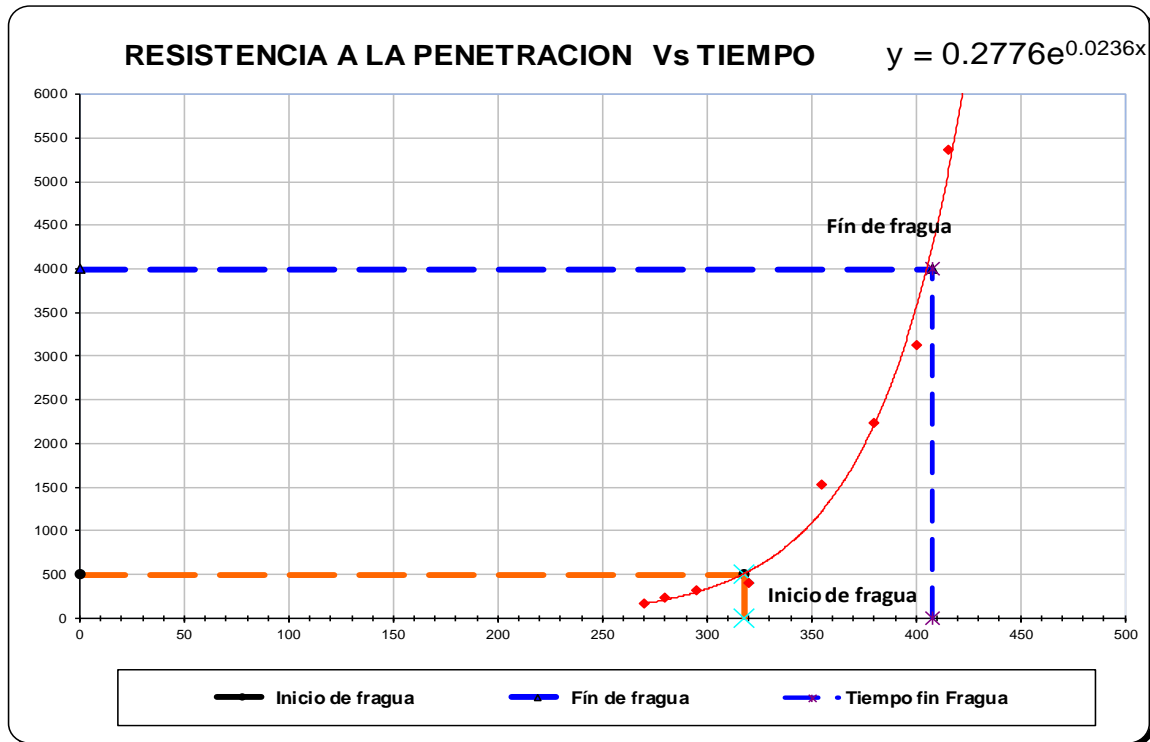
Tabla 4.1 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 210 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 0%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
9:30	0	0	1	1.128	1.000	0
14:00	270	158	1	1.128	1.000	158
14:10	280	114	2	0.798	0.500	228
14:25	295	160	2	0.798	0.500	320
14:50	320	100	3	0.564	0.250	400
15:25	355	152	4	0.357	0.100	1520
15:50	380	112	5	0.252	0.050	2240
16:10	400	78	6	0.178	0.025	3120
16:25	415	134	6	0.178	0.025	5360

Tabla 4.2 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	318 Minutos	5 horas 18 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	408 Minutos

Gráfico 4.1 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Diseño  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	210	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	10	%	CEMENTO	YURA TIPO IP
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		21.0	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.6	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.4	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		18.990	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m <sup>3</sup>	
Peso unitario =		2384.1	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	45.43	45.43		
10:00	93.84	139.27		
10:00	40.26	179.53		
10:00	35.49	215.02		
30:00	51.17	266.19		
30:00	26.87	293.06		
30:00	7.76	300.82		
30:00	0.07	300.89		
30:00	0.00	300.89		
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm <sup>2</sup>	
Exudacion =		0.589	ml/cm <sup>2</sup>	

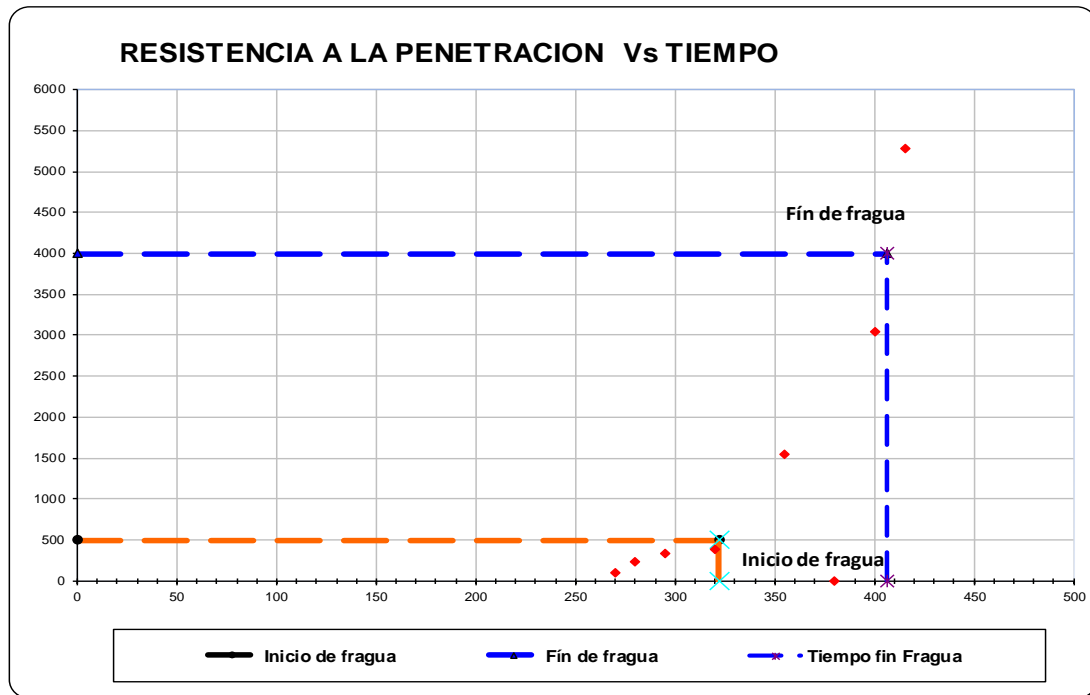
Tabla 4.3 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 210 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 10%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
10:20	0	0	1	1.128	1.000	0
14:50	270	90	1	1.128	1.000	90
15:00	280	116	2	0.798	0.500	232
15:15	295	162	2	0.798	0.500	324
15:40	320	96	3	0.564	0.250	384
16:15	355	154	4	0.357	0.100	1540
16:40	380	110	5	0.252	0.050	2200
17:00	400	76	6	0.178	0.025	3040
17:15	415	132	6	0.178	0.025	5280

Tabla 4.4 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	322 Minutos	5 horas 22 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	406 Minutos

Gráfico 4.2 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3. Diseño  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	210	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	20	%	CEMENTO	YURA TIPO IP
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
	T =	21.4		°C
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
	Slump =	5.7		Pulg.
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
	Aire =	2.2		%
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
	P. olla+mezcla =	18.960		Kg.
	P. de la olla =	2.410		Kg.
	Volumen =	0.006954		m <sup>3</sup>
	Peso unitario =	2379.8		kg/m <sup>3</sup>
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
	Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)		Vol. Acumulado (ml)
	00:00	0.00		0.00
	10:00	46.55		46.55
	10:00	95.36		141.91
	10:00	40.99		182.90
	10:00	35.92		218.82
	30:00	51.93		270.75
	30:00	27.10		297.85
	30:00	7.99		305.84
	30:00	0.09		305.93
	30:00	0.00		305.93
	Diametro olla =	25.50		cm
	Area de olla =	510.71		cm <sup>2</sup>
	Exudacion =	0.599		ml/cm <sup>2</sup>

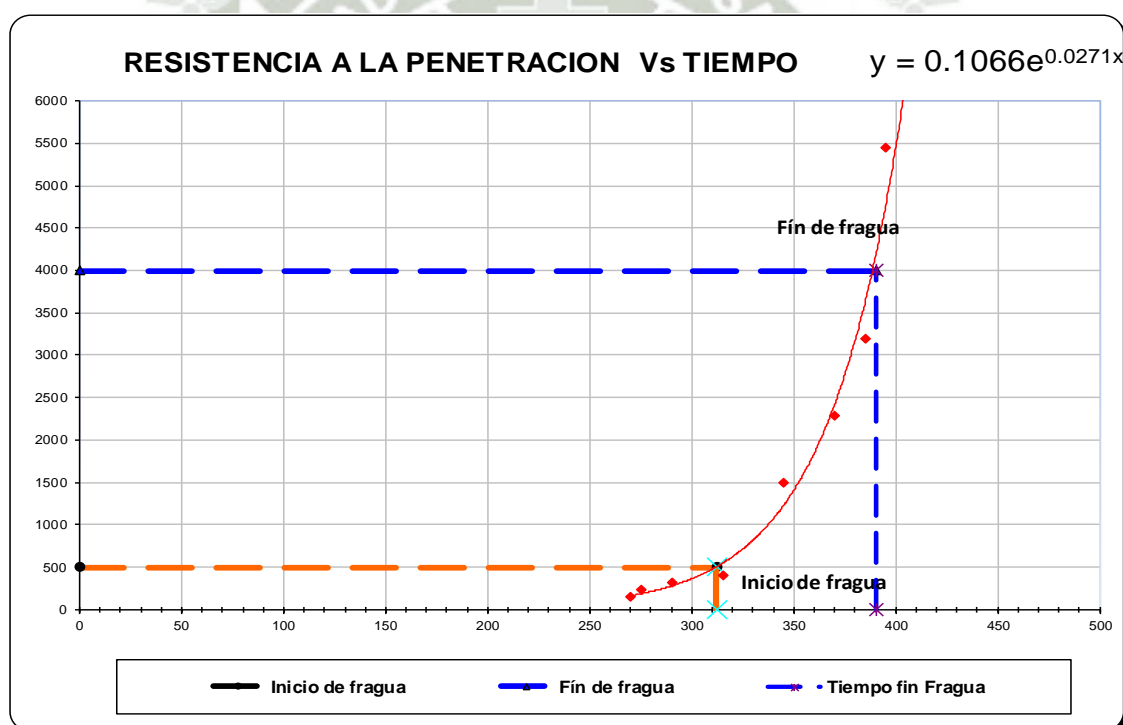
Tabla 4.5 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 210 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 20%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
12:20	0	0	1	1.128	1.000	0
16:50	270	140	1	1.128	1.000	140
16:55	275	112	2	0.798	0.500	224
17:10	290	156	2	0.798	0.500	312
17:35	315	98	3	0.564	0.250	392
18:05	345	150	4	0.357	0.100	1500
18:30	370	114	5	0.252	0.050	2280
18:45	385	80	6	0.178	0.025	3200
18:55	395	136	6	0.178	0.025	5440

Tabla 4.6 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	312 Minutos	5 horas 12 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	391 Minutos	6 horas 31 minutos

Gráfico 4. 3 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.4. Diseño  $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$  con ceniza volante al 30%.


 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	210	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	30	%	CEMENTO	YURA TIPO IP
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		20.8	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.5	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.1	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		18.920	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m <sup>3</sup>	
Peso unitario =		2374.1	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	44.31	44.31		
10:00	92.32	136.63		
10:00	39.53	176.16		
10:00	35.06	211.22		
30:00	50.41	261.63		
30:00	26.64	288.27		
30:00	7.53	295.80		
30:00	0.05	295.85		
30:00	0.00	295.85		
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm <sup>2</sup>	
Exudacion =		0.579	ml/cm <sup>2</sup>	

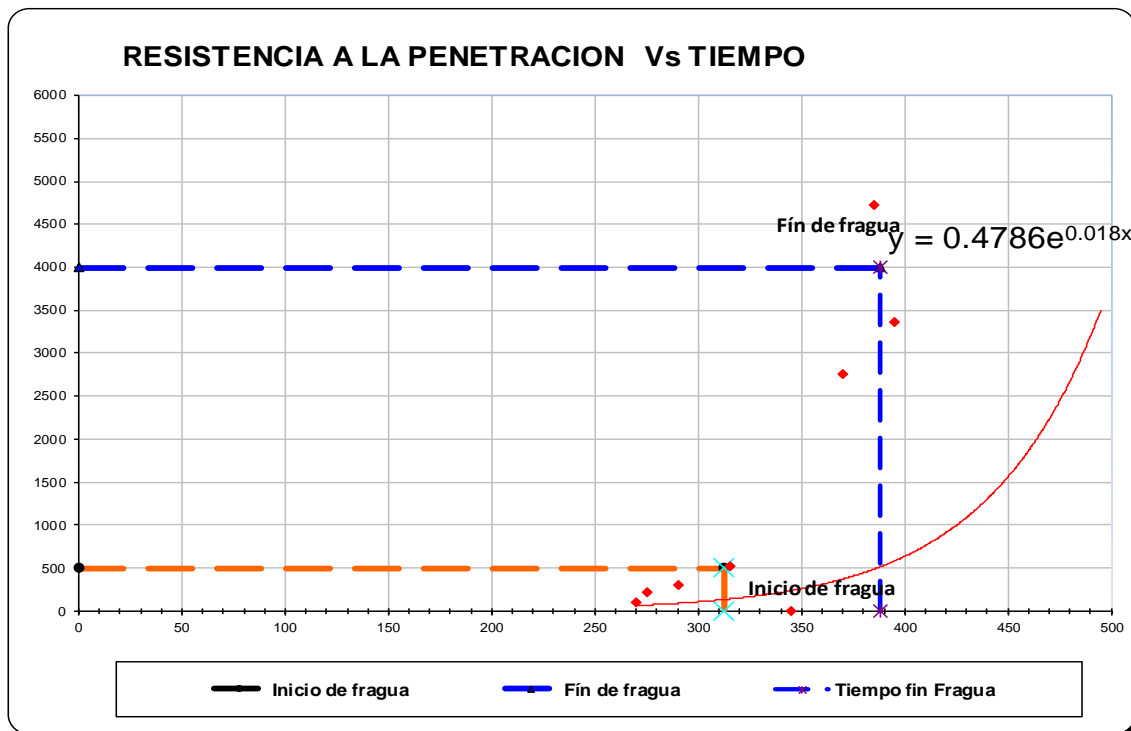
Tabla 4.7 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 210 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 30%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
10:40	0	0	1	1.128	1.000	0
15:10	270	104	1	1.128	1.000	104
15:15	275	108	2	0.798	0.500	216
15:30	290	152	2	0.798	0.500	304
15:55	315	128	3	0.564	0.250	512
16:25	345	146	4	0.357	0.100	1460
16:50	370	138	5	0.252	0.050	2760
17:05	385	118	6	0.178	0.025	4720
17:15	395	84	6	0.178	0.025	3360

Tabla 4.8 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	313 Minutos	5 horas	13 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	388 Minutos	6 horas

Gráfico 4.4 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia



4.2.1.5. Diseño  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.

HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO					
	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
	DISEÑO	280	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	0	%	CEMENTO	YURA TIPO IP	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA					
	T =	24.7		°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP					
	Slump =	6.0		Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE					
	Aire =	2.1		%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO					
	P. olla+mezcla =	19.068		Kg.	
	P. de la olla =	2.410		Kg.	
	Volumen =	0.006954		m <sup>3</sup>	
	Peso unitario =	2395.4		kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION					
	Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)		Vol. Acumulado (ml)	
	00:00	0.00		0.00	
	10:00	39.99		39.99	
	10:00	81.02		121.01	
	10:00	31.83		152.84	
	10:00	42.19		195.03	
	30:00	49.57		244.60	
	30:00	29.31		273.91	
	30:00	6.20		280.11	
	30:00	0.24		280.35	
	30:00	0.00		280.35	
	Diametro olla =	25.50		cm	
	Area de olla =	510.71		cm <sup>2</sup>	
	Exudacion =	0.549		ml/cm <sup>2</sup>	

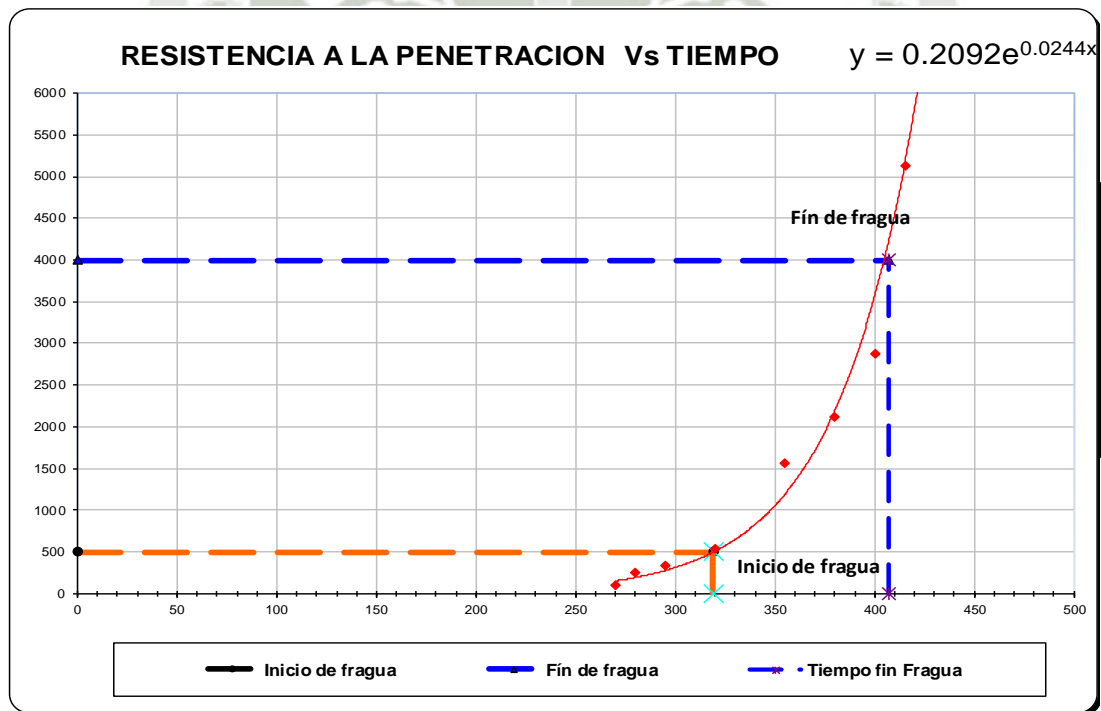
Tabla 4.9 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 280 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 0%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
12:00	0	0	1	1.128	1.000	0
16:30	270	94	1	1.128	1.000	94
16:40	280	120	2	0.798	0.500	240
16:55	295	166	2	0.798	0.500	332
17:20	320	132	3	0.564	0.250	528
17:55	355	156	4	0.357	0.100	1560
18:20	380	106	5	0.252	0.050	2120
18:40	400	72	6	0.178	0.025	2880
18:55	415	128	6	0.178	0.025	5120

Tabla 4.10 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	319 Minutos	5 horas 19 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	407 Minutos	6 horas 47 minutos

Gráfico 4. 5 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.6. Diseño  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.

<b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>																																														
 <p>"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</p>																																														
DISEÑO	280	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211																																										
CENIZA VOLANTE	10	%	CEMENTO	YURA TIPO IP																																										
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA																																														
T = 24.1 °C																																														
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP																																														
Slump = 6.2 Pulg.																																														
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE																																														
Aire = 2.2 %																																														
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO																																														
P. olla+mezcla = 19.035 Kg.																																														
P. de la olla = 2.410 Kg.																																														
Volumen = 0.006954 m <sup>3</sup>																																														
Peso unitario = 2390.6 kg/m <sup>3</sup>																																														
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tiempo (min)</th> <th>Vol. Parcial (ml)</th> <th>Vol. Acumulado (ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>00:00</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>44.51</td><td>44.51</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>91.52</td><td>136.03</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>44.58</td><td>180.61</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>32.21</td><td>212.82</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>50.81</td><td>263.63</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>23.79</td><td>287.42</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>6.88</td><td>294.30</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>0.50</td><td>294.80</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>0.00</td><td>294.80</td></tr> <tr><td colspan="3">Diametro olla = 25.50 cm</td></tr> <tr><td colspan="3">Area de olla = 510.71 cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td colspan="3">Exudacion = 0.577 ml/cm<sup>2</sup></td></tr> </tbody> </table>					Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	00:00	0.00	0.00	10:00	44.51	44.51	10:00	91.52	136.03	10:00	44.58	180.61	10:00	32.21	212.82	30:00	50.81	263.63	30:00	23.79	287.42	30:00	6.88	294.30	30:00	0.50	294.80	30:00	0.00	294.80	Diametro olla = 25.50 cm			Area de olla = 510.71 cm <sup>2</sup>			Exudacion = 0.577 ml/cm <sup>2</sup>		
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)																																												
00:00	0.00	0.00																																												
10:00	44.51	44.51																																												
10:00	91.52	136.03																																												
10:00	44.58	180.61																																												
10:00	32.21	212.82																																												
30:00	50.81	263.63																																												
30:00	23.79	287.42																																												
30:00	6.88	294.30																																												
30:00	0.50	294.80																																												
30:00	0.00	294.80																																												
Diametro olla = 25.50 cm																																														
Area de olla = 510.71 cm <sup>2</sup>																																														
Exudacion = 0.577 ml/cm <sup>2</sup>																																														

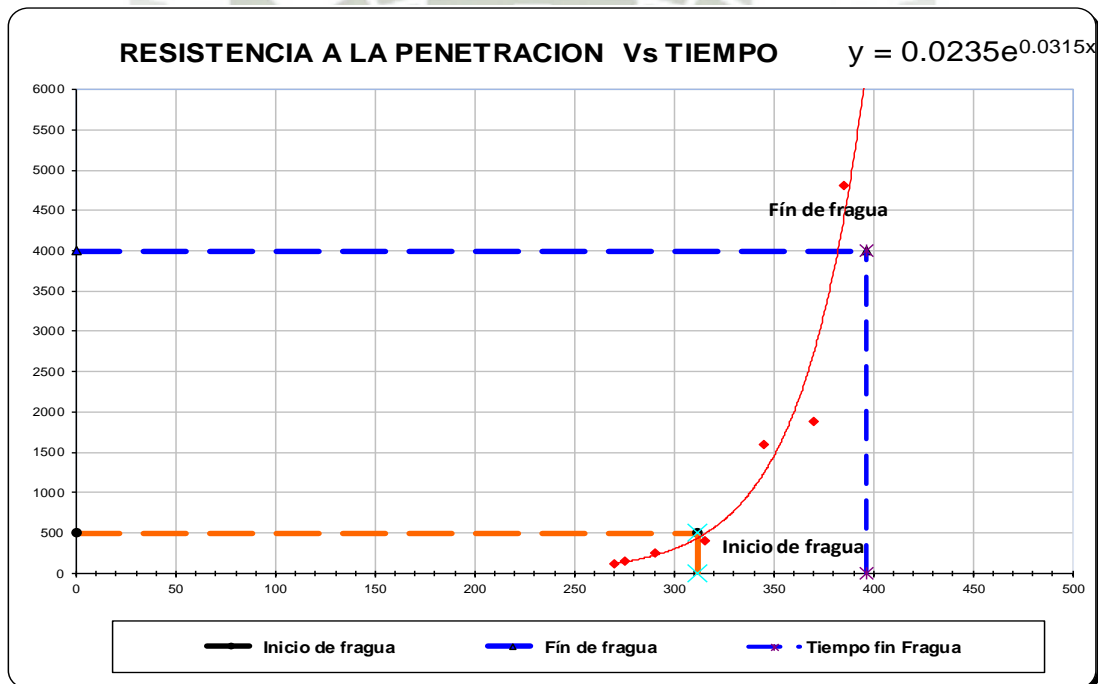
Tabla 4.11 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 280 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 10%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
9:25	0	0	1	1.128	1.000	0
13:55	270	106	1	1.128	1.000	106
14:00	275	72	2	0.798	0.500	144
14:15	290	128	2	0.798	0.500	256
14:40	315	100	3	0.564	0.250	400
15:10	345	160	4	0.357	0.100	1600
15:35	370	94	5	0.252	0.050	1880
15:50	385	120	6	0.178	0.025	4800
16:00	395	166	6	0.178	0.025	6640

Tabla 4.12 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	312 Minutos	5 horas 12 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	396 Minutos	6 horas 36 minutos

Gráfico 4.6 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.7. Diseño  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.

HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO				
 <p>"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</p>				
DISEÑO	280	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	20	%	CEMENTO	YURA TIPO IP
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		22.8	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.4	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.4	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		19.067	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m <sup>3</sup>	
Peso unitario =		2395.2	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	42.07	42.07		
10:00	89.28	131.35		
10:00	38.07	169.42		
10:00	34.20	203.62		
30:00	48.89	252.51		
30:00	26.18	278.69		
30:00	7.07	285.76		
30:00	0.11	285.87		
30:00	0.00	285.87		
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm <sup>2</sup>	
Exudacion =		0.560	ml/cm <sup>2</sup>	

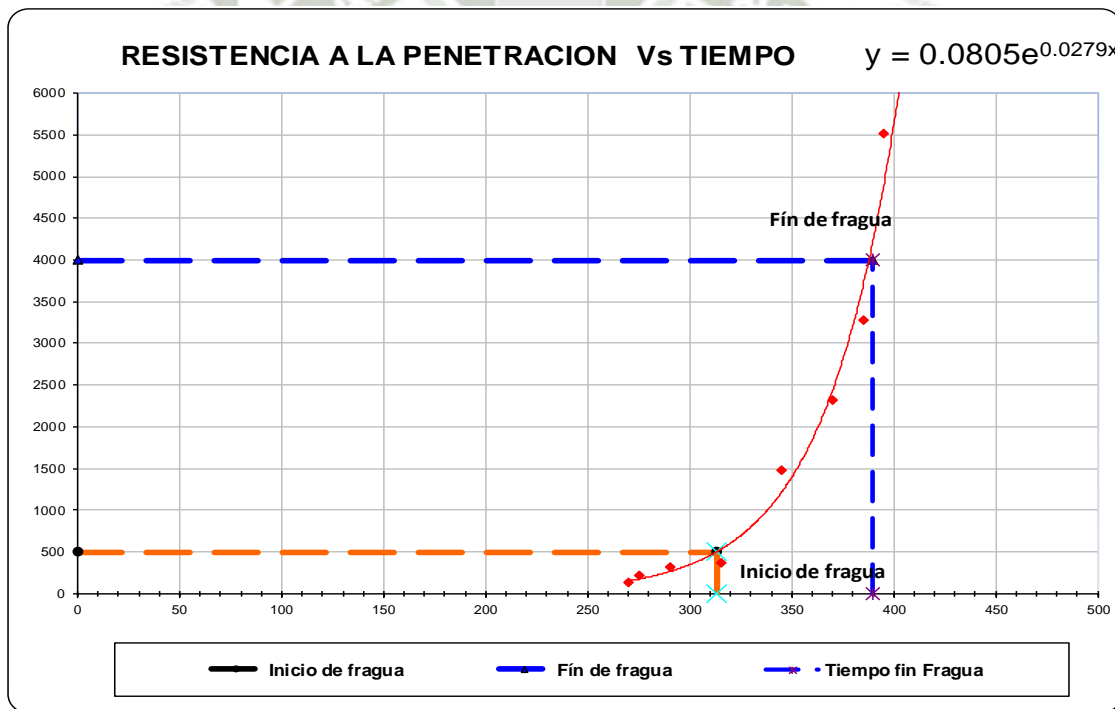
Tabla 4.13 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 280 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 20%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
11:30	0	0	1	1.128	1.000	0
16:00	270	122	1	1.128	1.000	122
16:05	275	110	2	0.798	0.500	220
16:20	290	154	2	0.798	0.500	308
16:45	315	92	3	0.564	0.250	368
17:15	345	148	4	0.357	0.100	1480
17:40	370	116	5	0.252	0.050	2320
17:55	385	82	6	0.178	0.025	3280
18:05	395	138	6	0.178	0.025	5520

Tabla 4. 14 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	313 Minutos	5 horas 13 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	390 Minutos	6 horas 30 minutos

Gráfico 4.7 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.8. Diseño  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	280	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	30	%	CEMENTO	YURA TIPO IP
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
	T =	23.2	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
	Slump =	5.6	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
	Aire =	2.1	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
	P. olla+mezcla =	19.045	Kg.	
	P. de la olla =	2.410	Kg.	
	Volumen =	0.006954	m <sup>3</sup>	
	Peso unitario =	2392.1	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
	Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	
	00:00	0.00	0.00	
	10:00	42.43	42.43	
	10:00	87.56	129.99	
	10:00	43.38	173.37	
	10:00	31.87	205.24	
	30:00	50.43	255.67	
	30:00	24.99	280.66	
	30:00	6.54	287.20	
	30:00	0.46	287.66	
	30:00	0.00	287.66	
	Diametro olla =	25.50	cm	
	Area de olla =	510.71	cm <sup>2</sup>	
	Exudacion =	0.563	ml/cm <sup>2</sup>	

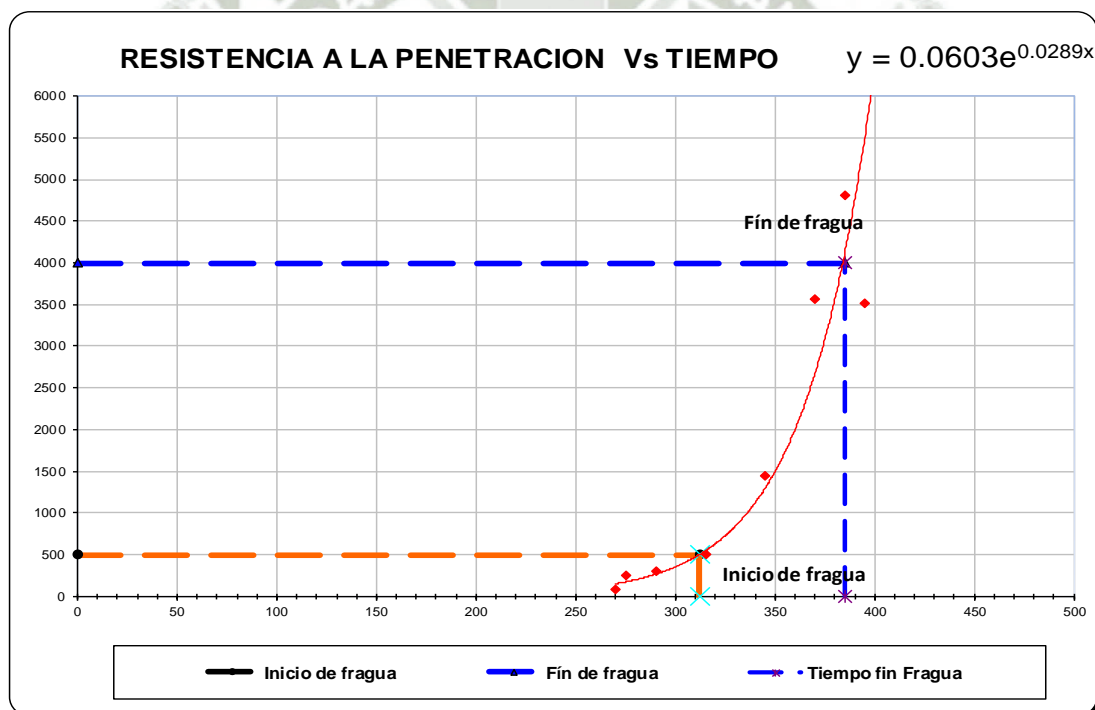
Tabla 4.15 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 280 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 30%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
9:50	0	0	1	1.128	1.000	0
14:20	270	86	1	1.128	1.000	86
14:25	275	126	2	0.798	0.500	252
14:40	290	150	2	0.798	0.500	300
15:05	315	126	3	0.564	0.250	504
15:35	345	144	4	0.357	0.100	1440
16:00	370	178	5	0.252	0.050	3560
16:15	385	120	6	0.178	0.025	4800
16:25	395	88	6	0.178	0.025	3520

Tabla 4. 16 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	312 Minutos	5 horas	12 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	385 Minutos	6 horas

Gráfico 4.8 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia



4.2.1.9. Diseño  $f'c=350$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.

HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO																																														
 <p>"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</p>																																														
DISEÑO	350	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211																																										
CENIZA VOLANTE	0	%	CEMENTO	YURA TIPO IP																																										
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA																																														
T = 23.7 °C																																														
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP																																														
Slump = 5.7 Pulg.																																														
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE																																														
Aire = 2.2 %																																														
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO																																														
P. olla+mezcla = 19.087 Kg.																																														
P. de la olla = 2.410 Kg.																																														
Volumen = 0.006954 m <sup>3</sup>																																														
Peso unitario = 2398.1 kg/m <sup>3</sup>																																														
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tiempo (min)</th> <th>Vol. Parcial (ml)</th> <th>Vol. Acumulado (ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>00:00</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>39.83</td><td>39.83</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>86.24</td><td>126.07</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>36.61</td><td>162.68</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>33.34</td><td>196.02</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>47.37</td><td>243.39</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>25.72</td><td>269.11</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>6.61</td><td>275.72</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>0.17</td><td>275.89</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>0.00</td><td>275.89</td></tr> <tr><td colspan="3">Diametro olla = 25.50 cm</td></tr> <tr><td colspan="3">Area de olla = 510.71 cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td colspan="3">Exudacion = 0.540 ml/cm<sup>2</sup></td></tr> </tbody> </table>					Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	00:00	0.00	0.00	10:00	39.83	39.83	10:00	86.24	126.07	10:00	36.61	162.68	10:00	33.34	196.02	30:00	47.37	243.39	30:00	25.72	269.11	30:00	6.61	275.72	30:00	0.17	275.89	30:00	0.00	275.89	Diametro olla = 25.50 cm			Area de olla = 510.71 cm <sup>2</sup>			Exudacion = 0.540 ml/cm <sup>2</sup>		
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)																																												
00:00	0.00	0.00																																												
10:00	39.83	39.83																																												
10:00	86.24	126.07																																												
10:00	36.61	162.68																																												
10:00	33.34	196.02																																												
30:00	47.37	243.39																																												
30:00	25.72	269.11																																												
30:00	6.61	275.72																																												
30:00	0.17	275.89																																												
30:00	0.00	275.89																																												
Diametro olla = 25.50 cm																																														
Area de olla = 510.71 cm <sup>2</sup>																																														
Exudacion = 0.540 ml/cm <sup>2</sup>																																														

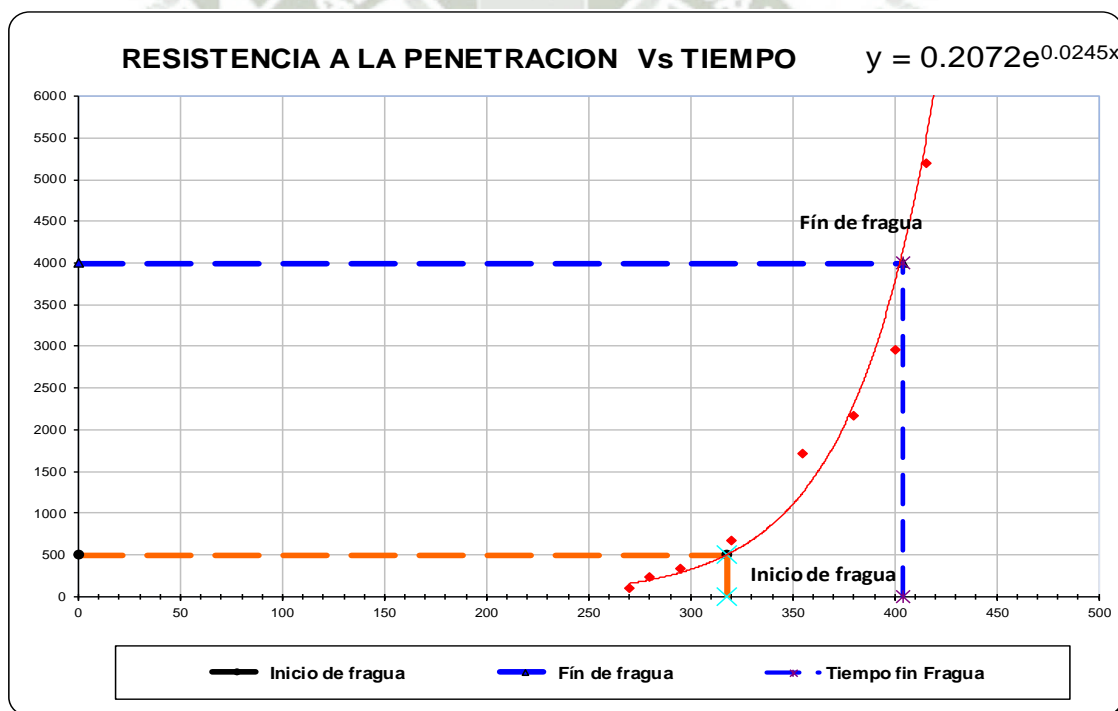
Tabla 4.17 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 350 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 0%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
11:10	0	0	1	1.128	1.000	0
15:40	270	92	1	1.128	1.000	92
15:50	280	118	2	0.798	0.500	236
16:05	295	164	2	0.798	0.500	328
16:30	320	168	3	0.564	0.250	672
17:05	355	172	4	0.357	0.100	1720
17:30	380	108	5	0.252	0.050	2160
17:50	400	74	6	0.178	0.025	2960
18:05	415	130	6	0.178	0.025	5200

Tabla 4.18 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	318 Minutos	5 horas 18 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	404 Minutos	6 horas 44 minutos

Gráfico 4. 9 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.10. Diseño  $f'c=350$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.

<b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>																																														
 <p>"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</p>																																														
DISEÑO	350	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211																																										
CENIZA VOLANTE	10	%	CEMENTO	YURA TIPO IP																																										
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA																																														
T = 25.1 °C																																														
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP																																														
Slump = 5.0 Pulg.																																														
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE																																														
Aire = 2.1 %																																														
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>P. olla+mezcla =</td> <td>19.068</td> <td>Kg.</td> </tr> <tr> <td>P. de la olla =</td> <td>2.410</td> <td>Kg.</td> </tr> <tr> <td>Volumen =</td> <td>0.006954</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso unitario =</td> <td>2395.4</td> <td>kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table>					P. olla+mezcla =	19.068	Kg.	P. de la olla =	2.410	Kg.	Volumen =	0.006954	m <sup>3</sup>	Peso unitario =	2395.4	kg/m <sup>3</sup>																														
P. olla+mezcla =	19.068	Kg.																																												
P. de la olla =	2.410	Kg.																																												
Volumen =	0.006954	m <sup>3</sup>																																												
Peso unitario =	2395.4	kg/m <sup>3</sup>																																												
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tiempo (min)</th> <th>Vol. Parcial (ml)</th> <th>Vol. Acumulado (ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>00:00</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>40.45</td><td>40.45</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>86.76</td><td>127.21</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>38.49</td><td>165.70</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>32.70</td><td>198.40</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>47.87</td><td>246.27</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>20.15</td><td>266.42</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>6.53</td><td>272.95</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>0.29</td><td>273.24</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>0.00</td><td>273.24</td></tr> <tr> <td>Diametro olla =</td> <td>25.50</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Area de olla =</td> <td>510.71</td> <td>cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Exudacion =</td> <td>0.535</td> <td>ml/cm<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table>					Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	00:00	0.00	0.00	10:00	40.45	40.45	10:00	86.76	127.21	10:00	38.49	165.70	10:00	32.70	198.40	30:00	47.87	246.27	30:00	20.15	266.42	30:00	6.53	272.95	30:00	0.29	273.24	30:00	0.00	273.24	Diametro olla =	25.50	cm	Area de olla =	510.71	cm <sup>2</sup>	Exudacion =	0.535	ml/cm <sup>2</sup>
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)																																												
00:00	0.00	0.00																																												
10:00	40.45	40.45																																												
10:00	86.76	127.21																																												
10:00	38.49	165.70																																												
10:00	32.70	198.40																																												
30:00	47.87	246.27																																												
30:00	20.15	266.42																																												
30:00	6.53	272.95																																												
30:00	0.29	273.24																																												
30:00	0.00	273.24																																												
Diametro olla =	25.50	cm																																												
Area de olla =	510.71	cm <sup>2</sup>																																												
Exudacion =	0.535	ml/cm <sup>2</sup>																																												

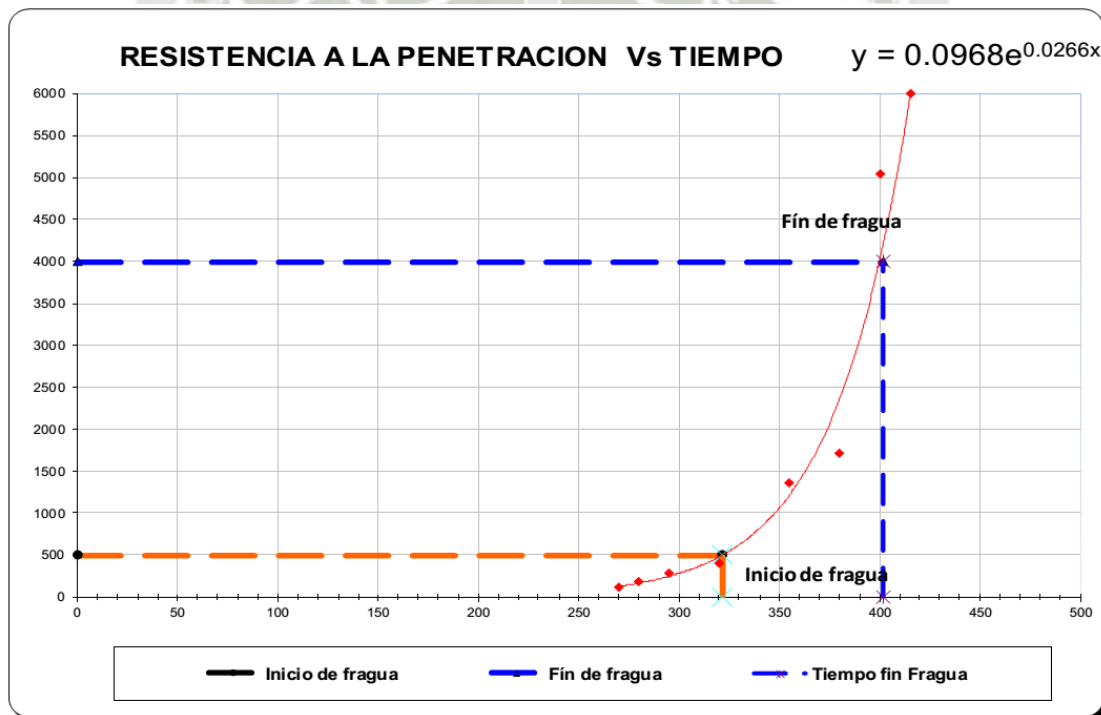
Tabla 4.19 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 350 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 10%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
11:35	0	0	1	1.128	1.000	0
16:05	270	120	1	1.128	1.000	120
16:15	280	88	2	0.798	0.500	176
16:30	295	144	2	0.798	0.500	288
16:55	320	98	3	0.564	0.250	392
17:30	355	136	4	0.357	0.100	1360
17:55	380	86	5	0.252	0.050	1720
18:15	400	126	6	0.178	0.025	5040
18:30	415	150	6	0.178	0.025	6000

Tabla 4.20 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	321 Minutos	5 horas 21 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	402 Minutos

Gráfico 4. 10 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.11. Diseño  $f'c=350$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	350	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	20	%	CEMENTO	YURA TIPO IP
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		22.5	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.4	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.4	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =	19.064	Kg.		
P. de la olla =	2.410	Kg.		
Volumen =	0.006954	m <sup>3</sup>		
Peso unitario =	2394.8	kg/m <sup>3</sup>		
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	41.61	41.61		
10:00	88.12	129.73		
10:00	40.23	169.96		
10:00	32.56	202.52		
30:00	48.71	251.23		
30:00	24.64	275.87		
30:00	6.63	282.50		
30:00	0.35	282.85		
30:00	0.00	282.85		
Diametro olla =	25.50	cm		
Area de olla =	510.71	cm <sup>2</sup>		
Exudacion =	0.554	ml/cm <sup>2</sup>		

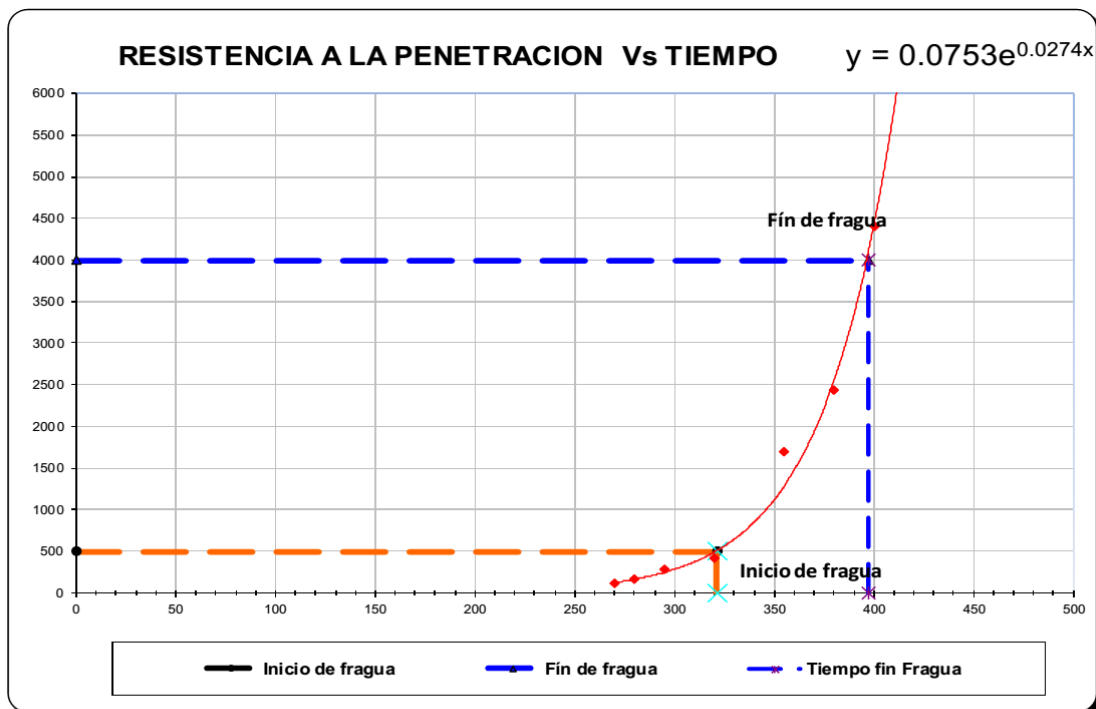
Tabla 4.21 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 350 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 20%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
9:55	0	0	1	1.128	1.000	0
14:25	270	116	1	1.128	1.000	116
14:35	280	82	2	0.798	0.500	164
14:50	295	138	2	0.798	0.500	276
15:15	320	102	3	0.564	0.250	408
15:50	355	170	4	0.357	0.100	1700
16:15	380	122	5	0.252	0.050	2440
16:35	400	110	6	0.178	0.025	4400
16:50	415	154	6	0.178	0.025	6160

Tabla 4.22 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	321 Minutos	5 horas 21 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	397 Minutos	6 horas 37 minutos

Gráfico 4. 11 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.12. Diseño  $f'c=350 \text{ kgf/cm}^2$  con ceniza volante al 30%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	350	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	30	%	CEMENTO	YURA TIPO IP
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
	T =	24.3	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
	Slump =	5.4	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
	Aire =	2.2	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
	P. olla+mezcla =	19.035	Kg.	
	P. de la olla =	2.410	Kg.	
	Volumen =	0.006954	m <sup>3</sup>	
	Peso unitario =	2390.6	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
	Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	
	00:00	0.00	0.00	
	10:00	38.03	38.03	
	10:00	77.92	115.95	
	10:00	31.95	147.90	
	10:00	38.41	186.31	
	30:00	49.35	235.66	
	30:00	29.47	265.13	
	30:00	5.86	270.99	
	30:00	0.26	271.25	
	30:00	0.00	271.25	
	Diametro olla =	25.50	cm	
	Area de olla =	510.71	cm <sup>2</sup>	
	Exudacion =	0.531	ml/cm <sup>2</sup>	

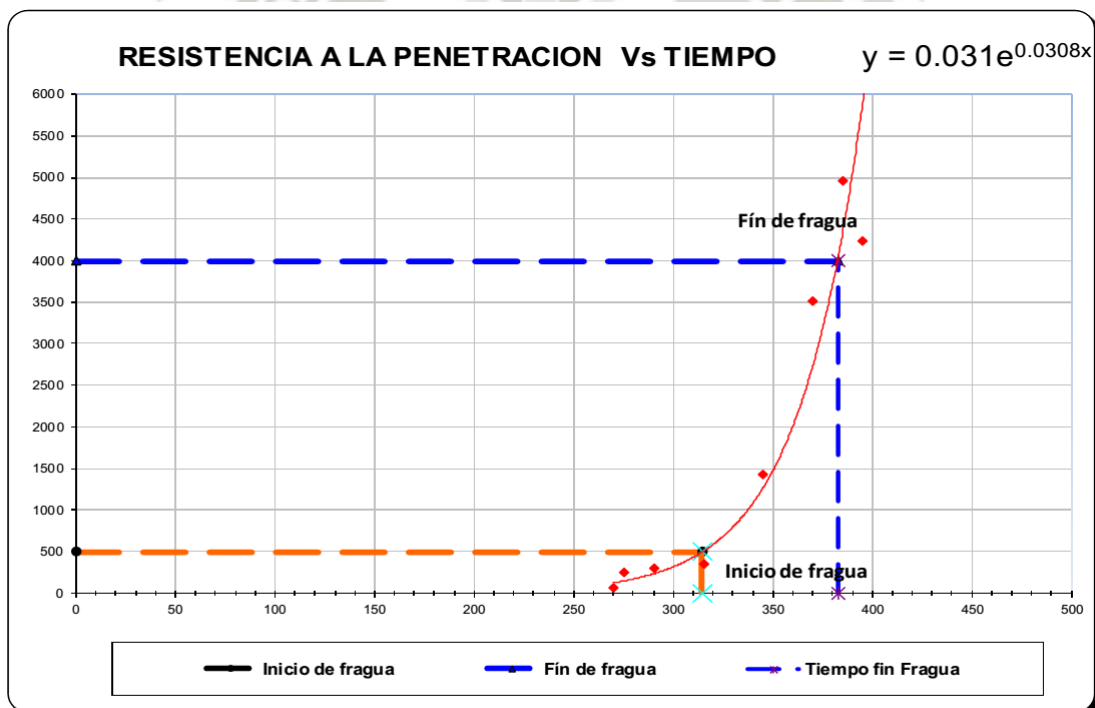
Tabla 4.23 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 350 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 30%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
9:00	0	0	1	1.128	1.000	0
13:30	270	70	1	1.128	1.000	70
13:35	275	124	2	0.798	0.500	248
13:50	290	148	2	0.798	0.500	296
14:15	315	88	3	0.564	0.250	352
14:45	345	142	4	0.357	0.100	1420
15:10	370	176	5	0.252	0.050	3520
15:25	385	124	6	0.178	0.025	4960
15:35	395	106	6	0.178	0.025	4240

Tabla 4.24 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	315 Minutos	5 horas	15 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	383 Minutos	6 horas

Gráfico 4. 12 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.13. Diseño  $f'c=420$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	420	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	0	%	CEMENTO	YURA TIPO IP
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
	T =	25.6	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
	Slump =	5.5	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
	Aire =	2.3	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
	P. olla+mezcla =	19.102	Kg.	
	P. de la olla =	2.410	Kg.	
	Volumen =	0.006954	m <sup>3</sup>	
	Peso unitario =	2400.2	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
	Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	
	00:00	0.00	0.00	
	10:00	36.07	36.07	
	10:00	74.82	110.89	
	10:00	32.07	142.96	
	10:00	34.63	177.59	
	30:00	49.13	226.72	
	30:00	29.63	256.35	
	30:00	5.52	261.87	
	30:00	0.28	262.15	
	30:00	0.00	262.15	
	Diametro olla =	25.50	cm	
	Area de olla =	510.71	cm <sup>2</sup>	
	Exudacion =	0.513	ml/cm <sup>2</sup>	

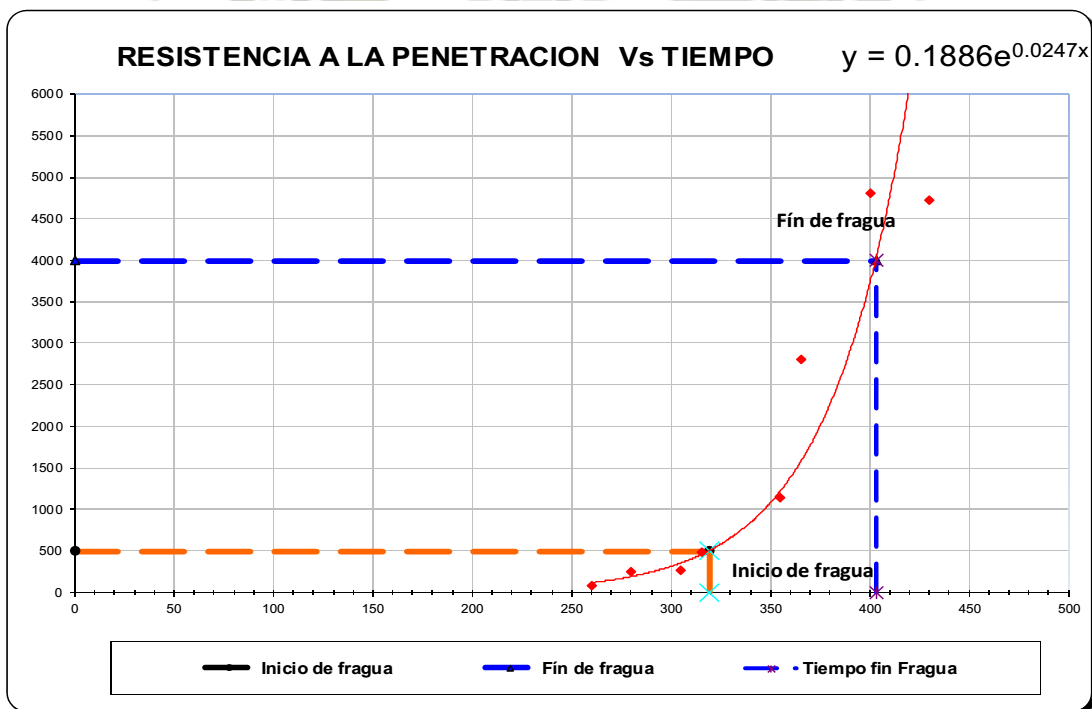
Tabla 4.25 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 420 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 0%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
8:40	0	0	1	1.128	1.000	0
13:00	260	88	1	1.128	1.000	88
13:20	280	120	2	0.798	0.500	240
13:45	305	136	2	0.798	0.500	272
13:55	315	122	3	0.564	0.250	488
14:35	355	114	4	0.357	0.100	1140
14:45	365	140	5	0.252	0.050	2800
15:20	400	120	6	0.178	0.025	4800
15:50	430	118	6	0.178	0.025	4720

Tabla 4. 26 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	319 Minutos	5 horas 19 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	404 Minutos

Gráfico 4. 13 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.1.14. DISEÑO F´C=420 KGF/CM2 CON CENIZA VOLANTE  
AL 10%.**

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	420	kgf	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	10	%	CEMENTO	YURA TIPO IP
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		24.9	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.2	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.4	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		19.095	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m3	
Peso unitario =		2399.2	kg/m3	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	36.19	36.19		
10:00	75.68	111.87		
10:00	32.31	144.18		
10:00	30.85	175.03		
30:00	49.29	224.32		
30:00	21.59	245.91		
30:00	5.52	251.43		
30:00	0.34	251.77		
30:00	0.00	251.77		
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm2	
Exudacion =		0.493	ml/cm2	

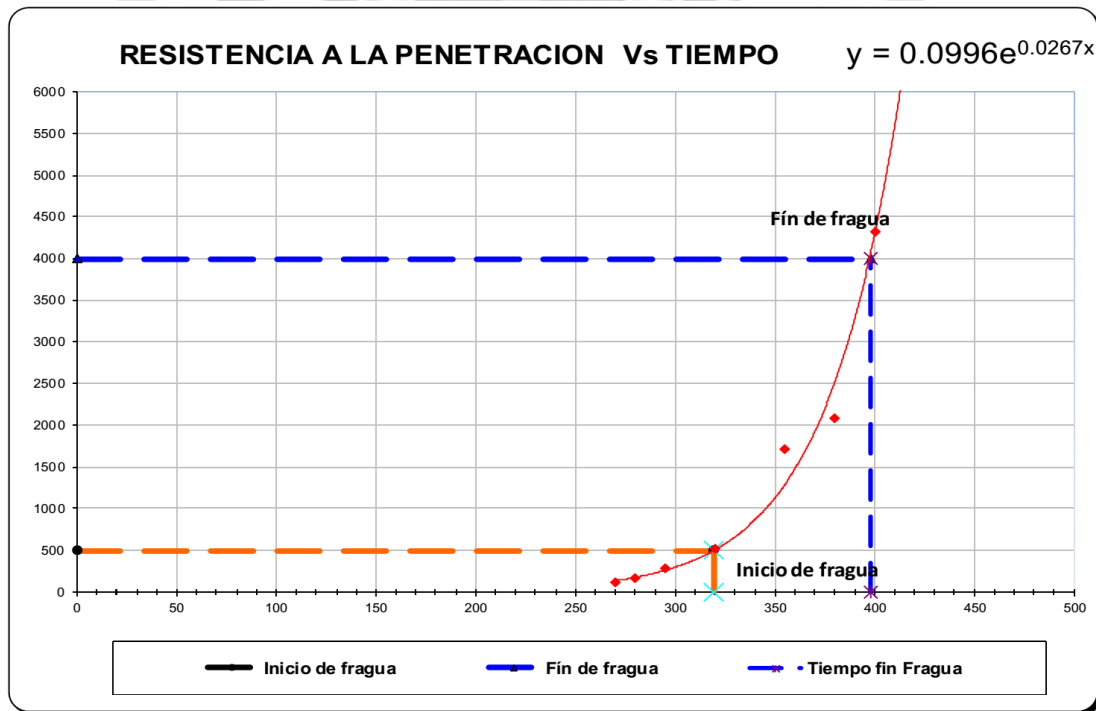
Tabla 4.27 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 420 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 10%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
10:45	0	0	1	1.128	1.000	0
15:15	270	118	1	1.128	1.000	118
15:25	280	84	2	0.798	0.500	168
15:40	295	142	2	0.798	0.500	284
16:05	320	130	3	0.564	0.250	520
16:40	355	172	4	0.357	0.100	1720
17:05	380	104	5	0.252	0.050	2080
17:25	400	108	6	0.178	0.025	4320
17:40	415	152	6	0.178	0.025	6080

Tabla 4. 28 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	319 Minutos	5 horas 19 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	398 Minutos

Gráfico 4. 14 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.15. Diseño  $f'c=420$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.

<b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
	<b>"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</b>			
	DISEÑO	420	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO
CENIZA VOLANTE	20	%	CEMENTO	YURA TIPO IP
<b>ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA</b>				
	T =	23.8	°C	
<b>ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP</b>				
	Slump =	5.6	Pulg.	
<b>ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE</b>				
	Aire =	2.1	%	
<b>ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO</b>				
	P. olla+mezcla =	19.084	Kg.	
	P. de la olla =	2.410	Kg.	
	Volumen =	0.006954	m <sup>3</sup>	
	Peso unitario =	2397.7	kg/m <sup>3</sup>	
<b>ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION</b>				
	Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	
	00:00	0.00	0.00	
	10:00	39.29	39.29	
	10:00	85.40	124.69	
	10:00	36.75	161.44	
	10:00	32.84	194.28	
	30:00	47.03	241.31	
	30:00	25.32	266.63	
	30:00	6.43	273.06	
	30:00	0.23	273.29	
	30:00	0.00	273.29	
	Diametro olla =	25.50	cm	
	Area de olla =	510.71	cm <sup>2</sup>	
	Exudacion =	0.535	ml/cm <sup>2</sup>	

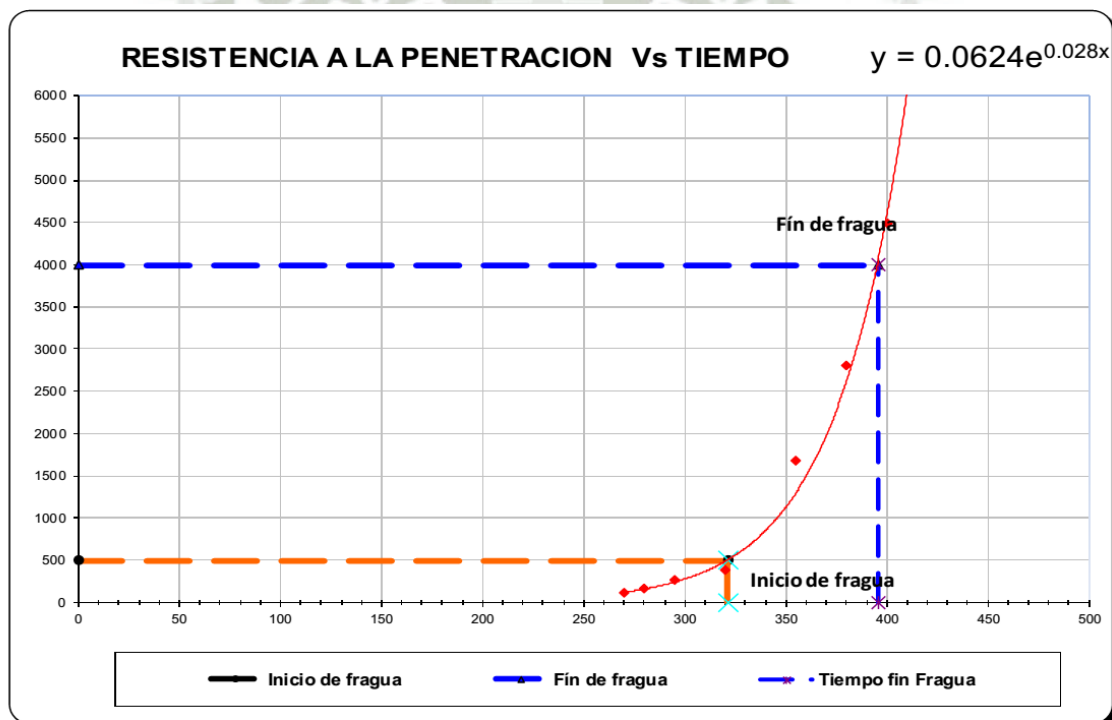
Tabla 4. 29 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 420 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 20%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
9:05	0	0	1	1.128	1.000	0
13:35	270	114	1	1.128	1.000	114
13:45	280	80	2	0.798	0.500	160
14:00	295	136	2	0.798	0.500	272
14:25	320	94	3	0.564	0.250	376
15:00	355	168	4	0.357	0.100	1680
15:25	380	140	5	0.252	0.050	2800
15:45	400	112	6	0.178	0.025	4480
16:00	415	156	6	0.178	0.025	6240

Tabla 4. 30 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	321 Minutos	5 horas	21 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	396 Minutos	6 horas

Gráfico 4. 15 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.16. Diseño  $f'c=420$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	420	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	30	%	CEMENTO	YURA TIPO IP
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		22.5	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.1	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.3	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		19.074	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m <sup>3</sup>	
Peso unitario =		2396.2	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	34.11	34.11		
10:00	71.72	105.83		
10:00	32.19	138.02		
10:00	30.85	168.87		
30:00	48.91	217.78		
30:00	29.79	247.57		
30:00	5.18	252.75		
30:00	0.30	253.05		
30:00	0.00	253.05		
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm <sup>2</sup>	
Exudacion =		0.495	ml/cm <sup>2</sup>	

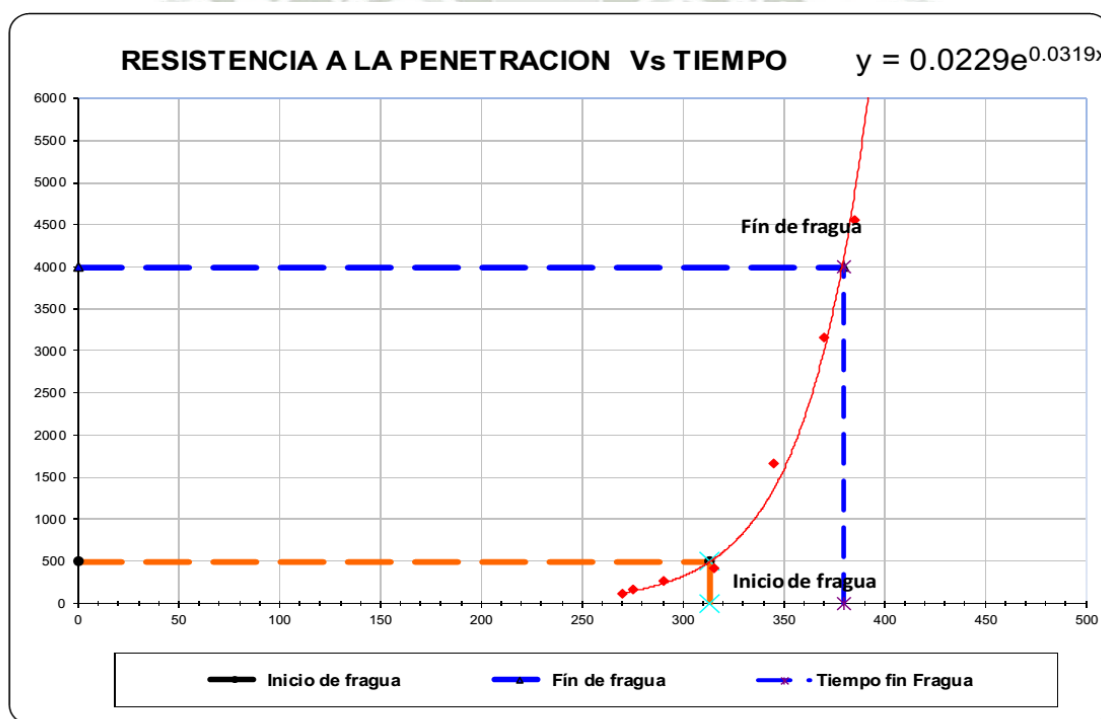
Tabla 4.31 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 420 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA IP - Ceniza 30%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
11:55	0	0	1	1.128	1.000	0
16:25	270	112	1	1.128	1.000	112
16:30	275	78	2	0.798	0.500	156
16:45	290	134	2	0.798	0.500	268
17:10	315	102	3	0.564	0.250	408
17:40	345	166	4	0.357	0.100	1660
18:05	370	158	5	0.252	0.050	3160
18:20	385	114	6	0.178	0.025	4560
18:30	395	160	6	0.178	0.025	6400

Tabla 4. 32 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	313 Minutos	5 horas 13 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	379 Minutos

Gráfico 4. 16 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Resultados en estado fresco Cemento Yura tipo V.

##### 4.2.2.1. Diseño $f'c=210$ kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	210	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	0	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		29.0	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		6.1	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.3	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		19.446	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m <sup>3</sup>	
Peso unitario =		2449.7	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	43.93	43.93		
10:00	90.84	134.77		
10:00	43.71	178.48		
10:00	32.28	210.76		
30:00	44.23	254.99		
30:00	23.96	278.95		
30:00	6.83	285.78		
30:00	0.47	286.25		
30:00	0.00	286.25		
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm <sup>2</sup>	
Exudacion =		0.560	ml/cm <sup>2</sup>	

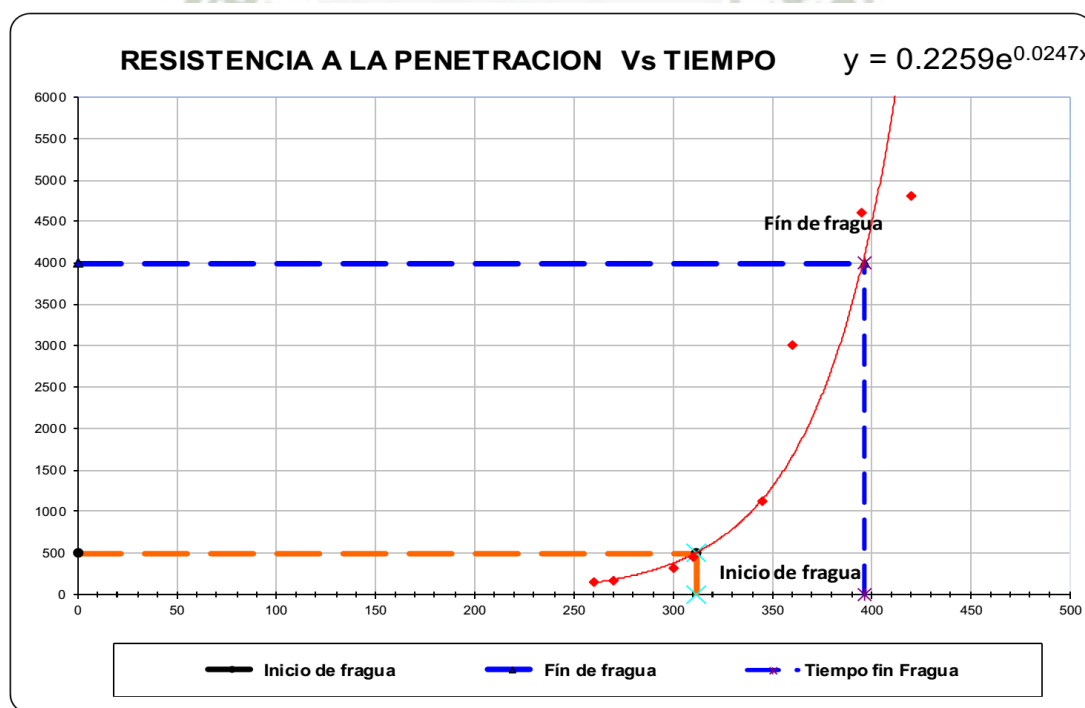
Tabla 4.33 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 210 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 0%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
8:45	0	0	1	1.128	1.000	0
13:05	260	140	1	1.128	1.000	140
13:15	270	83	2	0.798	0.500	166
13:45	300	160	2	0.798	0.500	320
13:55	310	114	3	0.564	0.250	456
14:30	345	112	4	0.357	0.100	1120
14:45	360	150	5	0.252	0.050	3000
15:20	395	115	6	0.178	0.025	4600
15:45	420	120	6	0.178	0.025	4800

Tabla 4.34 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	312 Minutos	5 horas 12 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	396 Minutos	6 horas 36 minutos

Gráfico 4. 17 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2. Diseño  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.

<b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	210	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	10	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		21.0	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.7	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.2	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		19.226	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m <sup>3</sup>	
Peso unitario =		2418.1	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	43.47	43.47		
10:00	89.54	133.01		
10:00	42.51	175.52		
10:00	32.04	207.56		
30:00	50.62	258.18		
30:00	25.16	283.34		
30:00	6.71	290.05		
30:00	0.48	290.53		
30:00	0.00	290.53		
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm <sup>2</sup>	
Exudacion =		0.569	ml/cm <sup>2</sup>	

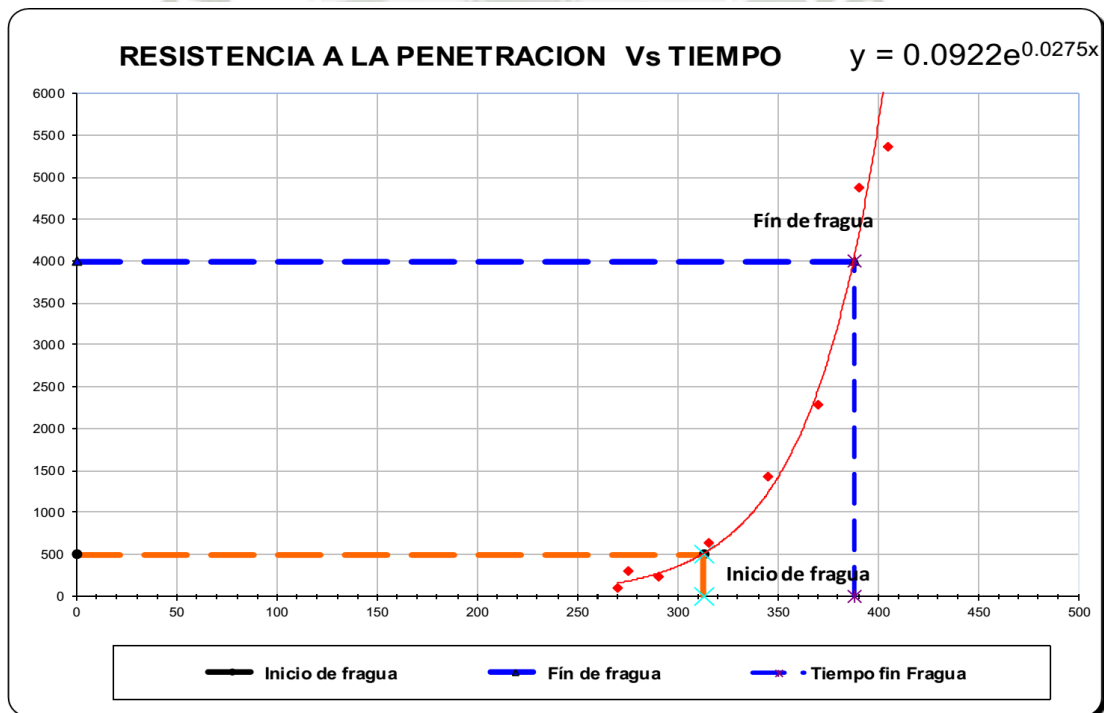
Tabla 4.33 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 210 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 10%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
11:30	0	0	1	1.128	1.000	0
16:00	270	94	1	1.128	1.000	94
16:05	275	150	2	0.798	0.500	300
16:20	290	114	2	0.798	0.500	228
16:45	315	160	3	0.564	0.250	640
17:15	345	142	4	0.357	0.100	1420
17:40	370	114	5	0.252	0.050	2280
18:00	390	122	6	0.178	0.025	4880
18:15	405	134	6	0.178	0.025	5360

Tabla 4.36 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	313 Minutos	5 horas	13 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	388 Minutos	6 horas

Gráfico 4. 18 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.2.3. Diseño $f'c=210$ kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	210	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	20	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		21.4	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.5	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.2	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		19.182	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m <sup>3</sup>	
Peso unitario =		2411.8	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	42.19	42.19		
10:00	88.80	130.99		
10:00	41.10	172.09		
10:00	32.49	204.58		
30:00	49.13	253.71		
30:00	24.47	278.18		
30:00	6.68	284.86		
30:00	0.38	285.24		
30:00	0.00	285.24		
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm <sup>2</sup>	
Exudacion =		0.559	ml/cm <sup>2</sup>	

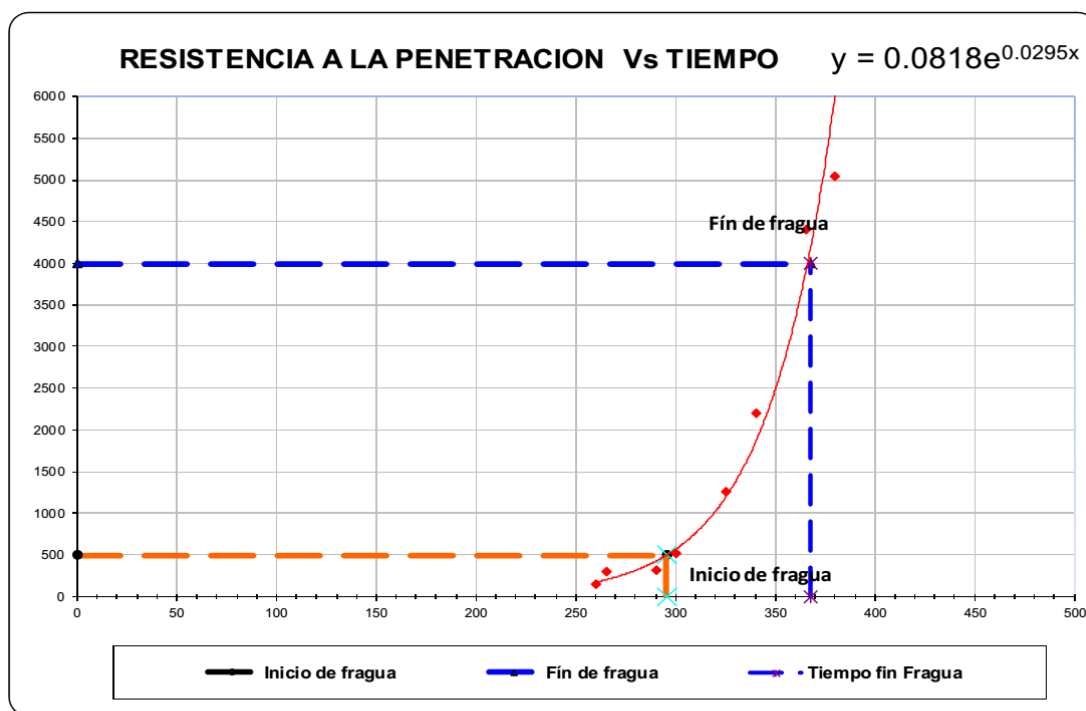
Tabla 4 37 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 210 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 20%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
9:40	0	0	1	1.128	1.000	0
14:00	260	142	1	1.128	1.000	142
14:05	265	150	2	0.798	0.500	300
14:30	290	160	2	0.798	0.500	320
14:40	300	130	3	0.564	0.250	520
15:05	325	126	4	0.357	0.100	1260
15:20	340	110	5	0.252	0.050	2200
15:45	365	110	6	0.178	0.025	4400
16:00	380	126	6	0.178	0.025	5040

Tabla 4.38 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	296 Minutos	4 horas	56 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	367 Minutos	6 horas

Gráfico 4.19 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.4. Diseño  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.

HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO				
 <p>"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</p>				
DISEÑO	210	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	30	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T = 20.8 °C				
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump = 5.6 Pulg.				
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire = 2.1 %				
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla = 19.198 Kg.				
P. de la olla = 2.410 Kg.				
Volumen = 0.006954 m <sup>3</sup>				
Peso unitario = 2414.1 kg/m <sup>3</sup>				
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)			Vol. Parcial (ml)	
00:00			0.00	
10:00			43.19	
10:00			90.80	
10:00			38.80	
10:00			34.63	
30:00			49.65	
30:00			26.41	
30:00			7.30	
30:00			0.08	
30:00			0.00	
Diametro olla =			25.50 cm	
Area de olla =			510.71 cm <sup>2</sup>	
Exudacion =			0.570 ml/cm <sup>2</sup>	

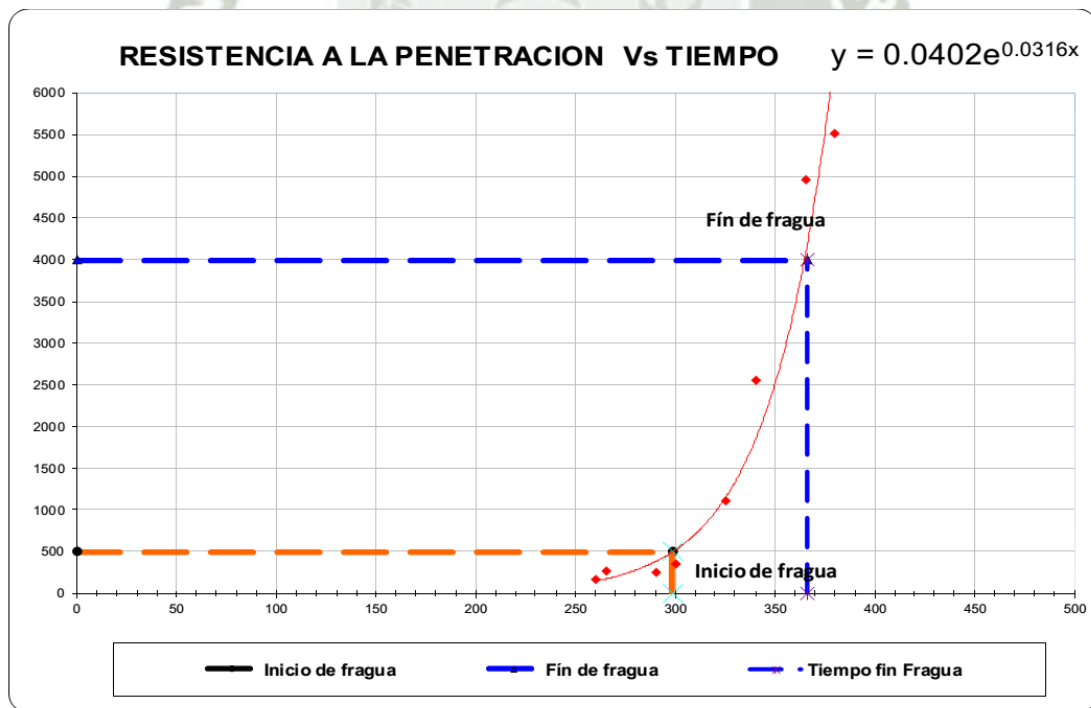
Tabla 4.39 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 210 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 30%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
13:50	0	0	1	1.128	1.000	0
18:10	260	158	1	1.128	1.000	158
18:15	265	130	2	0.798	0.500	260
18:40	290	122	2	0.798	0.500	244
18:50	300	88	3	0.564	0.250	352
19:15	325	110	4	0.357	0.100	1100
19:30	340	128	5	0.252	0.050	2560
19:55	365	124	6	0.178	0.025	4960
20:10	380	138	6	0.178	0.025	5520

Tabla 4. 40 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	298 Minutos	4 horas	58 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	366 Minutos	6 horas

Gráfico 4. 20 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.2.5. Diseño  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.**

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	280	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	0	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		24.7	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.8	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.2	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		19.458	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m <sup>3</sup>	
Peso unitario =		2451.4	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	41.03	41.03		
10:00	87.44	128.47		
10:00	39.36	167.83		
10:00	32.63	200.46		
30:00	48.29	248.75		
30:00	24.81	273.56		
30:00	6.58	280.14		
30:00	0.32	280.46		
30:00	0.00	280.46		
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm <sup>2</sup>	
Exudacion =		0.549	ml/cm <sup>2</sup>	

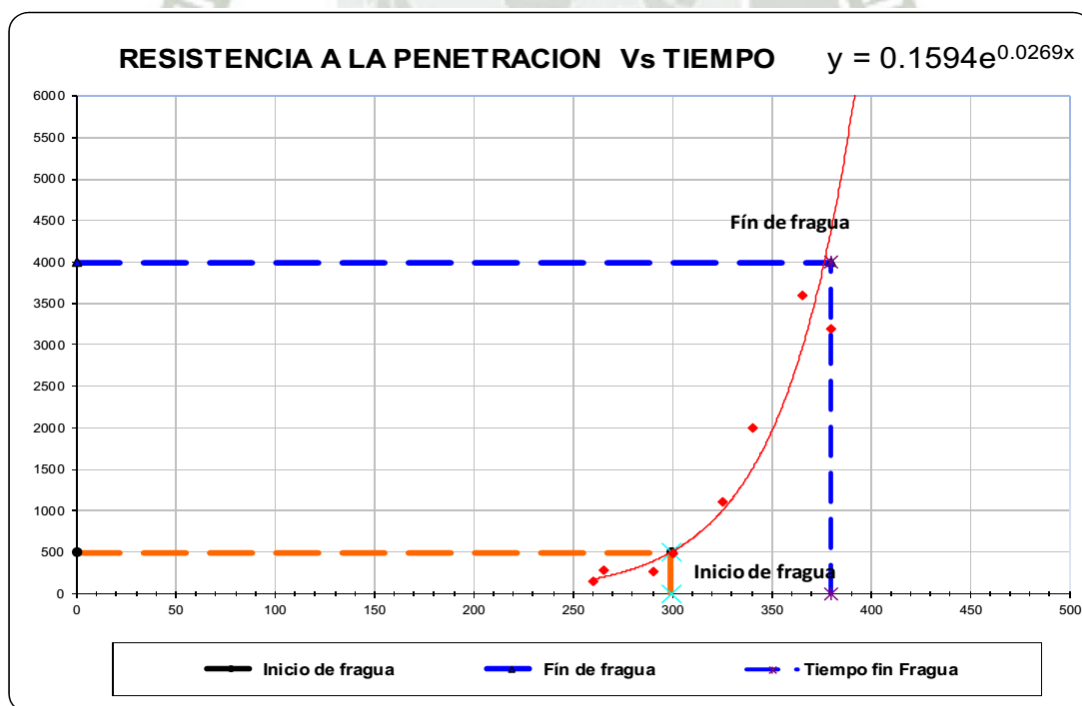
Tabla 4.41 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 280 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 0%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
8:50	0	0	1	1.128	1.000	0
13:10	260	150	1	1.128	1.000	150
13:15	265	140	2	0.798	0.500	280
13:40	290	130	2	0.798	0.500	260
13:50	300	120	3	0.564	0.250	480
14:15	325	110	4	0.357	0.100	1100
14:30	340	100	5	0.252	0.050	2000
14:55	365	90	6	0.178	0.025	3600
15:10	380	80	6	0.178	0.025	3200

Tabla 4. 42 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	299 Minutos	4 horas	59 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	380 Minutos	6 horas

Gráfico 4. 21 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.2.6. Diseño  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.**

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	280	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	10	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		24.1	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.2	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.1	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		19.301	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m <sup>3</sup>	
Peso unitario =		2428.9	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	39.31	39.31		
10:00	81.62	120.93		
10:00	37.71	158.64		
10:00	31.36	190.00		
30:00	49.86	239.86		
30:00	27.56	267.42		
30:00	6.03	273.45		
30:00	0.40	273.85		
30:00	0.00	273.85		
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm <sup>2</sup>	
Exudacion =		0.536	ml/cm <sup>2</sup>	

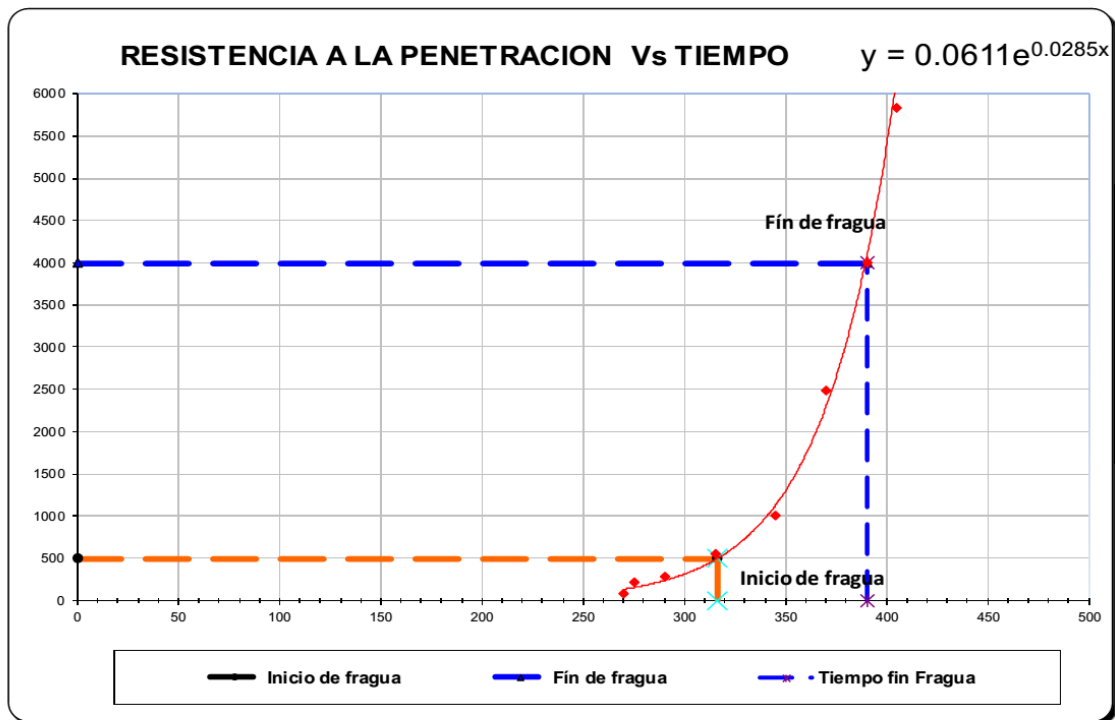
Tabla 4.43 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 280 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 10%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
12:00	0	0	1	1.128	1.000	0
16:30	270	80	1	1.128	1.000	80
16:35	275	104	2	0.798	0.500	208
16:50	290	142	2	0.798	0.500	284
17:15	315	138	3	0.564	0.250	552
17:45	345	100	4	0.357	0.100	1000
18:10	370	124	5	0.252	0.050	2480
18:30	390	100	6	0.178	0.025	4000
18:45	405	146	6	0.178	0.025	5840

Tabla 4.44 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	316 Minutos	5 horas 16 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	390 Minutos

Gráfico 4. 22 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.2.7. DISEÑO F´C=280 KGF/CM2 CON CENIZA VOLANTE  
AL 20%.**

<b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>																																														
 <p>"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</p>																																														
DISEÑO	280	kgf/cm2	DISEÑO	ACI 211																																										
CENIZA VOLANTE	20	%	CEMENTO	YURA TIPO V																																										
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA																																														
T = 22.8 °C																																														
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP																																														
Slump = 5.0 Pulg.																																														
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE																																														
Aire = 2.0 %																																														
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">P. olla+mezcla =</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">19.257</td> <td style="width: 40%;">Kg.</td> </tr> <tr> <td>P. de la olla =</td> <td style="text-align: center;">2.410</td> <td>Kg.</td> </tr> <tr> <td>Volumen =</td> <td style="text-align: center;">0.006954</td> <td>m3</td> </tr> <tr> <td>Peso unitario =</td> <td style="text-align: center;">2422.5</td> <td>kg/m3</td> </tr> </table>					P. olla+mezcla =	19.257	Kg.	P. de la olla =	2.410	Kg.	Volumen =	0.006954	m3	Peso unitario =	2422.5	kg/m3																														
P. olla+mezcla =	19.257	Kg.																																												
P. de la olla =	2.410	Kg.																																												
Volumen =	0.006954	m3																																												
Peso unitario =	2422.5	kg/m3																																												
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Tiempo (min)</th> <th style="width: 25%;">Vol. Parcial (ml)</th> <th style="width: 50%;">Vol. Acumulado (ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>00:00</td><td style="text-align: center;">0.00</td><td style="text-align: center;">0.00</td></tr> <tr><td>10:00</td><td style="text-align: center;">39.87</td><td style="text-align: center;">39.87</td></tr> <tr><td>10:00</td><td style="text-align: center;">86.08</td><td style="text-align: center;">125.95</td></tr> <tr><td>10:00</td><td style="text-align: center;">37.62</td><td style="text-align: center;">163.57</td></tr> <tr><td>10:00</td><td style="text-align: center;">32.77</td><td style="text-align: center;">196.34</td></tr> <tr><td>30:00</td><td style="text-align: center;">47.45</td><td style="text-align: center;">243.79</td></tr> <tr><td>30:00</td><td style="text-align: center;">25.15</td><td style="text-align: center;">268.94</td></tr> <tr><td>30:00</td><td style="text-align: center;">6.48</td><td style="text-align: center;">275.42</td></tr> <tr><td>30:00</td><td style="text-align: center;">0.26</td><td style="text-align: center;">275.68</td></tr> <tr><td>30:00</td><td style="text-align: center;">0.00</td><td style="text-align: center;">275.68</td></tr> <tr> <td>Diametro olla =</td> <td style="text-align: center;">25.50</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Area de olla =</td> <td style="text-align: center;">510.71</td> <td>cm2</td> </tr> <tr> <td>Exudacion =</td> <td style="text-align: center;">0.540</td> <td>ml/cm2</td> </tr> </tbody> </table>					Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	00:00	0.00	0.00	10:00	39.87	39.87	10:00	86.08	125.95	10:00	37.62	163.57	10:00	32.77	196.34	30:00	47.45	243.79	30:00	25.15	268.94	30:00	6.48	275.42	30:00	0.26	275.68	30:00	0.00	275.68	Diametro olla =	25.50	cm	Area de olla =	510.71	cm2	Exudacion =	0.540	ml/cm2
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)																																												
00:00	0.00	0.00																																												
10:00	39.87	39.87																																												
10:00	86.08	125.95																																												
10:00	37.62	163.57																																												
10:00	32.77	196.34																																												
30:00	47.45	243.79																																												
30:00	25.15	268.94																																												
30:00	6.48	275.42																																												
30:00	0.26	275.68																																												
30:00	0.00	275.68																																												
Diametro olla =	25.50	cm																																												
Area de olla =	510.71	cm2																																												
Exudacion =	0.540	ml/cm2																																												

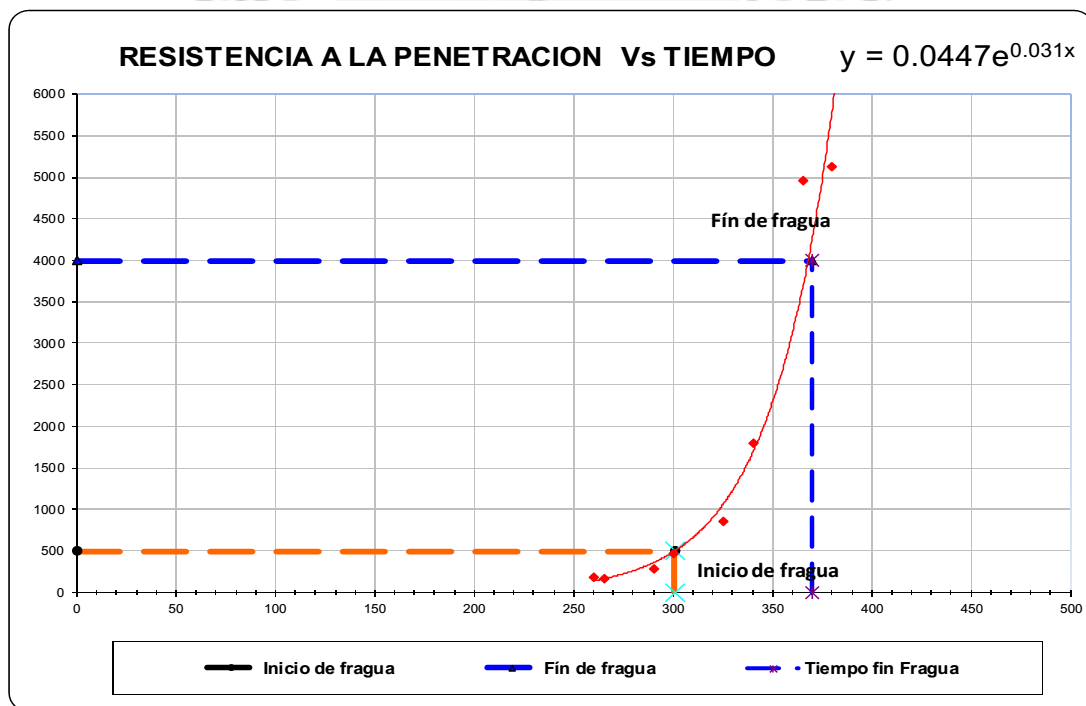
Tabla 4.45 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 280 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 20%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
11:45	0	0	1	1.128	1.000	0
16:05	260	174	1	1.128	1.000	174
16:10	265	86	2	0.798	0.500	172
16:35	290	140	2	0.798	0.500	280
16:45	300	115	3	0.564	0.250	460
17:10	325	86	4	0.357	0.100	860
17:25	340	90	5	0.252	0.050	1800
17:50	365	124	6	0.178	0.025	4960
18:05	380	128	6	0.178	0.025	5120

Tabla 4.46 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	301 Minutos	5 horas	1 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	370 Minutos	6 horas

Gráfico 4. 23 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.8. Diseño  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.

HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO				
 <p>"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</p>				
DISEÑO	280	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	30	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T = 23.2 °C				
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump = 5.5 Pulg.				
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire = 2.1 %				
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla = 19.475 Kg.				
P. de la olla = 2.410 Kg.				
Volumen = 0.006954 m <sup>3</sup>				
Peso unitario = 2453.9 kg/m <sup>3</sup>				
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)			Vol. Parcial (ml)	
00:00			0.00	
10:00			40.95	
10:00			87.76	
10:00			128.71	
10:00			166.05	
10:00			199.82	
30:00			247.95	
30:00			273.90	
30:00			280.74	
30:00			280.88	
30:00			280.88	
30:00			280.88	
Diametro olla =			25.50 cm	
Area de olla =			510.71 cm <sup>2</sup>	
Exudacion =			0.550 ml/cm <sup>2</sup>	

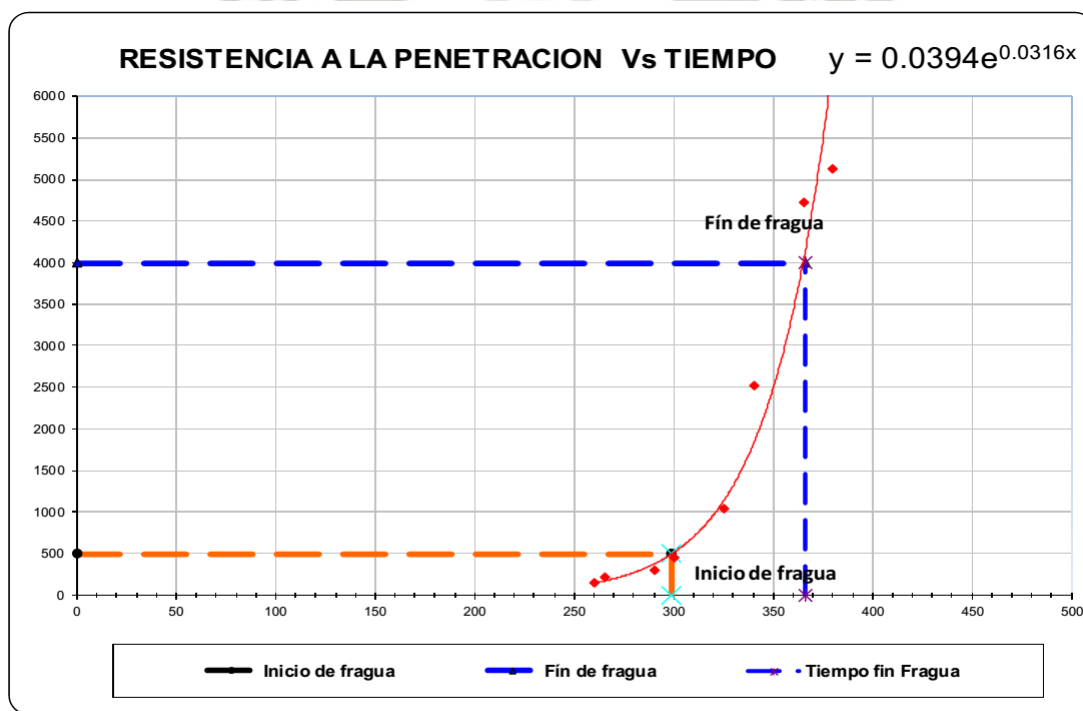
Tabla 4.47 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 280 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 30%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
10:30	0	0	1	1.128	1.000	0
14:50	260	142	1	1.128	1.000	142
14:55	265	104	2	0.798	0.500	208
15:20	290	146	2	0.798	0.500	292
15:30	300	114	3	0.564	0.250	456
15:55	325	104	4	0.357	0.100	1040
16:10	340	126	5	0.252	0.050	2520
16:35	365	118	6	0.178	0.025	4720
16:50	380	128	6	0.178	0.025	5120

Tabla 4.48 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	299 Minutos	4 horas	59 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	366 Minutos	6 horas

Gráfico 4. 24 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.9. Diseño  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 0%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	350	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	0	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		25.2	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.5	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.0	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		19.468	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m <sup>3</sup>	
Peso unitario =		2452.9	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	38.71	38.71		
10:00	84.72	123.43		
10:00	35.88	159.31		
10:00	32.91	192.22		
30:00	46.61	238.83		
30:00	25.49	264.32		
30:00	6.38	270.70		
30:00	0.20	270.90		
30:00	0.00	270.90		
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm <sup>2</sup>	
Exudacion =		0.530	ml/cm <sup>2</sup>	

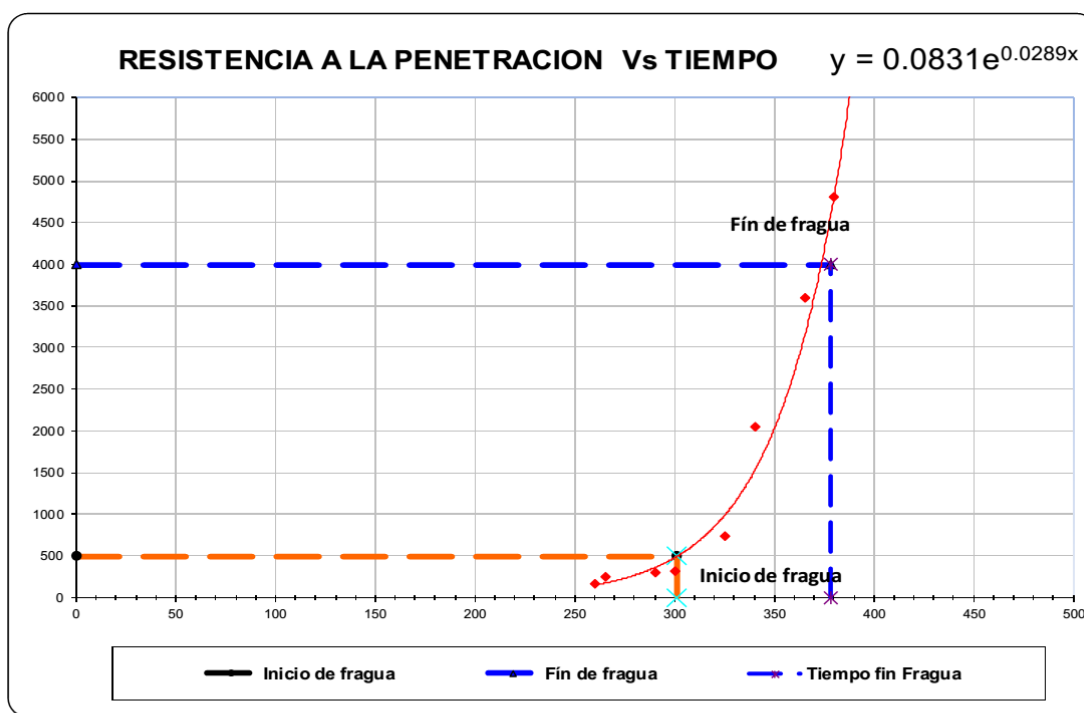
Tabla 4.49 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 350 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 0%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
12:10	0	0	1	1.128	1.000	0
16:30	260	168	1	1.128	1.000	168
16:35	265	120	2	0.798	0.500	240
17:00	290	150	2	0.798	0.500	300
17:10	300	80	3	0.564	0.250	320
17:35	325	74	4	0.357	0.100	740
17:50	340	102	5	0.252	0.050	2040
18:15	365	90	6	0.178	0.025	3600
18:30	380	120	6	0.178	0.025	4800

Tabla 4. 50 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	301 Minutos	5 horas 1 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	379 Minutos

Gráfico 4. 25 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.10. Diseño  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	350	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	10	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
	T =	24.8	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
	Slump =	5.4	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
	Aire =	1.7	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
	P. olla+mezcla =	19.135	Kg.	
	P. de la olla =	2.410	Kg.	
	Volumen =	0.006954	m <sup>3</sup>	
	Peso unitario =	2405.0	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
	Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	
	00:00	0.00	0.00	
	10:00	41.39	41.39	
	10:00	84.25	125.64	
	10:00	41.31	166.95	
	10:00	31.70	198.65	
	30:00	50.24	248.89	
	30:00	26.36	275.25	
	30:00	6.37	281.62	
	30:00	0.44	282.06	
	30:00	0.00	282.06	
	Diametro olla =	25.50	cm	
	Area de olla =	510.71	cm <sup>2</sup>	
	Exudacion =	0.552	ml/cm <sup>2</sup>	

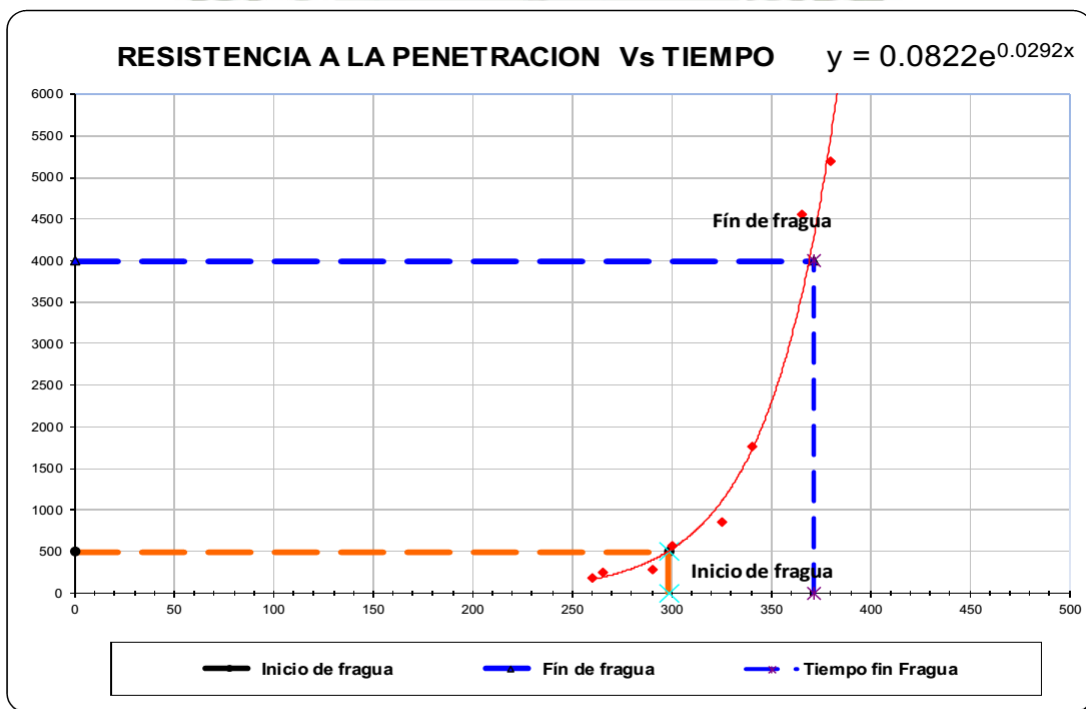
Tabla 4.51 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 350 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 10%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
10:05	0	0	1	1.128	1.000	0
14:25	260	174	1	1.128	1.000	174
14:30	265	120	2	0.798	0.500	240
14:55	290	140	2	0.798	0.500	280
15:05	300	144	3	0.564	0.250	576
15:30	325	86	4	0.357	0.100	860
15:45	340	88	5	0.252	0.050	1760
16:10	365	114	6	0.178	0.025	4560
16:25	380	130	6	0.178	0.025	5200

Tabla 4.52 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	298 Minutos	4 horas	58 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	371 Minutos	6 horas

Gráfico 4. 26 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.11. Diseño  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	350	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	20	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
	T =	23.5	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
	Slump =	5.1	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
	Aire =	2.1	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
	P. olla+mezcla =	19.187	Kg.	
	P. de la olla =	2.410	Kg.	
	Volumen =	0.006954	m <sup>3</sup>	
	Peso unitario =	2412.5	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
	Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	
	00:00	0.00	0.00	
	10:00	39.01	39.01	
	10:00	79.47	118.48	
	10:00	31.89	150.37	
	10:00	40.30	190.67	
	30:00	49.46	240.13	
	30:00	29.39	269.52	
	30:00	6.03	275.55	
	30:00	0.25	275.80	
	30:00	0.00	275.80	
	Diametro olla =	25.50	cm	
	Area de olla =	510.71	cm <sup>2</sup>	
	Exudacion =	0.540	ml/cm <sup>2</sup>	

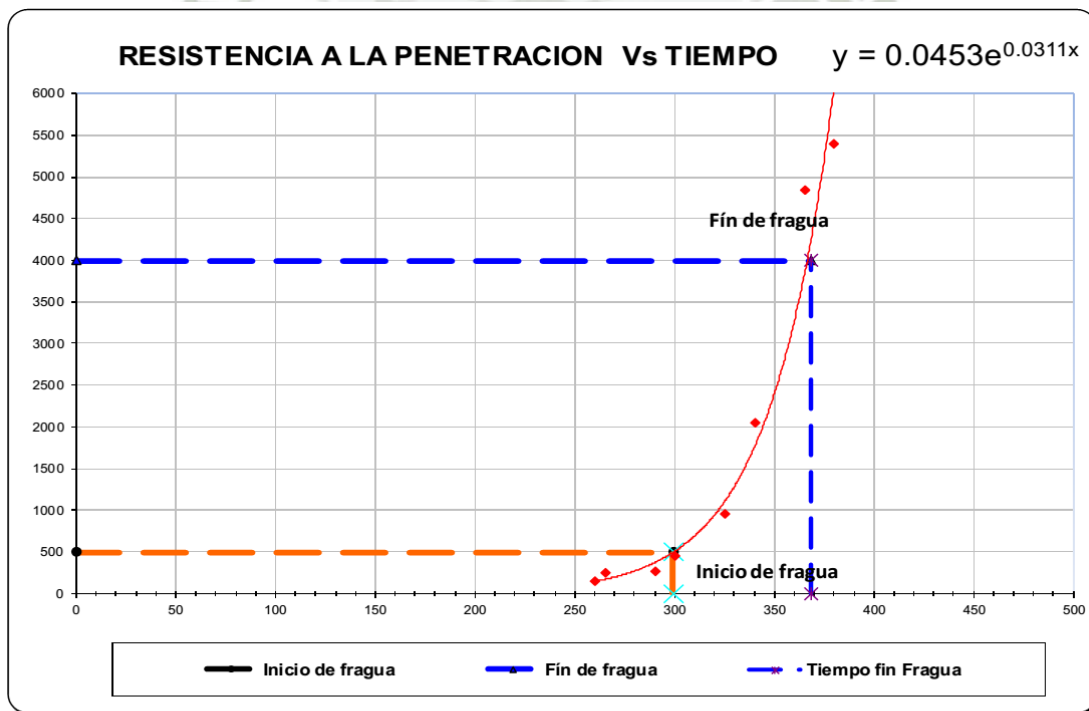
Tabla 4.53 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 350 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 20%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
14:15	0	0	1	1.128	1.000	0
18:35	260	143	1	1.128	1.000	143
18:40	265	122	2	0.798	0.500	244
19:05	290	132	2	0.798	0.500	264
19:15	300	113	3	0.564	0.250	452
19:40	325	95	4	0.357	0.100	950
19:55	340	102	5	0.252	0.050	2040
20:20	365	121	6	0.178	0.025	4840
20:35	380	135	6	0.178	0.025	5400

Tabla 4.54 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	299 Minutos	4 horas 59 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	368 Minutos	6 horas 8 minutos

Gráfico 4. 27 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.12. Diseño  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.

<b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"			
DISEÑO	350	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	30	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T = 25.7 °C				
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump = 5.1 Pulg.				
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire = 1.9 %				
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla = 19.024 Kg.				
P. de la olla = 2.410 Kg.				
Volumen = 0.006954 m <sup>3</sup>				
Peso unitario = 2389.0 kg/m <sup>3</sup>				
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	37.23	37.23		
10:00	77.66	114.89		
10:00	34.11	149.00		
10:00	31.02	180.02		
30:00	49.48	229.50		
30:00	28.76	258.26		
30:00	5.69	263.95		
30:00	0.36	264.31		
30:00	0.00	264.31		
Diametro olla = 25.50 cm				
Area de olla = 510.71 cm <sup>2</sup>				
Exudacion = 0.518 ml/cm <sup>2</sup>				

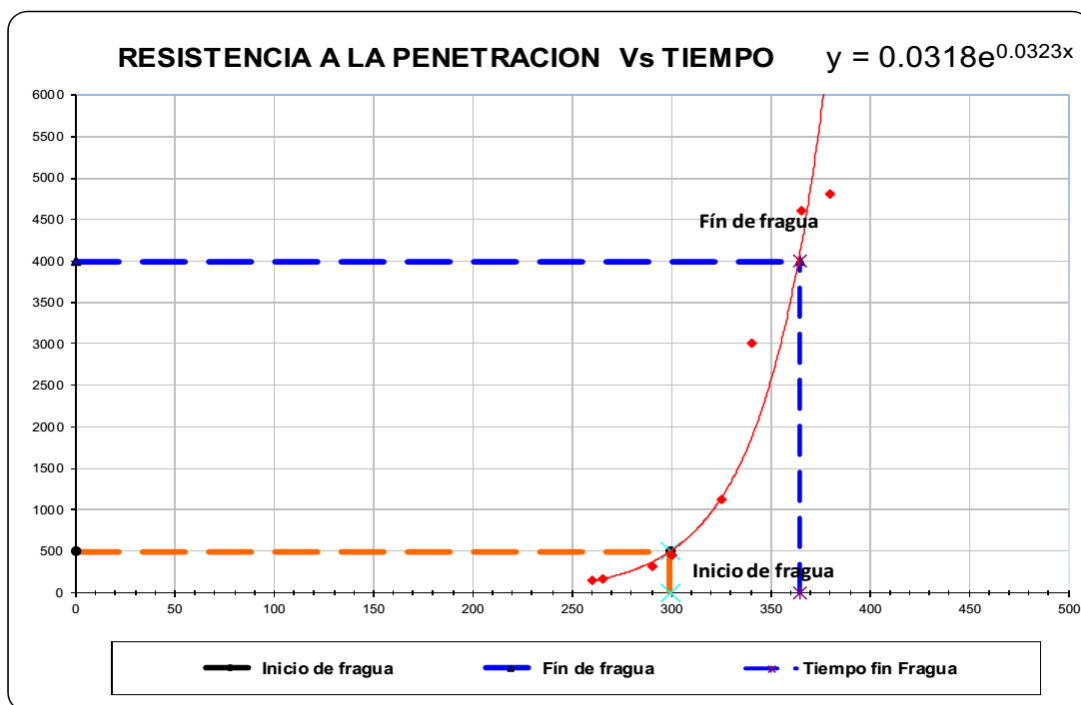
Tabla 4.55 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 350 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 30%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
8:50	0	0	1	1.128	1.000	0
13:10	260	140	1	1.128	1.000	140
13:15	265	83	2	0.798	0.500	166
13:40	290	160	2	0.798	0.500	320
13:50	300	114	3	0.564	0.250	456
14:15	325	112	4	0.357	0.100	1120
14:30	340	150	5	0.252	0.050	3000
14:55	365	115	6	0.178	0.025	4600
15:10	380	120	6	0.178	0.025	4800

Tabla 4.56 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	299 Minutos	4 horas 59 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	365 Minutos	6 horas 5 minutos

Gráfico 4. 28 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.2.13. Diseño  $f'c=420$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 0%**

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	420	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	0	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		25.8	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.3	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.0	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		19.385	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m <sup>3</sup>	
Peso unitario =		2440.9	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	35.15	35.15		
10:00	61.24	96.39		
10:00	32.25	128.64		
10:00	28.64	157.28		
30:00	49.10	206.38		
30:00	29.96	236.34		
30:00	5.35	241.69		
30:00	0.32	242.01		
30:00	0.00	242.01		
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm <sup>2</sup>	
Exudacion =		0.474	ml/cm <sup>2</sup>	

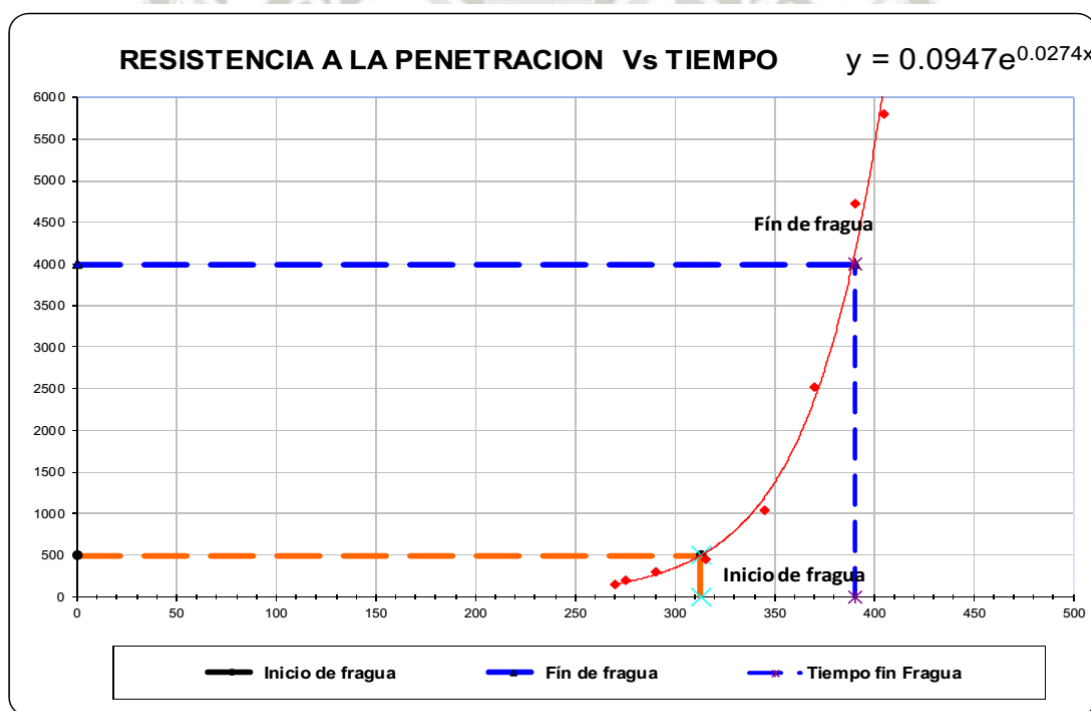
Tabla 4.57 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 420 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 0%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
11:00	0	0	1	1.128	1.000	0
15:30	270	142	1	1.128	1.000	142
15:35	275	100	2	0.798	0.500	200
15:50	290	146	2	0.798	0.500	292
16:15	315	114	3	0.564	0.250	456
16:45	345	104	4	0.357	0.100	1040
17:10	370	126	5	0.252	0.050	2520
17:30	390	118	6	0.178	0.025	4720
17:45	405	145	6	0.178	0.025	5800

Tabla 4. 58 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	313 Minutos	5 horas	13 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	390 Minutos	6 horas	30 minutos

Gráfico 4. 29 Resultados de ensayo de fragua al 0%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.14. Diseño  $f'c=420$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 10%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	420	kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	10	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		24.4	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.1	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		2.1	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =	19.087	Kg.		
P. de la olla =	2.410	Kg.		
Volumen =	0.006954	m <sup>3</sup>		
Peso unitario =	2398.1	kg/m <sup>3</sup>		
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)		
00:00	0.00	0.00		
10:00	35.09	35.09		
10:00	65.14	100.23		
10:00	32.13	132.36		
10:00	32.74	165.10		
30:00	49.02	214.12		
30:00	29.71	243.83		
30:00	5.35	249.18		
30:00	0.29	249.47		
30:00	0.00	249.47		
Diametro olla =	25.50	cm		
Area de olla =	510.71	cm <sup>2</sup>		
Exudacion =	0.488	ml/cm <sup>2</sup>		

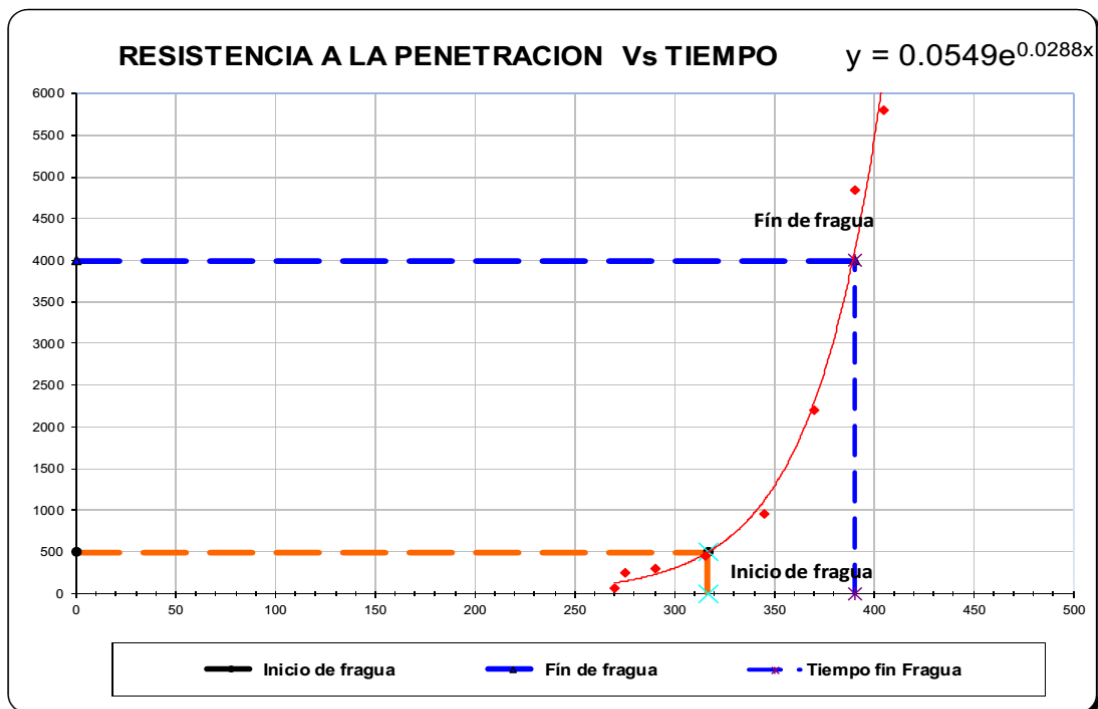
Tabla 4. 59 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 420 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 10%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
9:20	0	0	1	1.128	1.000	0
13:50	270	70	1	1.128	1.000	70
13:55	275	122	2	0.798	0.500	244
14:10	290	150	2	0.798	0.500	300
14:35	315	114	3	0.564	0.250	456
15:05	345	95	4	0.357	0.100	950
15:30	370	110	5	0.252	0.050	2200
15:50	390	121	6	0.178	0.025	4840
16:05	405	145	6	0.178	0.025	5800

Tabla 4.60 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	317 Minutos	5 horas	17 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	390 Minutos	6 horas	30 minutos

Gráfico 4. 30 Resultados de ensayo de fragua al 10%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.15. Diseño  $f'c=420$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 20%.

 <b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
DISEÑO	420	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211
CENIZA VOLANTE	20	%	CEMENTO	YURA TIPO V
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA				
T =		21.4	°C	
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP				
Slump =		5.1	Pulg.	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE				
Aire =		1.9	%	
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO				
P. olla+mezcla =		19.148	Kg.	
P. de la olla =		2.410	Kg.	
Volumen =		0.006954	m <sup>3</sup>	
Peso unitario =		2406.9	kg/m <sup>3</sup>	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION				
	Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	
	00:00	0.00	0.00	
	10:00	38.27	38.27	
	10:00	79.64	117.91	
	10:00	35.91	153.82	
	10:00	31.19	185.01	
	30:00	49.67	234.68	
	30:00	27.39	262.07	
	30:00	5.86	267.93	
	30:00	0.38	268.31	
	30:00	0.00	268.31	
Diametro olla =		25.50	cm	
Area de olla =		510.71	cm <sup>2</sup>	
Exudacion =		0.525	ml/cm <sup>2</sup>	

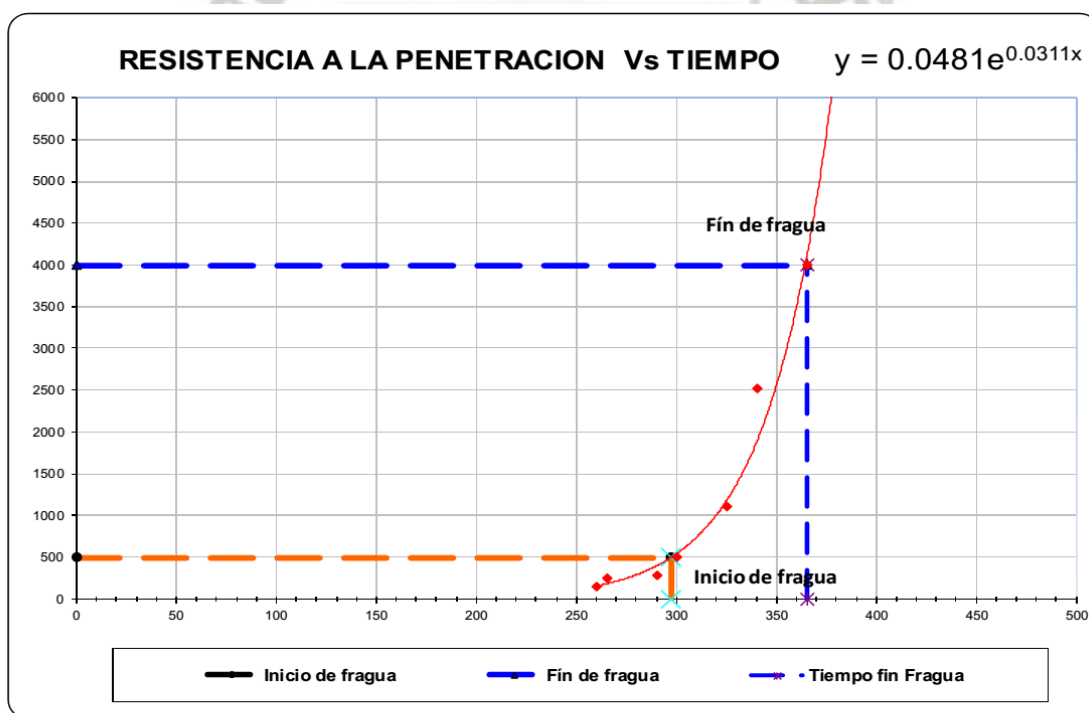
Tabla 4.61 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 420 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 20%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
13:00	0	0	1	1.128	1.000	0
17:20	260	150	1	1.128	1.000	150
17:25	265	120	2	0.798	0.500	240
17:50	290	145	2	0.798	0.500	290
18:00	300	124	3	0.564	0.250	496
18:25	325	110	4	0.357	0.100	1100
18:40	340	126	5	0.252	0.050	2520
19:05	365	100	6	0.178	0.025	4000
19:20	380	155	6	0.178	0.025	6200

Tabla 4.62 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	297 Minutos	4 horas 57 minutos
		TIEMPO DE FRAGUA FINAL	365 Minutos

Gráfico 4. 31 Resultados de ensayo de fragua al 20%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.16. Diseño  $f'c=420$  kgf/cm<sup>2</sup> con ceniza volante al 30%.

<b>HOJA DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>																																					
 <p>"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</p>																																					
DISEÑO	420	Kgf/cm <sup>2</sup>	DISEÑO	ACI 211																																	
CENIZA VOLANTE	30	%	CEMENTO	YURA TIPO V																																	
ENSAYO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA																																					
T = 23.5 °C																																					
ENSAYO PARA MEDIR EL SLUMP																																					
Slump = 5.2 Pulg.																																					
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE																																					
Aire = 1.8 %																																					
ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO																																					
P. olla+mezcla = 19.248 Kg.																																					
P. de la olla = 2.410 Kg.																																					
Volumen = 0.006954 m <sup>3</sup>																																					
Peso unitario = 2421.2 kg/m <sup>3</sup>																																					
ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACION																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tiempo (min)</th> <th>Vol. Parcial (ml)</th> <th>Vol. Acumulado (ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>00:00</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>37.05</td><td>37.05</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>71.20</td><td>108.25</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>32.01</td><td>140.26</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>36.52</td><td>176.78</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>49.24</td><td>226.02</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>22.12</td><td>248.14</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>5.69</td><td>253.83</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>0.27</td><td>254.10</td></tr> <tr><td>30:00</td><td>0.00</td><td>254.10</td></tr> </tbody> </table>					Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)	00:00	0.00	0.00	10:00	37.05	37.05	10:00	71.20	108.25	10:00	32.01	140.26	10:00	36.52	176.78	30:00	49.24	226.02	30:00	22.12	248.14	30:00	5.69	253.83	30:00	0.27	254.10	30:00	0.00	254.10
Tiempo (min)	Vol. Parcial (ml)	Vol. Acumulado (ml)																																			
00:00	0.00	0.00																																			
10:00	37.05	37.05																																			
10:00	71.20	108.25																																			
10:00	32.01	140.26																																			
10:00	36.52	176.78																																			
30:00	49.24	226.02																																			
30:00	22.12	248.14																																			
30:00	5.69	253.83																																			
30:00	0.27	254.10																																			
30:00	0.00	254.10																																			
Diametro olla = 25.50 cm																																					
Area de olla = 510.71 cm <sup>2</sup>																																					
Exudacion = 0.498 ml/cm <sup>2</sup>																																					

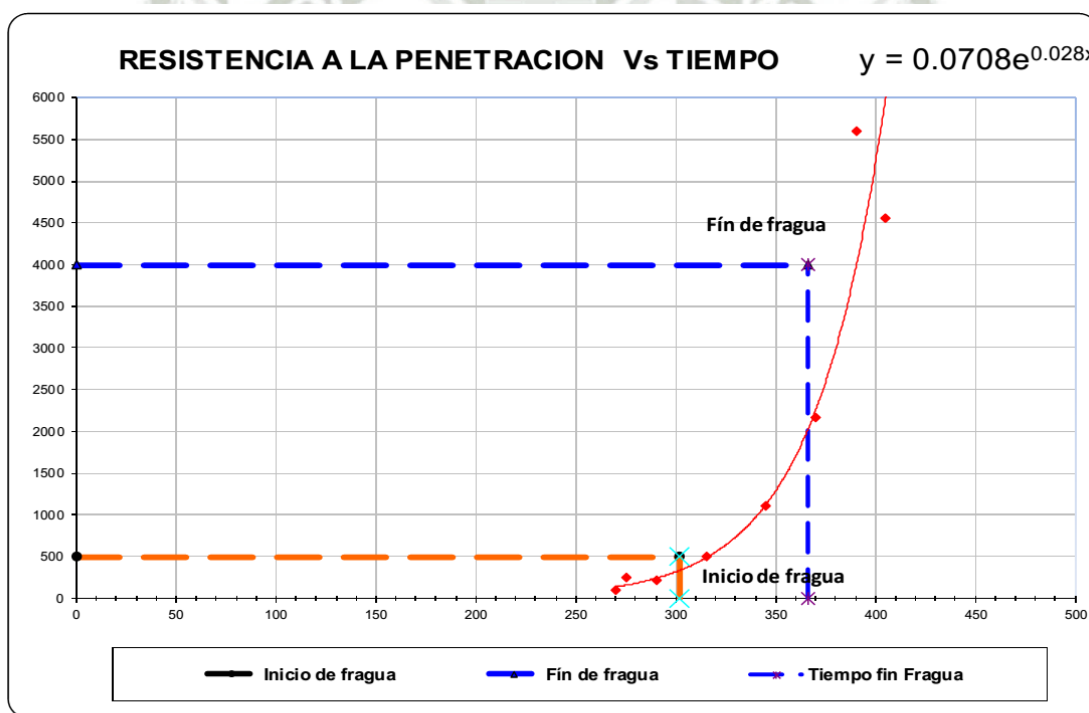
Tabla 4.63 Hoja de resultados en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN						
Diseño Fc = 420 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA V - Ceniza 30%						
Hora Ensayo	Tiempo (Minutos)	Carga (Libras)	Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (PSI)
			Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Area Contacto	
12:20	0	0	1	1.128	1.000	0
16:50	270	98	1	1.128	1.000	98
16:55	275	120	2	0.798	0.500	240
17:10	290	104	2	0.798	0.500	208
17:35	315	126	3	0.564	0.250	504
18:05	345	110	4	0.357	0.100	1100
18:30	370	108	5	0.252	0.050	2160
18:50	390	140	6	0.178	0.025	5600
19:05	405	114	6	0.178	0.025	4560

Tabla 4 64 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	302 Minutos	5 horas	2 minutos
	TIEMPO DE FRAGUA FINAL	366 Minutos	6 horas	6 minutos

Gráfico 4. 32 Resultados de ensayo de fragua al 30%

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3. Resultados en estado endurecido Cemento Yura Tipo IP.

#### 4.2.3.1. Resistencia a la compresión $f'c=210$ kgf/cm<sup>2</sup>.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>				
DISEÑO $F'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO IP				
CODIGO	0 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	7 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	28 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	56 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )
FC210CV0%	0.0	195.7	279.4	303.5
FC210CV10%	0.0	196.5	272.2	307.3
FC210CV20%	0.0	156.2	235.1	257.5
FC210CV30%	0.0	134.6	204.2	221.7

Tabla 4. 65 Resistencia a la compresión  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

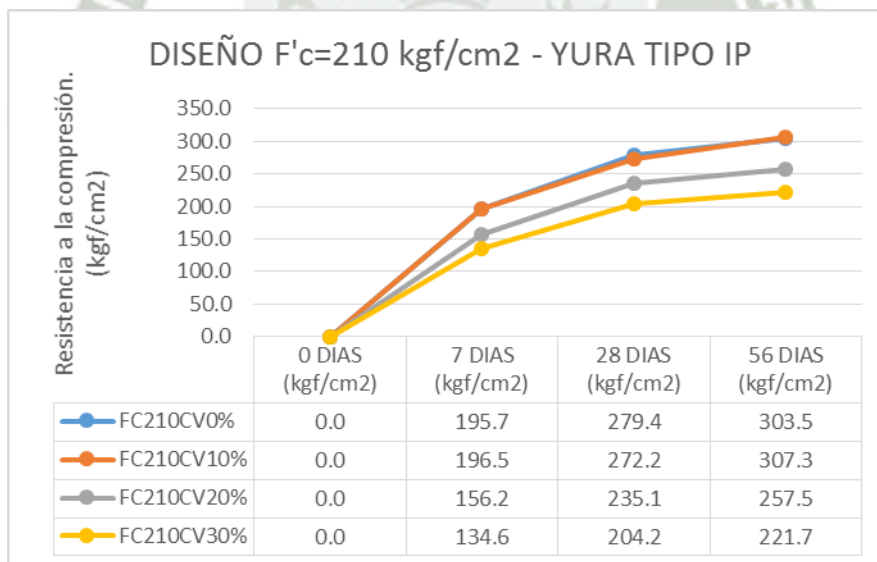


Gráfico 4. 33 Resistencia a la compresión  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.2. Resistencia a la compresión  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup>.**

<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>				
DISEÑO $F'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO IP				
CODIGO	0 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	7 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	28 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	56 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )
FC280CV0%	0.0	245.7	339.9	379.5
FC280CV10%	0.0	230.1	359.3	401.3
FC280CV20%	0.0	198.7	298.5	330.7
FC280CV30%	0.0	181.5	271.3	302.5

Tabla 4. 66 Resistencia a la compresión  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

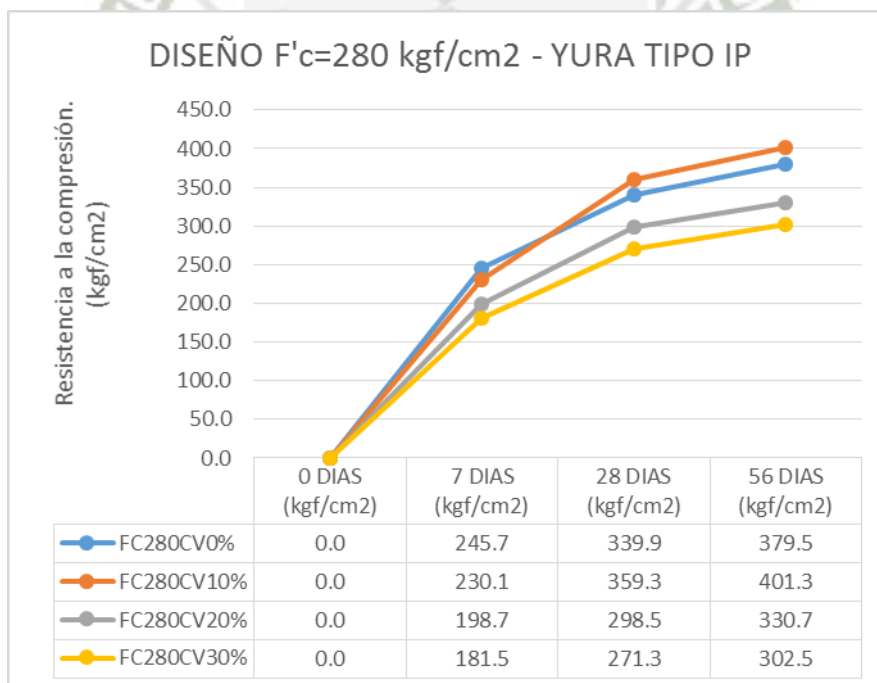


Gráfico 4. 34 Resistencia a la compresión  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3.3. Resistencia a la compresión $f'c=350$ kgf/cm<sup>2</sup>.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>				
DISEÑO $F'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO IP				
CODIGO	0 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	7 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	28 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	56 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )
FC350CV0%	0.0	289.6	397.3	437.2
FC350CV10%	0.0	274.8	401.1	442.7
FC350CV20%	0.0	232.3	300.1	328.2
FC350CV30%	0.0	200.1	259.2	278.5

Tabla 4.67 Resistencia a la compresión  $f'c=350$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

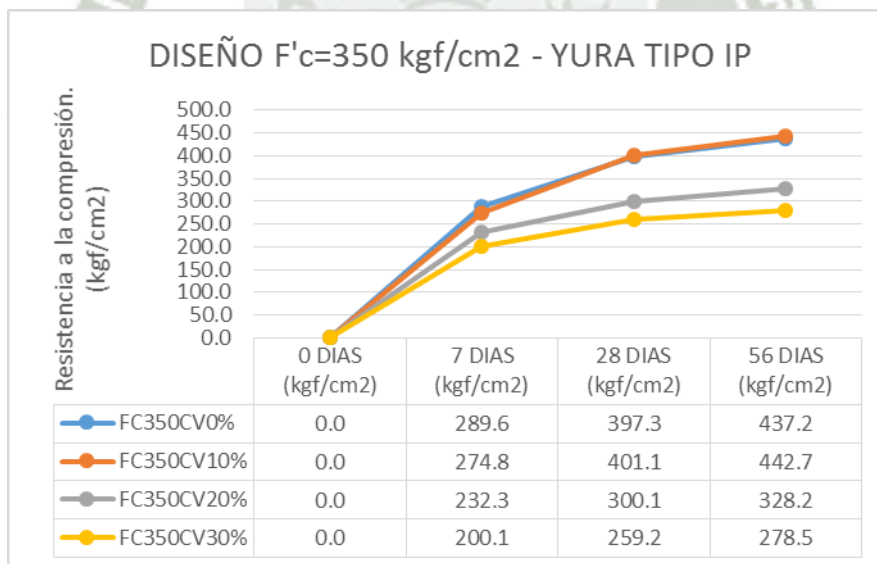


Gráfico 4. 35 Resistencia a la compresión  $f'c=350$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3.4. Resistencia a la compresión $f'c=420$ kgf/cm<sup>2</sup>.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>				
DISEÑO $F'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO IP				
CODIGO	0 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	7 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	28 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	56 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )
FC420CV0%	0.0	342.5	525.7	583.5
FC420CV10%	0.0	372.4	530.9	589.6
FC420CV20%	0.0	288.3	409.9	454.3
FC420CV30%	0.0	194.6	280.2	296.5

Tabla 4. 68 Resistencia a la compresión  $f'c=420$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

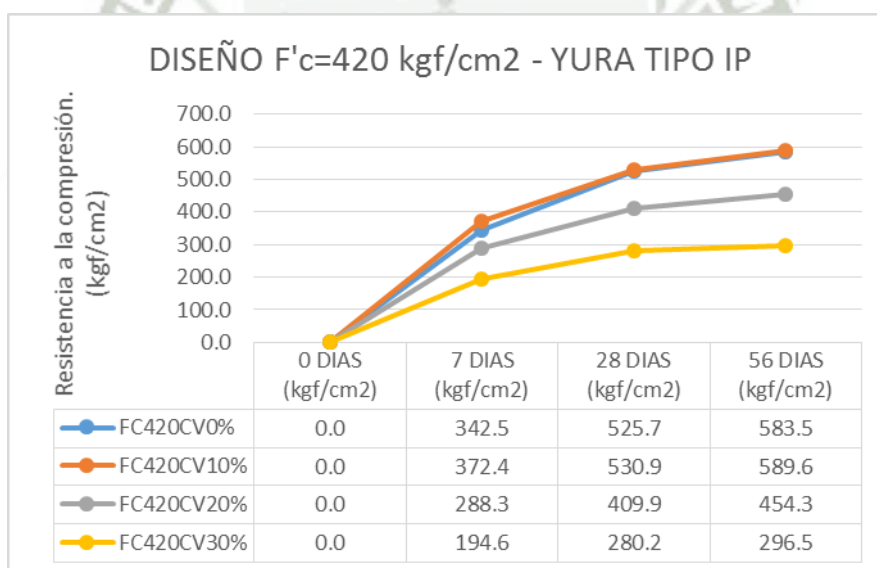


Gráfico 4. 36 Resistencia a la compresión  $f'c=420$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.5. Determinación de la reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 0%.**

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - DETERMINACION DE LA REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALI - SILICE DE COMBINACIONES DE MATERIALES CEMENTANTES Y AGREGADOS - (METODO ACELERADO DE LA BARRA DE MORTERO).</b>		
	<b>REACTIVIDAD ALCALI SILICE - CEMENTO YURA TIPO IP - CENIZA VOLANTE 0%</b>		
	DESCRIPCION	RESULTADOS	METODO
	Expansión - 06 días	0.0045	ASTM C 1567
	Expansión - 12 días	0.0050	
	Expansión - 18 días	0.0051	

Tabla 4. 69 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 0%.

Fuente: Elaboración propia

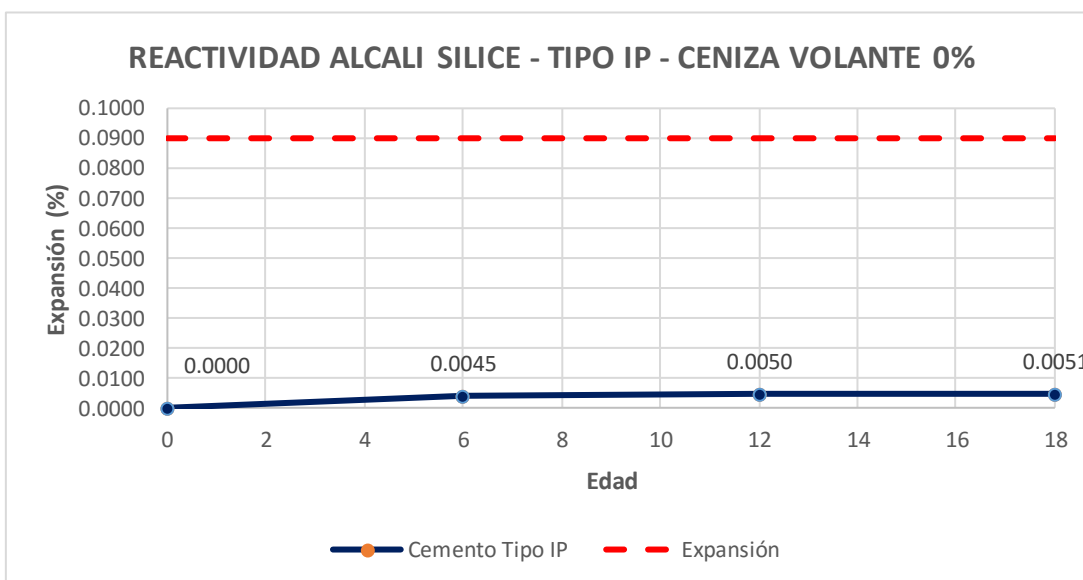


Gráfico 4. 37 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 0%.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3.6. Determinación de la reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 10%.

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - DETERMINACION DE LA REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALI - SILICE DE COMBINACIONES DE MATERIALES CEMENTANTES Y AGREGADOS - (METODO ACELERADO DE LA BARRA DE MORTERO).B31:F56</b>		
	<b>REACTIVIDAD ALCALI SILICE - CEMENTO YURA TIPO IP - CENIZA VOLANTE 10%</b>		
	DESCRIPCION	RESULTADOS	METODO
	Expansión - 06 días	0.0028	ASTM C 1567
	Expansión - 12 días	0.0040	
	Expansión - 18 días	0.0042	

Tabla 4. 70 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 10%.

Fuente: Elaboración propia

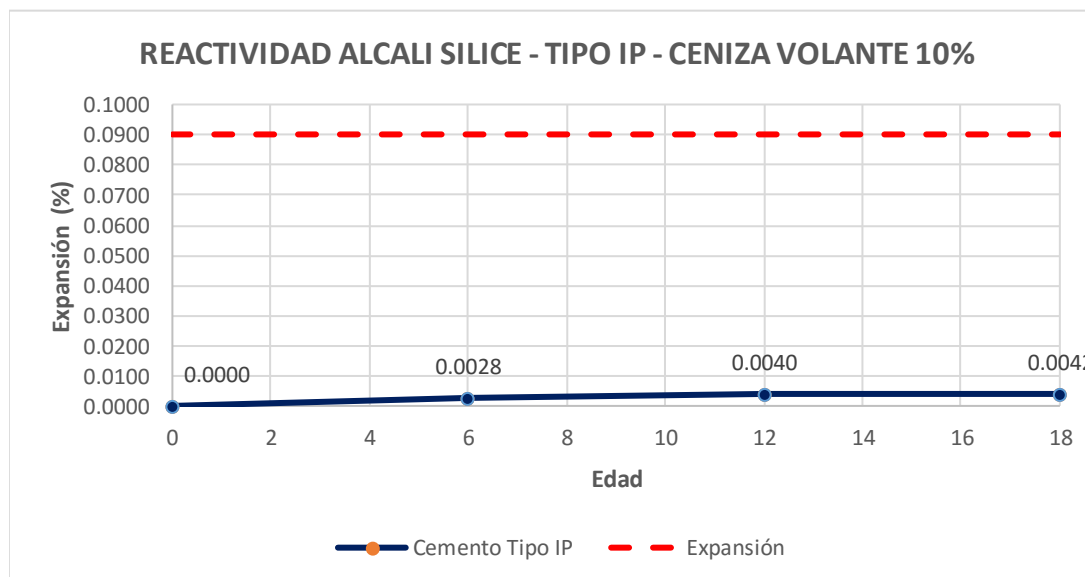


Gráfico 4. 38 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 10%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.7. Determinación de la reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 20%.**

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - DETERMINACION DE LA REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALI - SILICE DE COMBINACIONES DE MATERIALES CEMENTANTES Y AGREGADOS - (METODO ACELERADO DE LA BARRA DE MORTERO).</b>		
	<b>REACTIVIDAD ALCALI SILICE - CEMENTO YURA TIPO IP - CENIZA VOLANTE 20%</b>		
	DESCRIPCION	RESULTADOS	METODO
	Expansión - 06 días	0.0039	ASTM C 1567
	Expansión - 12 días	0.0043	
	Expansión - 18 días	0.0047	

Tabla 4. 71 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 20%.

Fuente: Elaboración propia

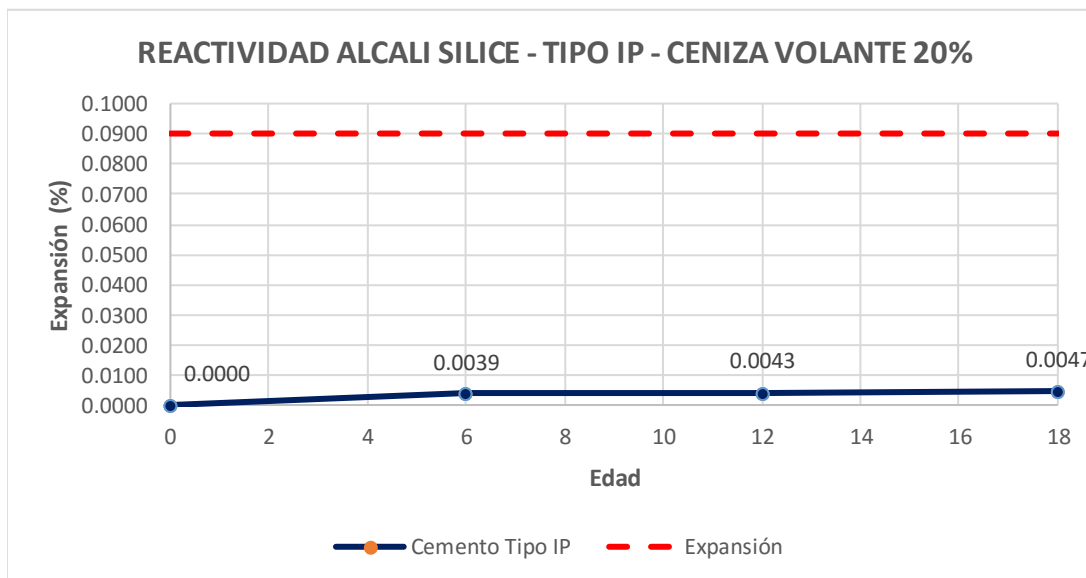


Gráfico 4. 39 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 20%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.8. Determinación de la reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 30%.**

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - DETERMINACION DE LA REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALI - SILICE DE COMBINACIONES DE MATERIALES CEMENTANTES Y AGREGADOS - (METODO ACELERADO DE LA BARRA DE MORTERO).</b>		
	<b>REACTIVIDAD ALCALI SILICE - CEMENTO YURA TIPO IP - CENIZA VOLANTE 30%</b>		
	DESCRIPCION	RESULTADOS	METODO
	Expansión - 06 días	0.0031	ASTM C 1567
	Expansión - 12 días	0.0038	
	Expansión - 18 días	0.0040	

Tabla 4. 72 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 30%.

Fuente: Elaboración propia

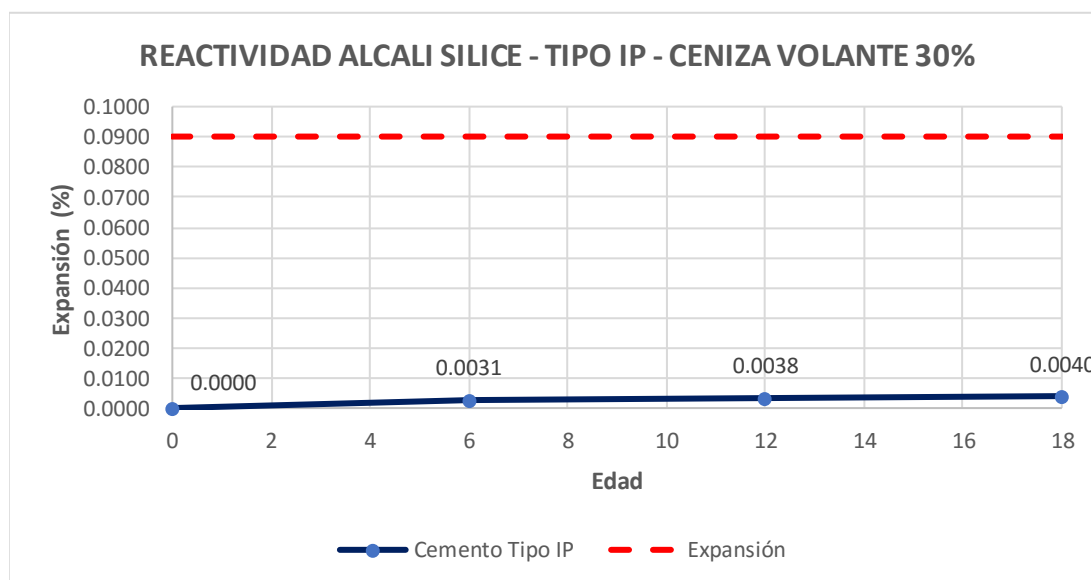


Gráfico 4. 40 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 30%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.9. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 0%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=210 kgf/cm2 - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	26/11/2015	0.0000
7 DIAS*	03/12/2015	0.0029
7 DIAS	10/12/2015	-0.0009
14 DIAS	17/12/2015	-0.0027
21 DIAS	24/12/2015	-0.0044
28 DIAS	31/12/2015	-0.0056

Tabla 4. 73 Contracción por secado con cenizas volantes al 0%.

Fuente: Elaboración propia

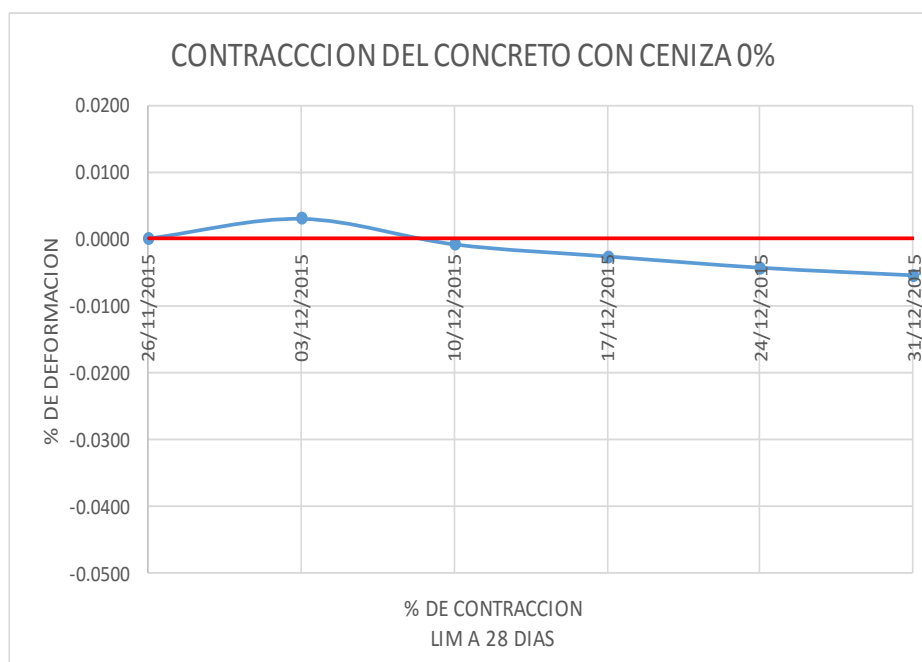


Gráfico 4. 41 Contracción por secado con cenizas volantes al 0%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.10. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 10%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=210 kgf/cm2 - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	26/11/2015	0.0000
7 DIAS*	03/12/2015	0.0026
7 DIAS	10/12/2015	-0.0023
14 DIAS	17/12/2015	-0.0033
21 DIAS	24/12/2015	-0.0053
28 DIAS	31/12/2015	-0.0066

Tabla 4. 74 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%.

Fuente: Elaboración propia

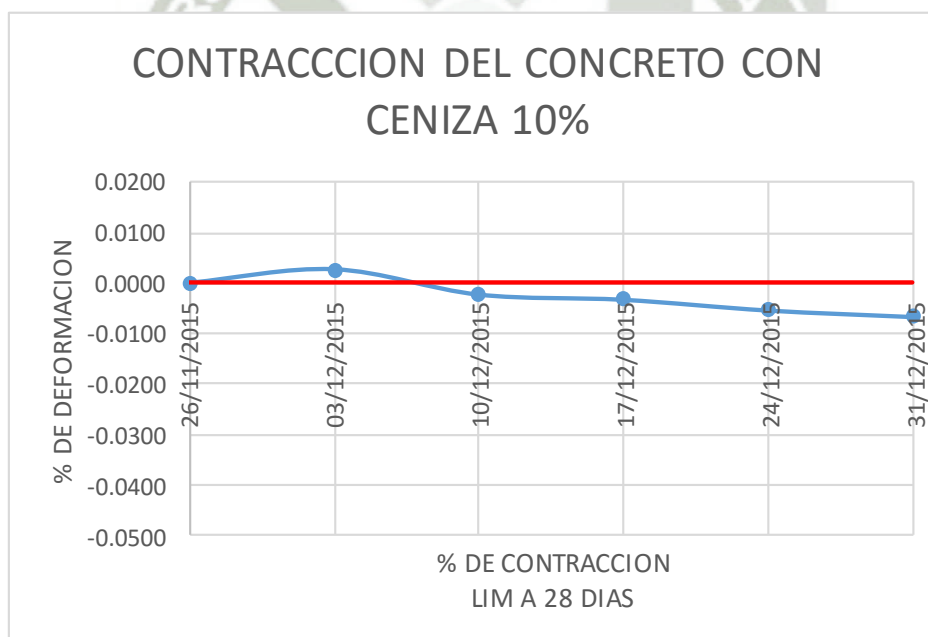


Gráfico 4. 42 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3.11. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 20%.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F' <sub>c</sub> =210 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	28/11/2015	0.0000
7 DIAS*	05/12/2015	0.0014
7 DIAS	12/12/2015	-0.0049
14 DIAS	19/12/2015	-0.0072
21 DIAS	26/12/2015	-0.0108
28 DIAS	02/01/2016	-0.0118

Tabla 4. 75 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%.

Fuente: Elaboración propia

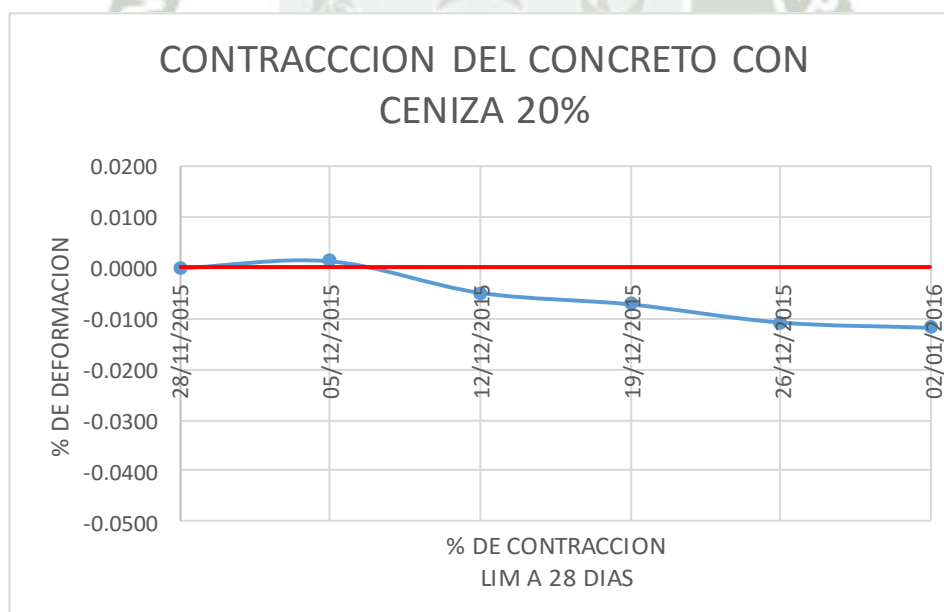


Gráfico 4. 43 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3.12. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 30%.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO $F'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	28/11/2015	0.0000
7 DIAS*	05/12/2015	0.0031
7 DIAS	12/12/2015	-0.0024
14 DIAS	19/12/2015	-0.0052
21 DIAS	26/12/2015	-0.0091
28 DIAS	02/01/2016	-0.0111

Tabla 4. 76 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%.

Fuente: Elaboración propia

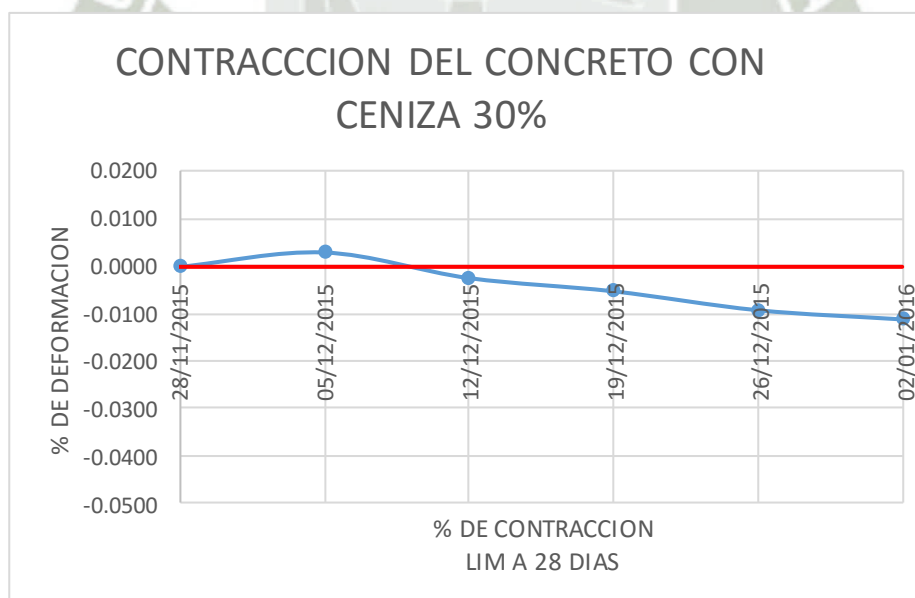


Gráfico 4. 44 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.13. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 0%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=280 kgf/cm2 - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	30/11/2015	0.0000
7 DIAS*	07/12/2015	0.0040
7 DIAS	14/12/2015	-0.0014
14 DIAS	21/12/2015	-0.0035
21 DIAS	28/12/2015	-0.0062
28 DIAS	04/01/2016	-0.0076

Tabla 4. 77 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%.

Fuente: Elaboración propia

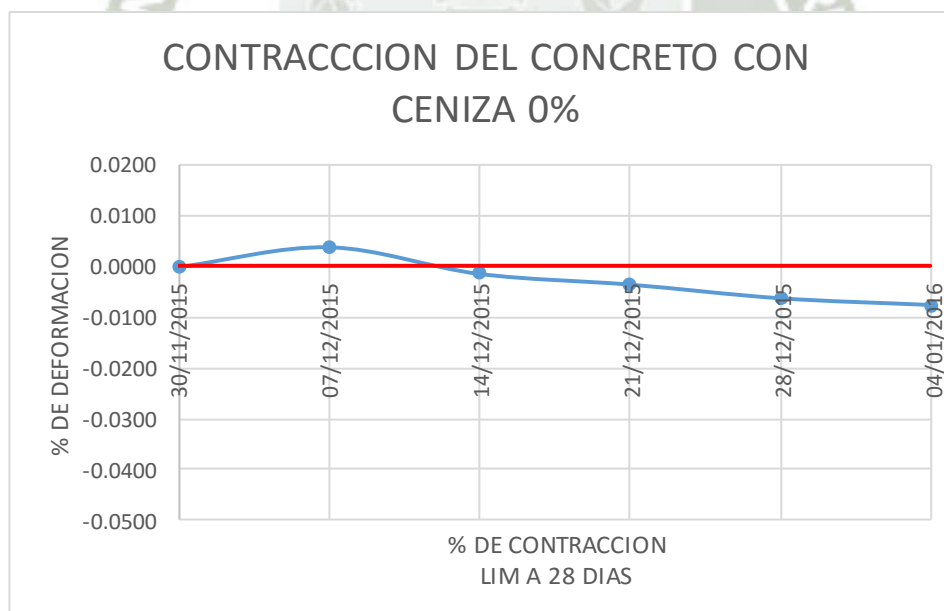


Gráfico 4. 45 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3.14. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 10%.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=280 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	30/11/2015	0.0000
7 DIAS*	07/12/2015	0.0037
7 DIAS	14/12/2015	-0.0031
14 DIAS	21/12/2015	-0.0044
21 DIAS	28/12/2015	-0.0071
28 DIAS	04/01/2016	-0.0087

Tabla 4. 78 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%.

Fuente: Elaboración propia

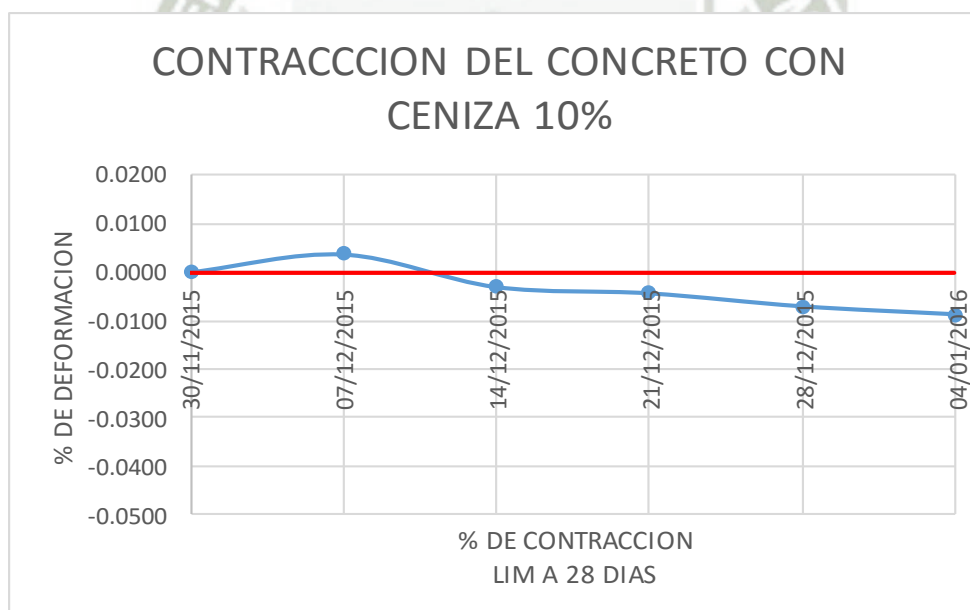


Gráfico 4. 46 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3.15. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 20%.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=280 kgf/cm2 - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	03/12/2015	0.0000
7 DIAS*	10/12/2015	0.0018
7 DIAS	17/12/2015	-0.0064
14 DIAS	24/12/2015	-0.0095
21 DIAS	31/12/2015	-0.0143
28 DIAS	07/01/2016	-0.0177

Tabla 4. 79 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%.

Fuente: Elaboración propia

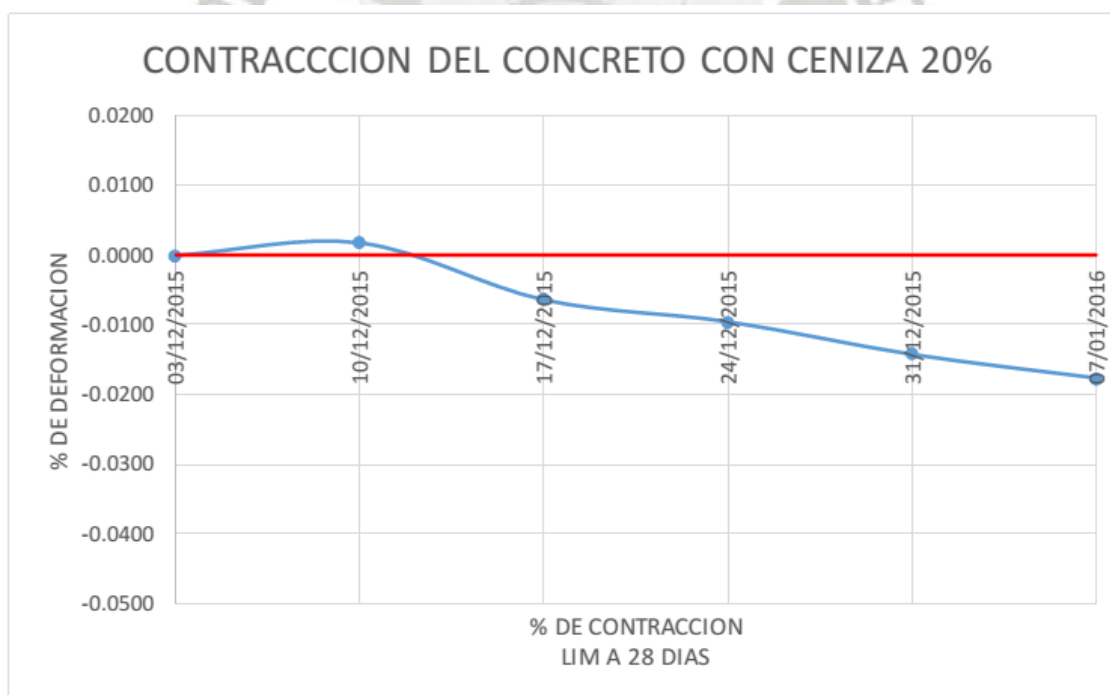


Gráfico 4. 47 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.16. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 30%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F <sup>c</sup> =280 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	03/12/2015	0.0000
7 DIAS*	10/12/2015	0.0039
7 DIAS	17/12/2015	-0.0031
14 DIAS	24/12/2015	-0.0068
21 DIAS	31/12/2015	-0.0123
28 DIAS	07/01/2016	-0.0145

Tabla 4. 80 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%

Fuente: Elaboración propia

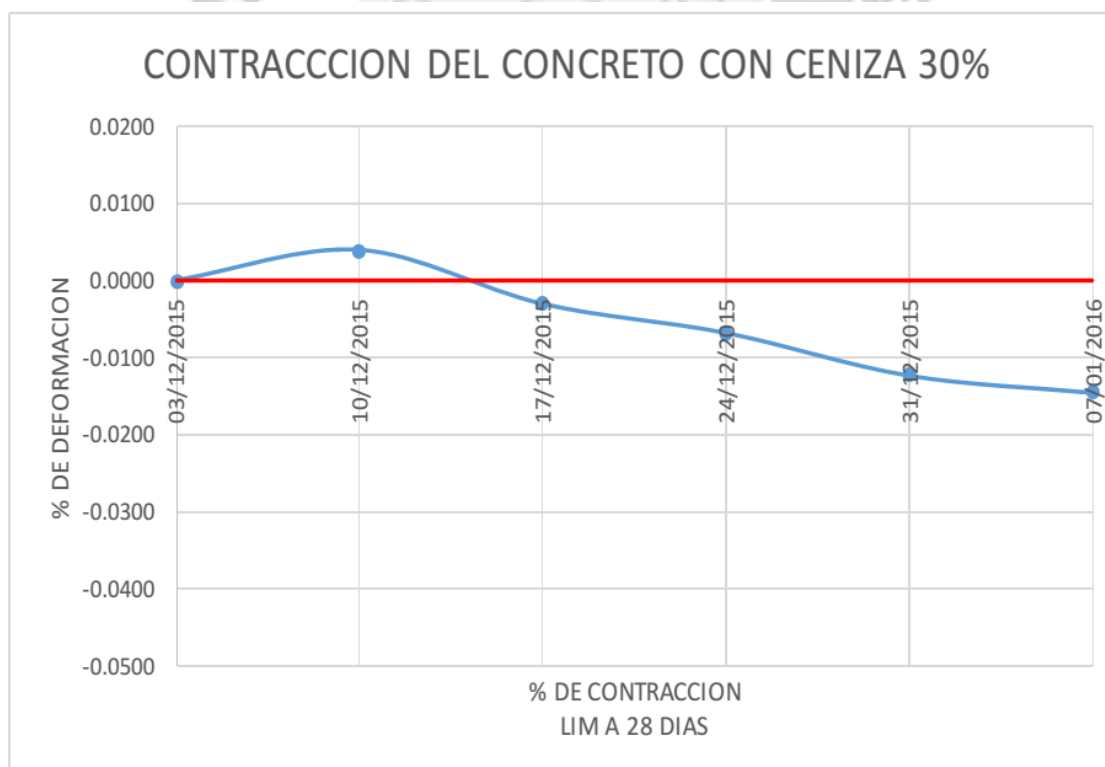


Gráfico 4. 48 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.17. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 0%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=350 kgf/cm2 - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	05/12/2015	0.0000
7 DIAS*	12/12/2015	0.0051
7 DIAS	19/12/2015	-0.0016
14 DIAS	26/12/2015	-0.0045
21 DIAS	02/01/2016	-0.0077
28 DIAS	09/01/2016	-0.0095

Tabla 4. 81 Contracción por secado con cenizas volantes al 0%

Fuente: Elaboración propia

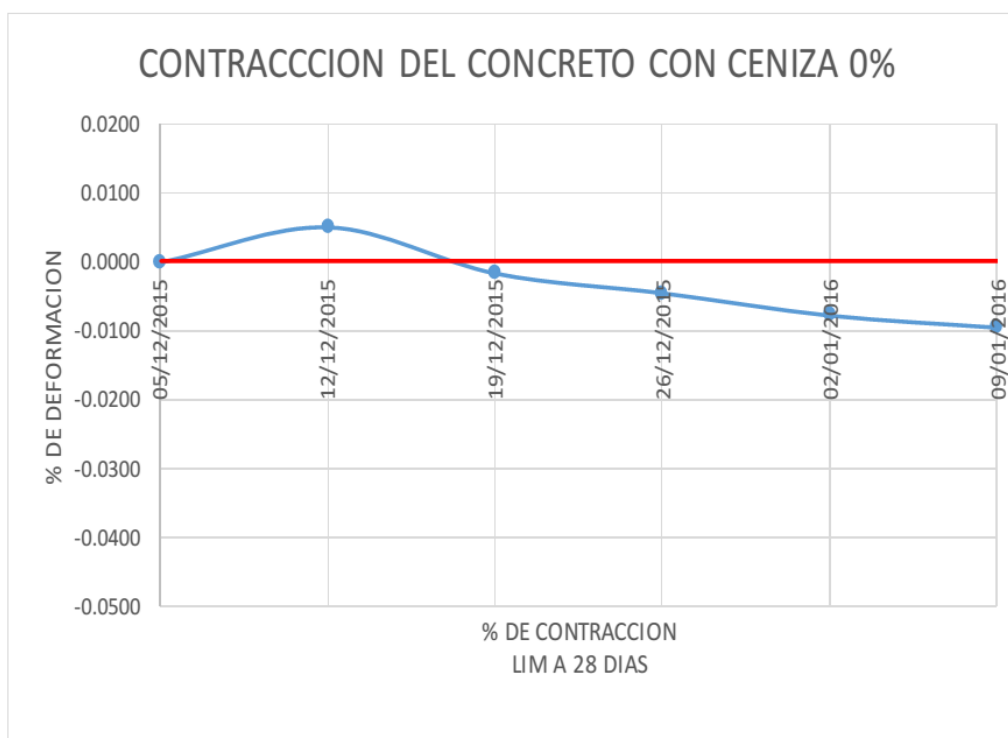


Gráfico 4. 49 Contracción por secado con cenizas volantes al 0%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.18. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 10%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO $F^c=350 \text{ kgf/cm}^2$ - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	05/12/2015	0.0000
7 DIAS*	12/12/2015	0.0046
7 DIAS	19/12/2015	-0.0037
14 DIAS	26/12/2015	-0.0055
21 DIAS	02/01/2016	-0.0087
28 DIAS	09/01/2016	-0.0109

Tabla 4. 82 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%

Fuente: Elaboración propia

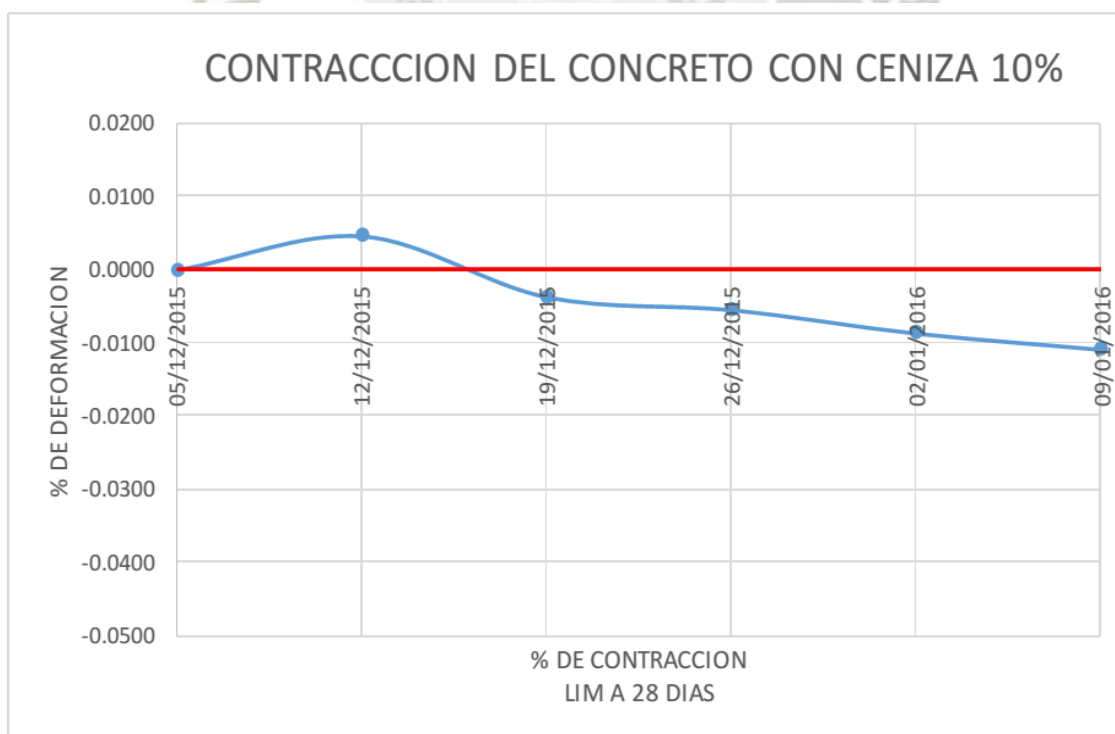


Gráfico 4. 50 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.19. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 20%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO $F'c=350 \text{ kgf/cm}^2$ - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	07/12/2015	0.0000
7 DIAS*	14/12/2015	0.0021
7 DIAS	21/12/2015	-0.0080
14 DIAS	28/12/2015	-0.0119
21 DIAS	04/01/2016	-0.0177
28 DIAS	11/01/2016	-0.0220

Tabla 4. 83 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%

Fuente: Elaboración propia

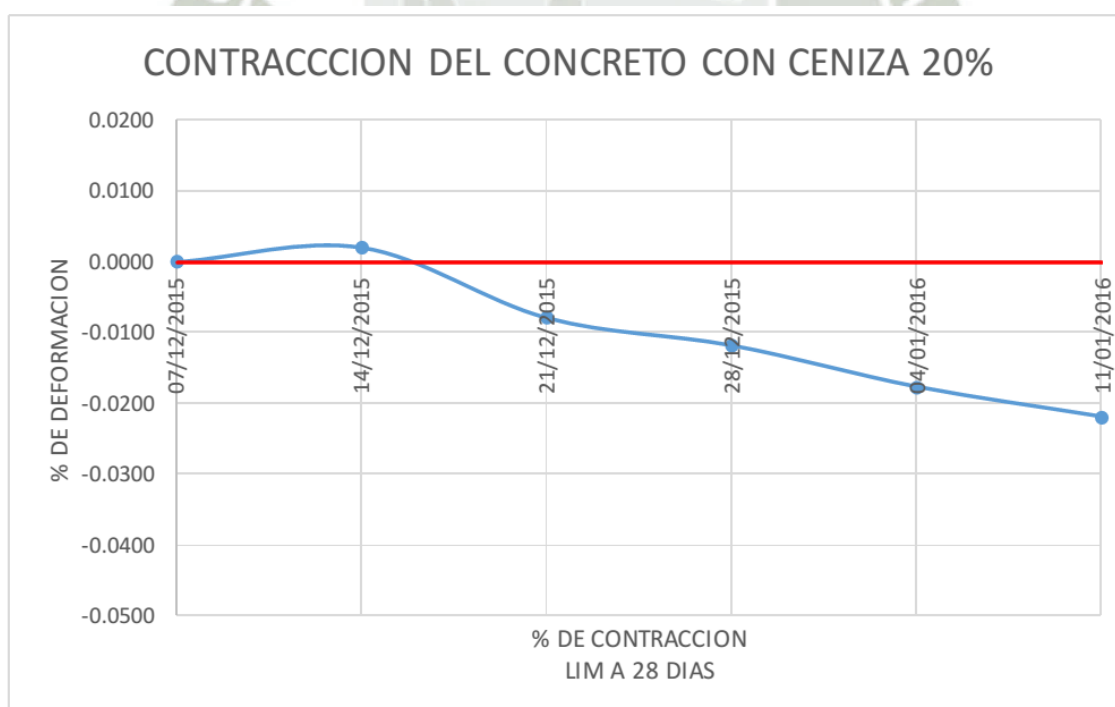


Gráfico 4. 51 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.20. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 30%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F' <sub>c</sub> =350 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	07/12/2015	0.0000
7 DIAS*	14/12/2015	0.0049
7 DIAS	21/12/2015	-0.0038
14 DIAS	28/12/2015	-0.0085
21 DIAS	04/01/2016	-0.0153
28 DIAS	11/01/2016	-0.0183

Tabla 4. 84 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%

Fuente: Elaboración propia

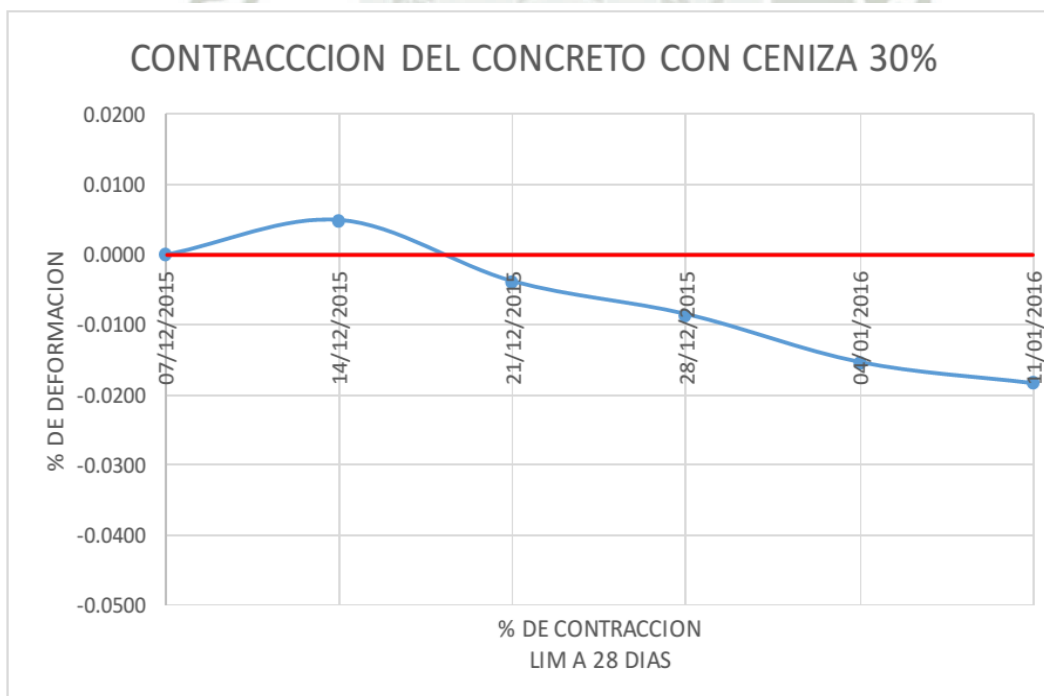


Gráfico 4. 52 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.21. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 0%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F' <sub>c</sub> = 420 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	10/12/2015	0.0000
7 DIAS*	17/12/2015	0.0060
7 DIAS	24/12/2015	-0.0019
14 DIAS	31/12/2015	-0.0054
21 DIAS	07/01/2016	-0.0092
28 DIAS	14/01/2016	-0.0150

Tabla 4. 85 Contracción por secado con cenizas volantes al 0%

Fuente: Elaboración propia

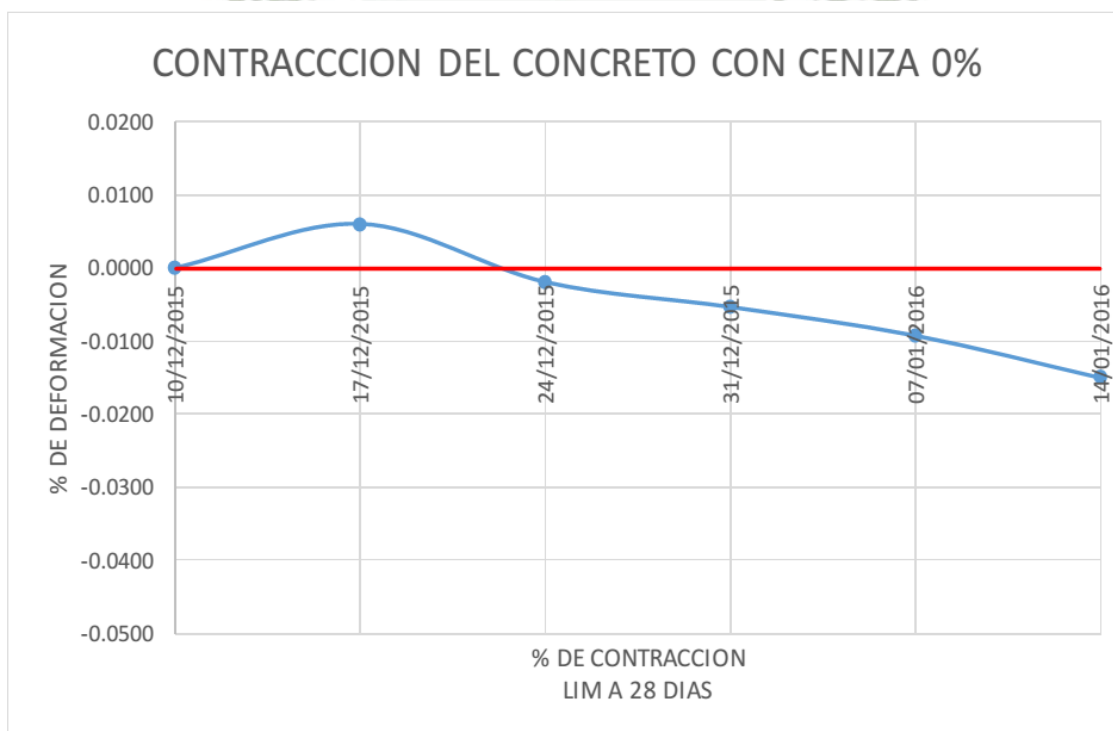


Gráfico 4. 53 Contracción por secado con cenizas volantes al 0%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.22. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 10%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c= 420 kgf/cm2 - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	10/12/2015	0.0000
7 DIAS*	17/12/2015	0.0055
7 DIAS	24/12/2015	-0.0043
14 DIAS	31/12/2015	-0.0063
21 DIAS	07/01/2016	-0.0104
28 DIAS	14/01/2016	-0.0131

Tabla 4. 86 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%

Fuente: Elaboración propia

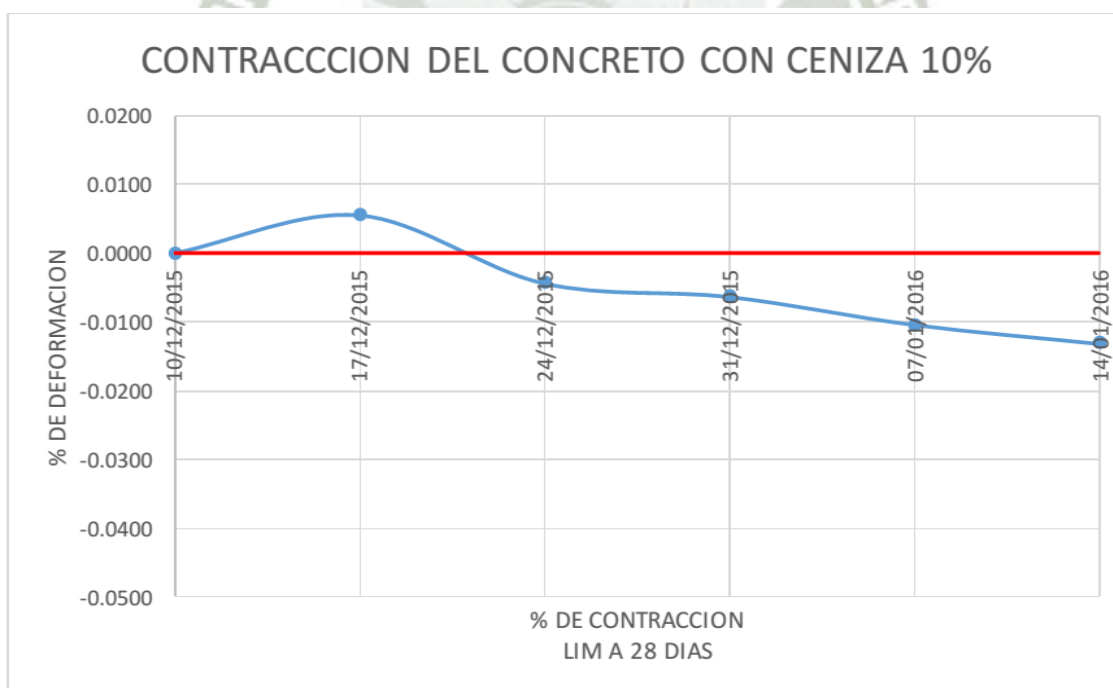


Gráfico 4. 54 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.23. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 20%.**


		
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
<b>DISEÑO F'c= 420 kgf/cm2 - YURA TIPO IP</b>		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	12/12/2015	0.0000
7 DIAS*	19/12/2015	0.0026
7 DIAS	26/12/2015	-0.0096
14 DIAS	02/01/2016	-0.0143
21 DIAS	09/01/2016	-0.0211
28 DIAS	16/01/2016	-0.0265

Tabla 4. 87 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%

Fuente: Elaboración propia

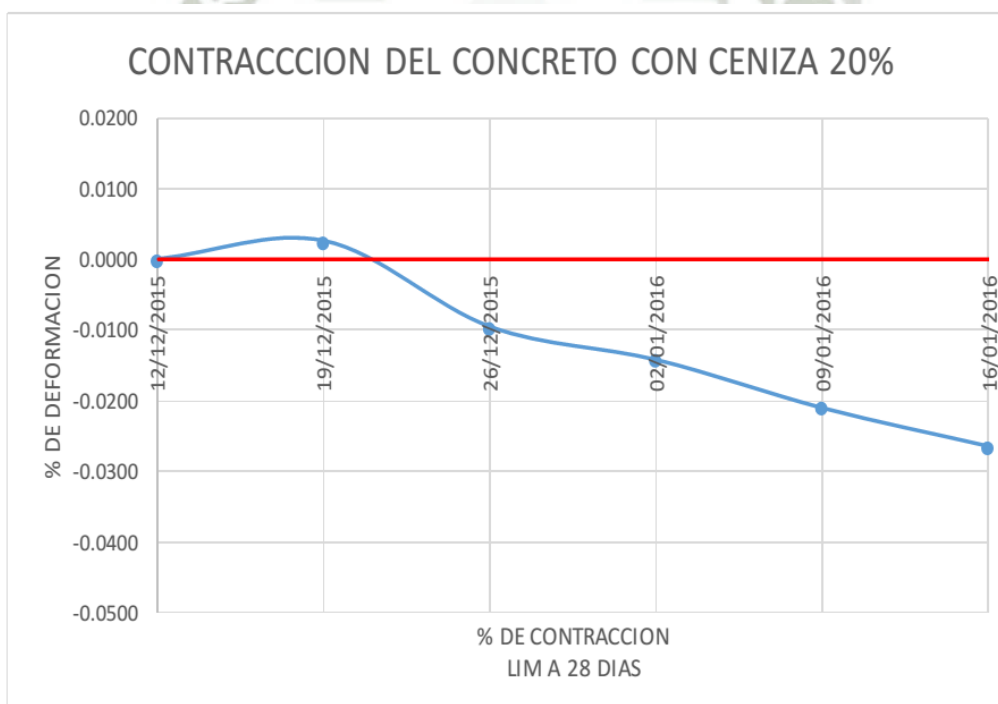


Gráfico 4. 55 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.3.24. Determinación de la contracción por secado con cenizas volantes al 30%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c= 420 kgf/cm2 - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	12/12/2015	0.0000
7 DIAS*	19/12/2015	0.0058
7 DIAS	26/12/2015	-0.0045
14 DIAS	02/01/2016	-0.0056
21 DIAS	09/01/2016	-0.0182
28 DIAS	16/01/2016	-0.0219

Tabla 4. 88 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%

Fuente: Elaboración propia

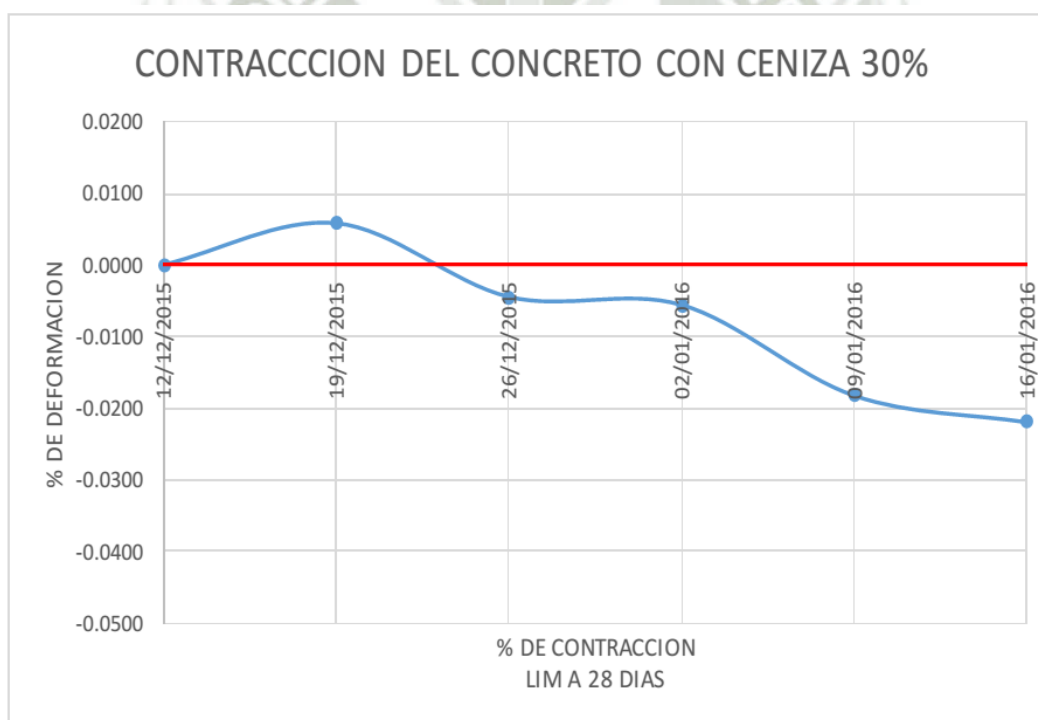


Gráfico 4. 56 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4. Resultados en estado endurecido Cemento Yura tipo V.

##### 4.2.4.1. Resistencia a la compresión $f'c=210$ kgf/cm<sup>2</sup>.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>				
DISEÑO $F'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO V				
CODIGO	0 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	7 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	28 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	56 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )
FC210CV0%	0.0	259.2	339.4	375.9
FC210CV10%	0.0	248.8	332.2	355.2
FC210CV20%	0.0	163.3	255.2	284.4
FC210CV30%	0.0	169.9	226.2	254.8

Tabla 4. 89 Resistencia a la compresión  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

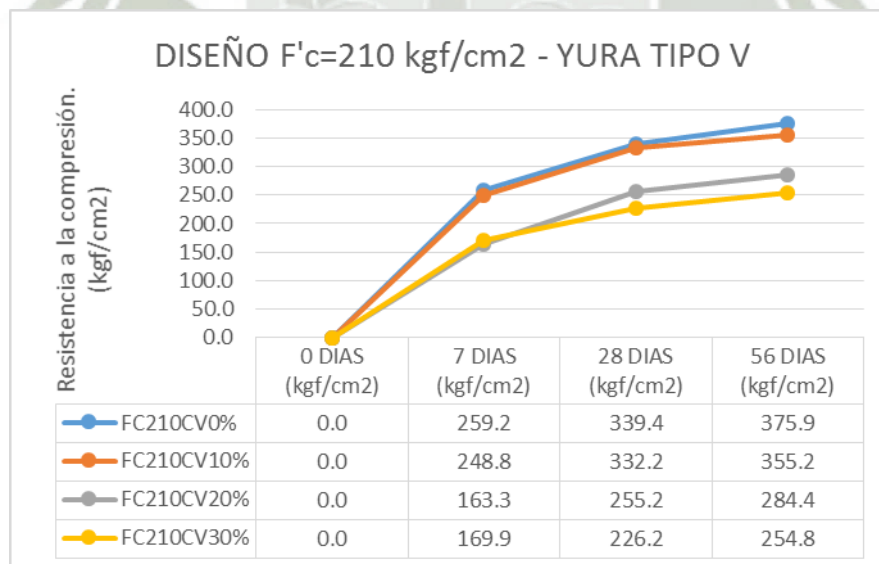


Gráfico 4. 57 Resistencia a la compresión  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.2. Resistencia a la compresión  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup>.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>				
DISEÑO $F'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO V				
CODIGO	0 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	7 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	28 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	56 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )
FC280CV0%	0.0	308.3	399.9	460.9
FC280CV10%	0.0	305.4	419.1	457.6
FC280CV20%	0.0	200.5	334.1	370.7
FC280CV30%	0.0	235.7	345.9	387.5

Tabla 4. 90 Resistencia a la compresión  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

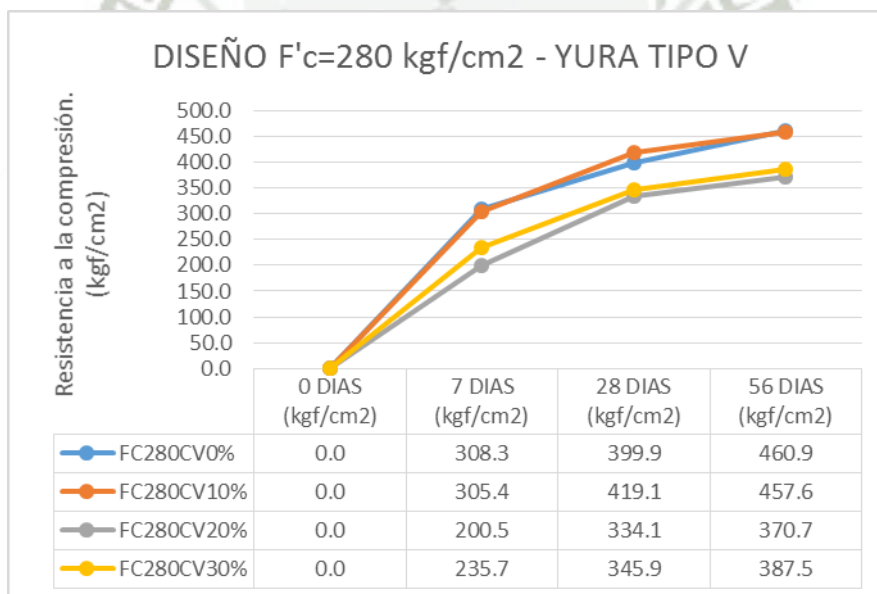


Gráfico 4. 58 Resistencia a la compresión  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4.3. Resistencia a la compresión $f'c=350$ kgf/cm<sup>2</sup>.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>				
DISEÑO $F'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO V				
CODIGO	0 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	7 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	28 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	56 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )
FC350CV0%	0.0	345.8	457.2	500.2
FC350CV10%	0.0	351.1	461.2	517.7
FC350CV20%	0.0	262.5	360.5	382.9
FC350CV30%	0.0	171.0	291.3	326.2

Tabla 4. 91 Resistencia a la compresión  $f'c=350$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

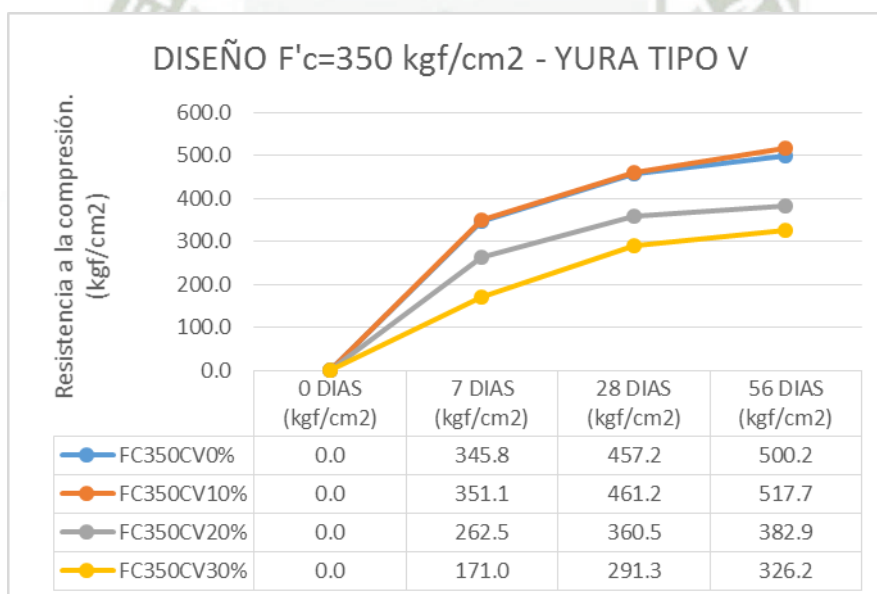


Gráfico 4. 59 Resistencia a la compresión  $f'c=350$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4.4. Resistencia a la compresión $f'c=420$ kgf/cm<sup>2</sup>.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>				
DISEÑO $F'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO V				
CODIGO	0 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	7 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	28 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )	56 DIAS (kgf/cm <sup>2</sup> )
FC420CV0%	0.0	416.3	585.5	659.1
FC420CV10%	0.0	415.2	590.8	656.5
FC420CV20%	0.0	347.2	497.5	550.2
FC420CV30%	0.0	204.2	269.3	308.5

Tabla 4. 92 Resistencia a la compresión  $f'c=420$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

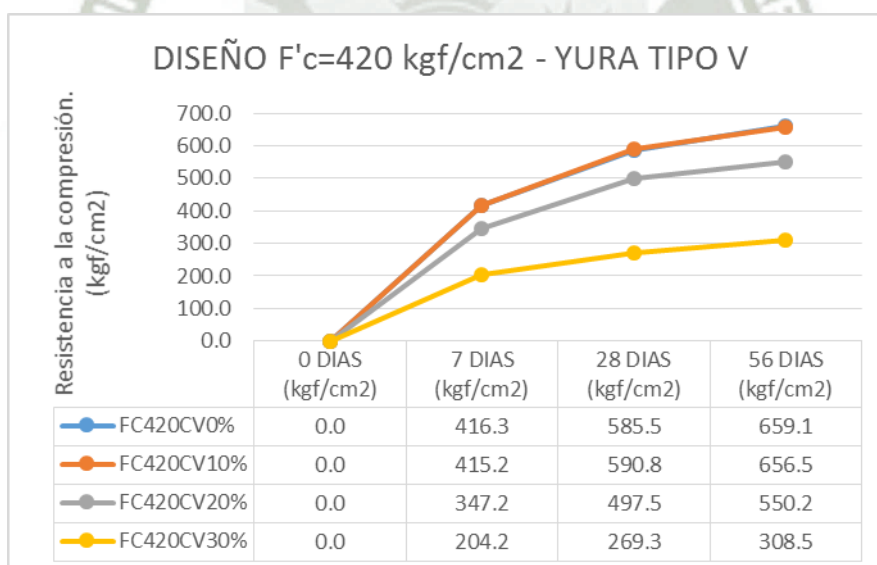


Gráfico 4. 60 Resistencia a la compresión  $f'c=420$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.5. Determinación de la reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 0%.**

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - DETERMINACION DE LA REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALI - SILICE DE COMBINACIONES DE MATERIALES CEMENTANTES Y AGREGADOS - (METODO ACELERADO DE LA BARRA DE MORTERO).</b>		
	<b>REACTIVIDAD ALCALI SILICE - CEMENTO YURA TIPO V - CENIZA VOLANTE 0%</b>		
	DESCRIPCION	RESULTADOS	METODO
	Expansión - 06 días	0.0187	ASTM C 1567
	Expansión - 12 días	0.0247	
	Expansión - 18 días	0.0338	

Tabla 4. 93 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 0%

Fuente: Elaboración propia

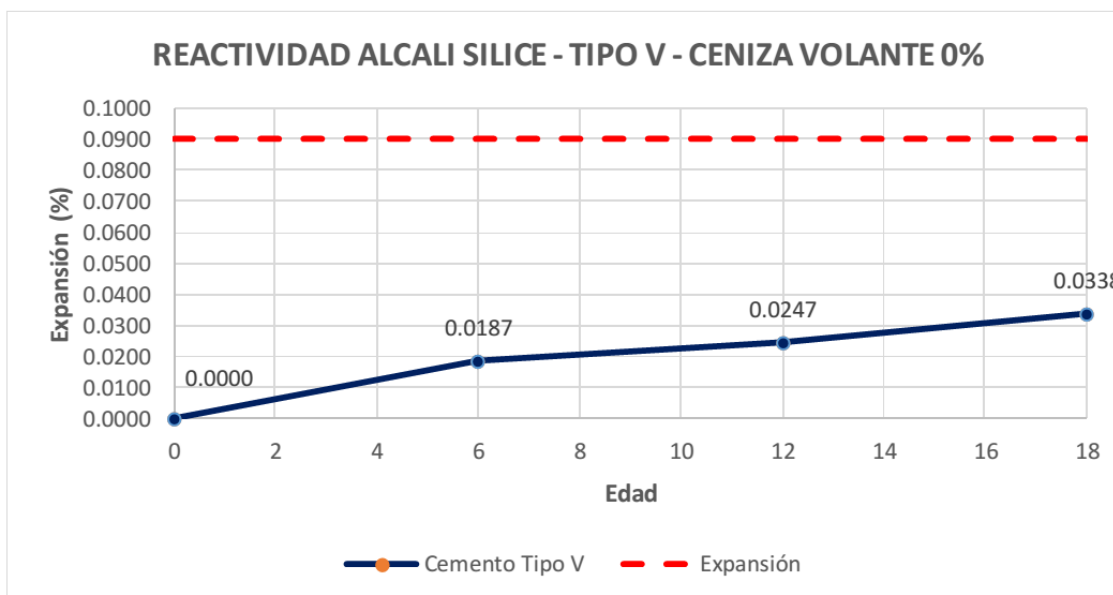


Gráfico 4. 61 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 0%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.6. Determinación de la reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 10%.**

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - DETERMINACION DE LA REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALI - SILICE DE COMBINACIONES DE MATERIALES CEMENTANTES Y AGREGADOS - (METODO ACELERADO DE LA BARRA DE MORTERO).</b>		
	<b>REACTIVIDAD ALCALI SILICE - CEMENTO YURA TIPO V - CENIZA VOLANTE 10%</b>		
	DESCRIPCION	RESULTADOS	METODO
	Expansión - 06 días	0.0073	ASTM C 1567
	Expansión - 12 días	0.0109	
	Expansión - 18 días	0.0163	

Tabla 4. 94 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 10%

Fuente: Elaboración propia

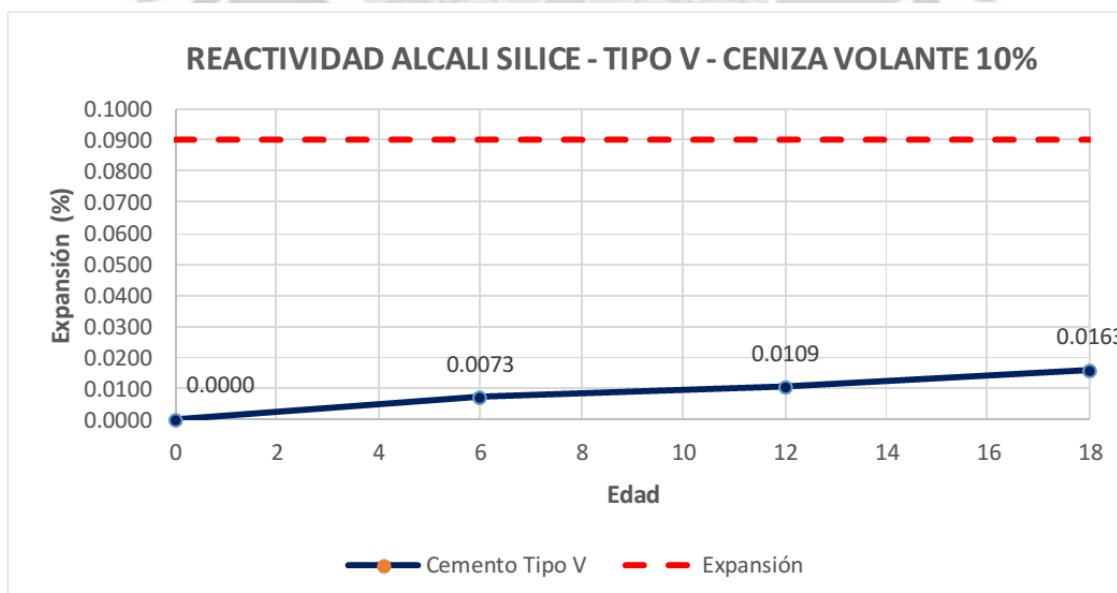


Gráfico 4. 62 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 10%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.7. Determinación de la reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 20%.**

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - DETERMINACION DE LA REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALI - SILICE DE COMBINACIONES DE MATERIALES CEMENTANTES Y AGREGADOS - (METODO ACELERADO DE LA BARRA DE MORTERO).</b>		
	<b>REACTIVIDAD ALCALI SILICE - CEMENTO YURA TIPO V - CENIZA VOLANTE 20%</b>		
	DESCRIPCION	RESULTADOS	METODO
	Expansión - 06 días	0.0040	ASTM C 1567
	Expansión - 12 días	0.0046	
	Expansión - 18 días	0.0053	

Tabla 4. 95 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 20%

Fuente: Elaboración propia

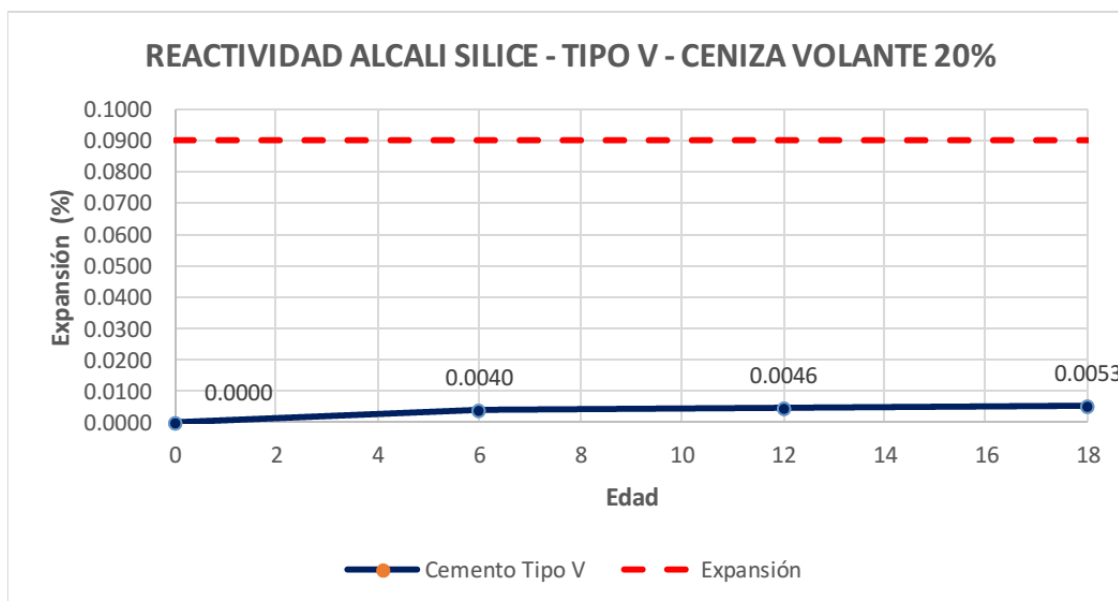


Gráfico 4. 63 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 20%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.8. Determinación de la reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 30%.**

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - DETERMINACION DE LA REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALI - SILICE DE COMBINACIONES DE MATERIALES CEMENTANTES Y AGREGADOS - (METODO ACELERADO DE LA BARRA DE MORTERO).</b>		
	<b>REACTIVIDAD ALCALI SILICE - CEMENTO YURA TIPO V - CENIZA VOLANTE 30%</b>		
	DESCRIPCION	RESULTADOS	METODO
	Expansión - 06 días	0.0037	ASTM C 1567
	Expansión - 12 días	0.0039	
	Expansión - 18 días	0.0044	

Tabla 4. 96 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 30%

Fuente: Elaboración propia

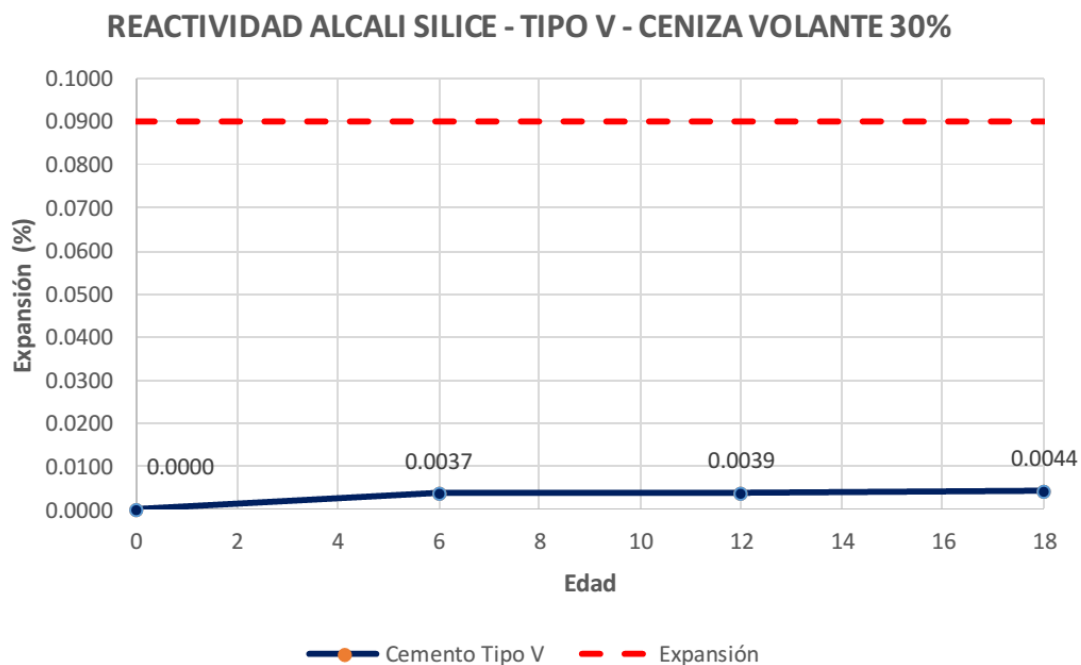


Gráfico 4. 64 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 30%

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.9. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 0%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=210 kgf/cm2 - YURA TIPO V		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	13/11/2015	0.0000
7 DIAS*	20/11/2015	0.0030
7 DIAS	27/11/2015	-0.0015
14 DIAS	04/12/2015	-0.0044
21 DIAS	11/12/2015	-0.0067
28 DIAS	18/12/2015	-0.0091

Tabla 4. 97 Contracción por secado con ceniza volante al 0%.

Fuente: Elaboración propia

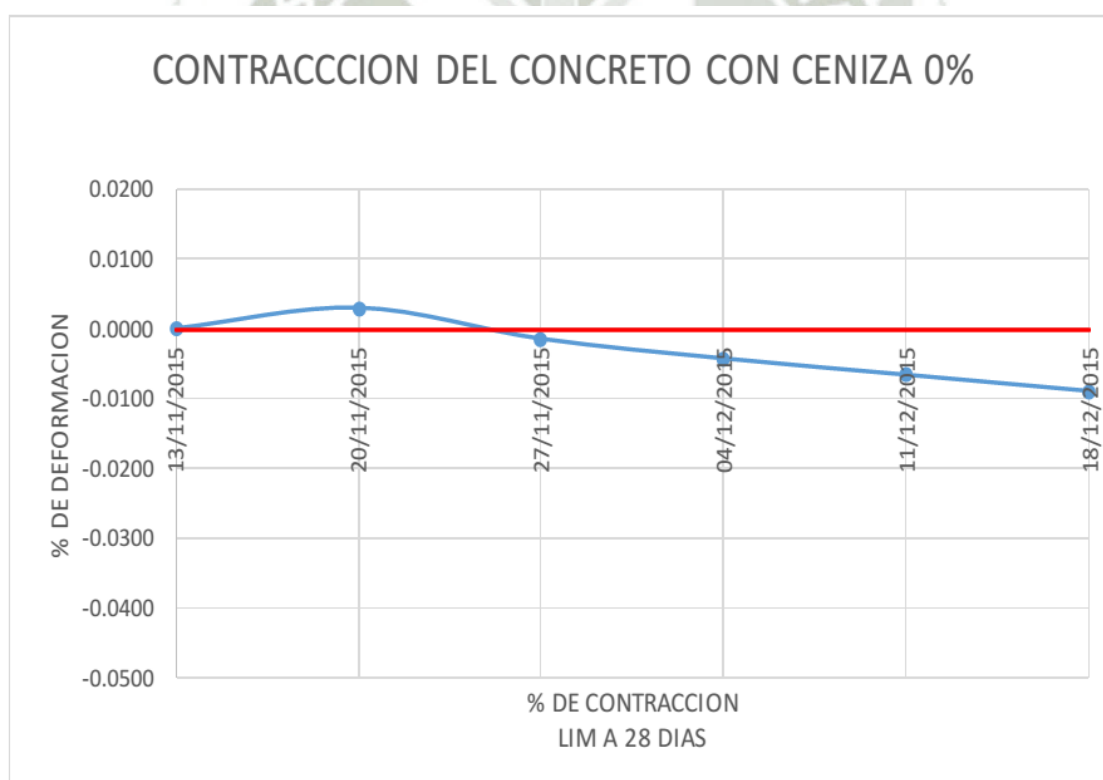


Gráfico 4. 65 Contracción por secado con ceniza volante al 0%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.10. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 10%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=210 kgf/cm2 - YURA TIPO V		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	13/11/2015	0.0000
7 DIAS*	20/11/2015	0.0026
7 DIAS	27/11/2015	-0.0016
14 DIAS	04/12/2015	-0.0037
21 DIAS	11/12/2015	-0.0054
28 DIAS	18/12/2015	-0.0075

Tabla 4. 98 Contracción por secado con ceniza volante al 10%.

Fuente: Elaboración propia

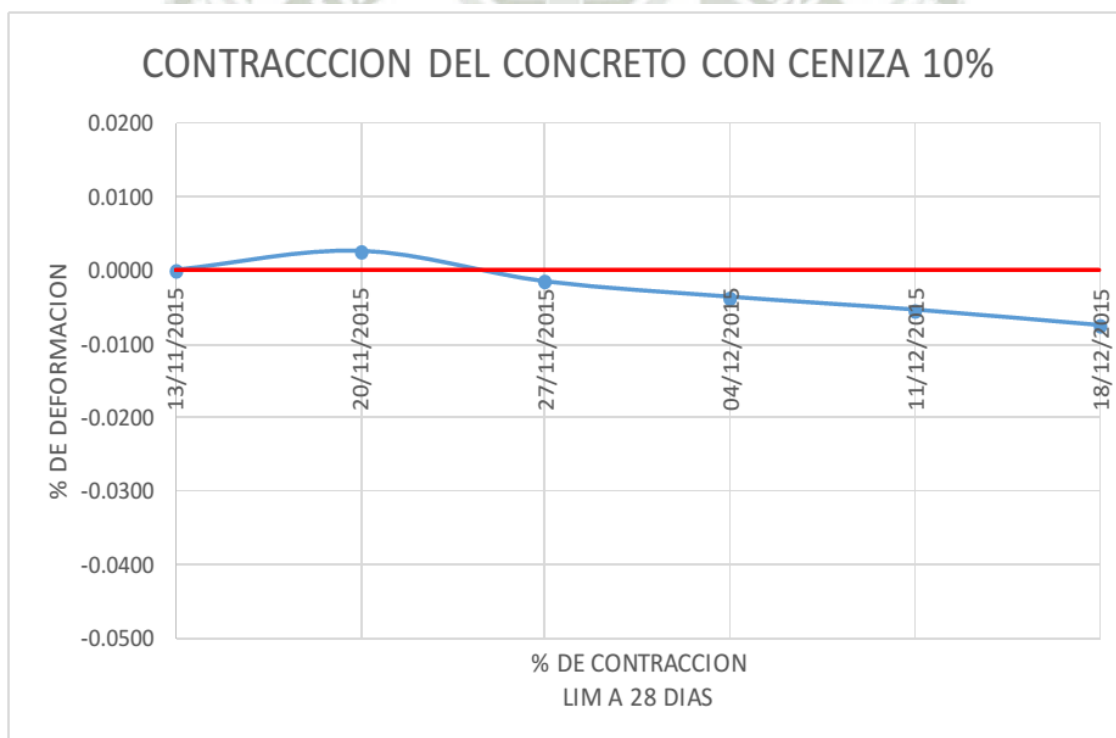


Gráfico 4. 66 Contracción por secado con ceniza volante al 10%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.11. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 20%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=210 kgf/cm2 - YURA TIPO V		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	14/11/2015	0.0000
7 DIAS*	21/11/2015	0.0018
7 DIAS	28/11/2015	-0.0054
14 DIAS	05/12/2015	-0.0072
21 DIAS	12/12/2015	-0.0111
28 DIAS	19/12/2015	-0.0119

Tabla 4. 99 Contracción por secado con ceniza volante al 20%.

Fuente: Elaboración propia

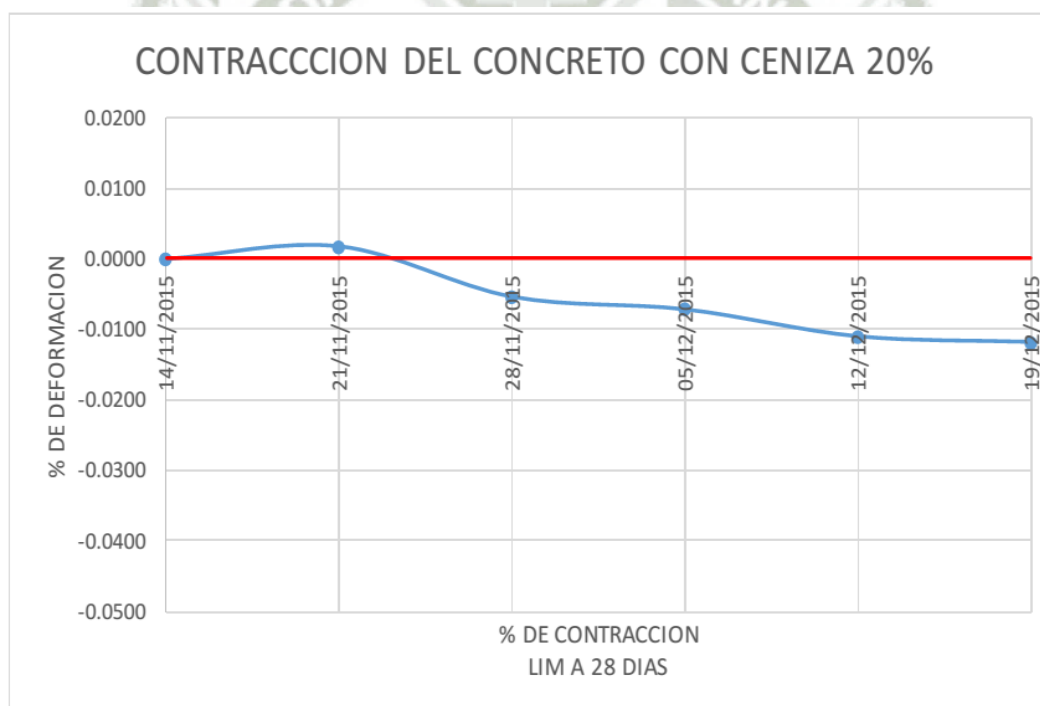


Gráfico 4. 67 Contracción por secado con ceniza volante al 20%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.12. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 30%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=210 kgf/cm2 - YURA TIPO V		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	14/11/2015	0.0000
7 DIAS*	21/11/2015	0.0032
7 DIAS	28/11/2015	-0.0025
14 DIAS	05/12/2015	-0.0052
21 DIAS	12/12/2015	-0.0094
28 DIAS	19/12/2015	-0.0114

Tabla 4. 100 Contracción por secado con ceniza volante al 30%.

Fuente: Elaboración propia

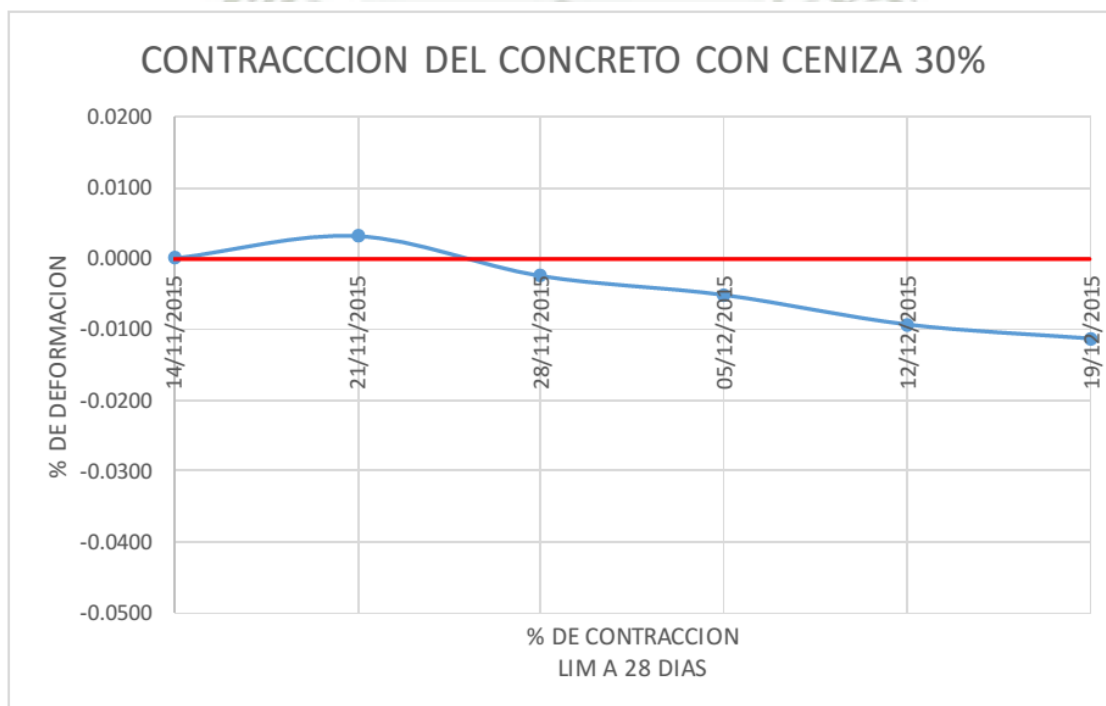


Gráfico 4. 68 Contracción por secado con ceniza volante al 30%.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4.13. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 0%.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=280 kgf/cm2 - YURA TIPO V		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	16/11/2015	0.0000
7 DIAS*	23/11/2015	0.0064
7 DIAS	30/11/2015	-0.0022
14 DIAS	07/12/2015	-0.0045
21 DIAS	14/12/2015	-0.0069
28 DIAS	21/12/2015	-0.0092

Tabla 4. 101 Contracción por secado con ceniza volante al 0%.

Fuente: Elaboración propia

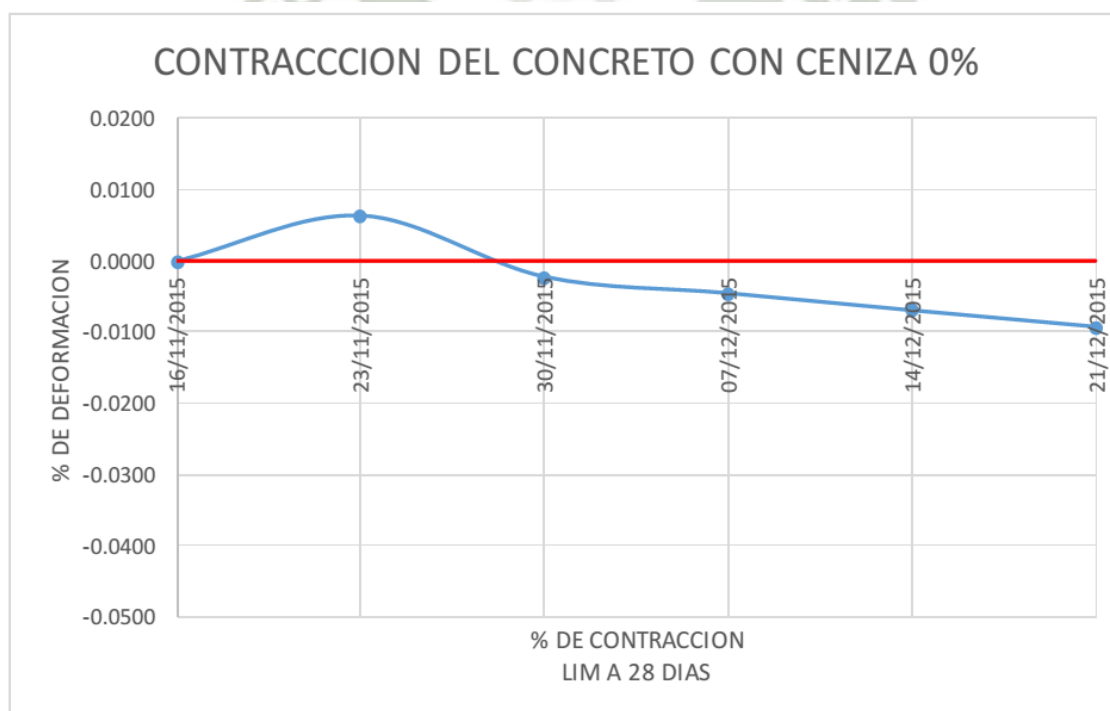


Gráfico 4. 69 Contracción por secado con ceniza volante al 0%.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4.14. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 10%.


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=280 kgf/cm2 - YURA TIPO V		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	16/11/2015	0.0000
7 DIAS*	23/11/2015	0.0056
7 DIAS	30/11/2015	-0.0027
14 DIAS	07/12/2015	-0.0053
21 DIAS	14/12/2015	-0.0077
28 DIAS	21/12/2015	-0.0104

Tabla 4. 102 Contracción por secado con ceniza volante al 10%.

Fuente: Elaboración propia

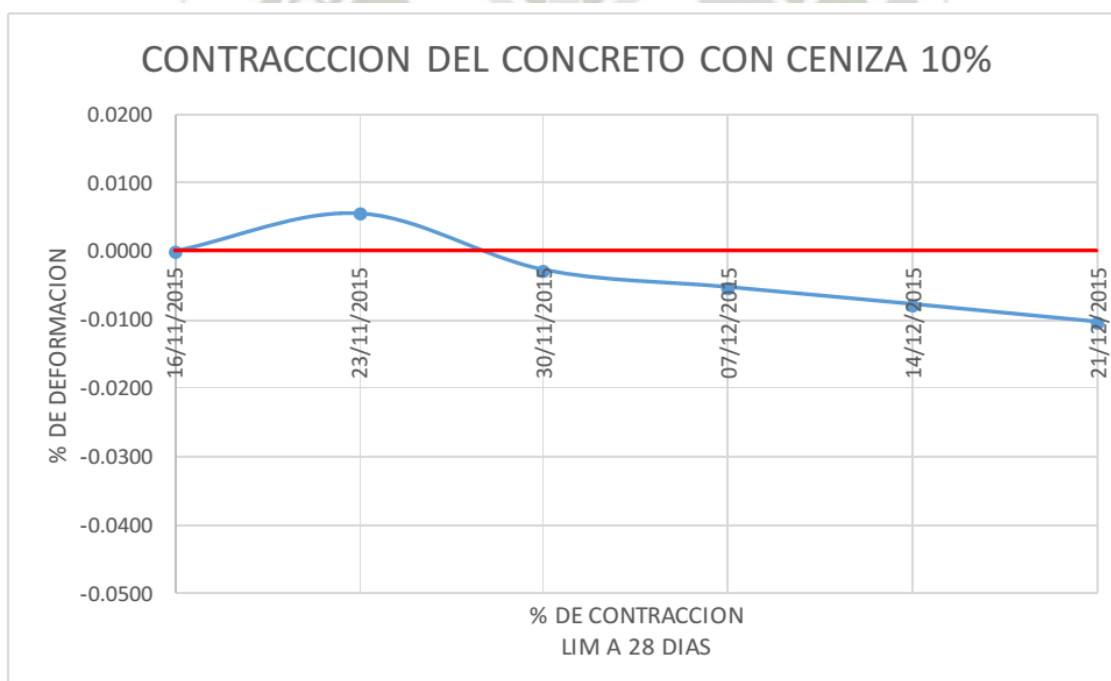


Gráfico 4. 70 Contracción por secado con ceniza volante al 10%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.15. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 20%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=280 kgf/cm2 - YURA TIPO V		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	19/11/2015	0.0000
7 DIAS*	26/11/2015	0.0062
7 DIAS	03/12/2015	-0.0066
14 DIAS	10/12/2015	-0.0093
21 DIAS	17/12/2015	-0.0144
28 DIAS	24/12/2015	-0.0180

Tabla 4. 103 Contracción por secado con ceniza volante al 20%.

Fuente: Elaboración propia

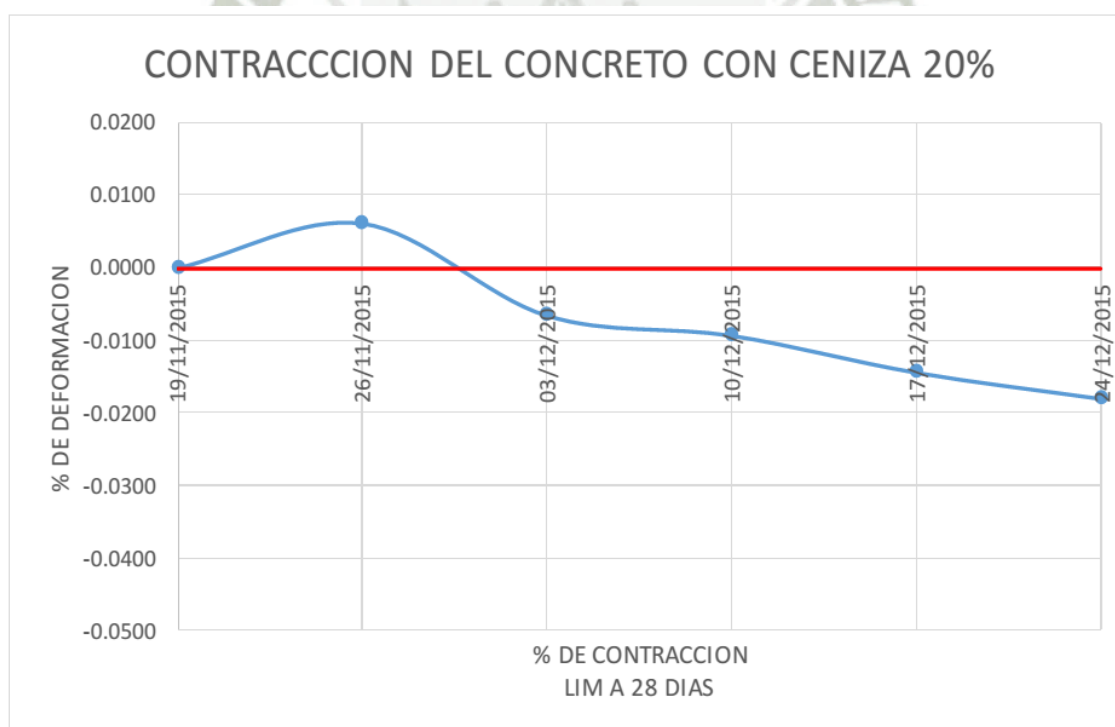


Gráfico 4. 71 Contracción por secado con ceniza volante al 20%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.16. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 30%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=280 kgf/cm2 - YURA TIPO V		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	19/11/2015	0.0000
7 DIAS*	26/11/2015	0.0051
7 DIAS	03/12/2015	-0.0032
14 DIAS	10/12/2015	-0.0072
21 DIAS	17/12/2015	-0.0125
28 DIAS	24/12/2015	-0.0146

Tabla 4. 104 Contracción por secado con ceniza volante al 30%.

Fuente: Elaboración propia

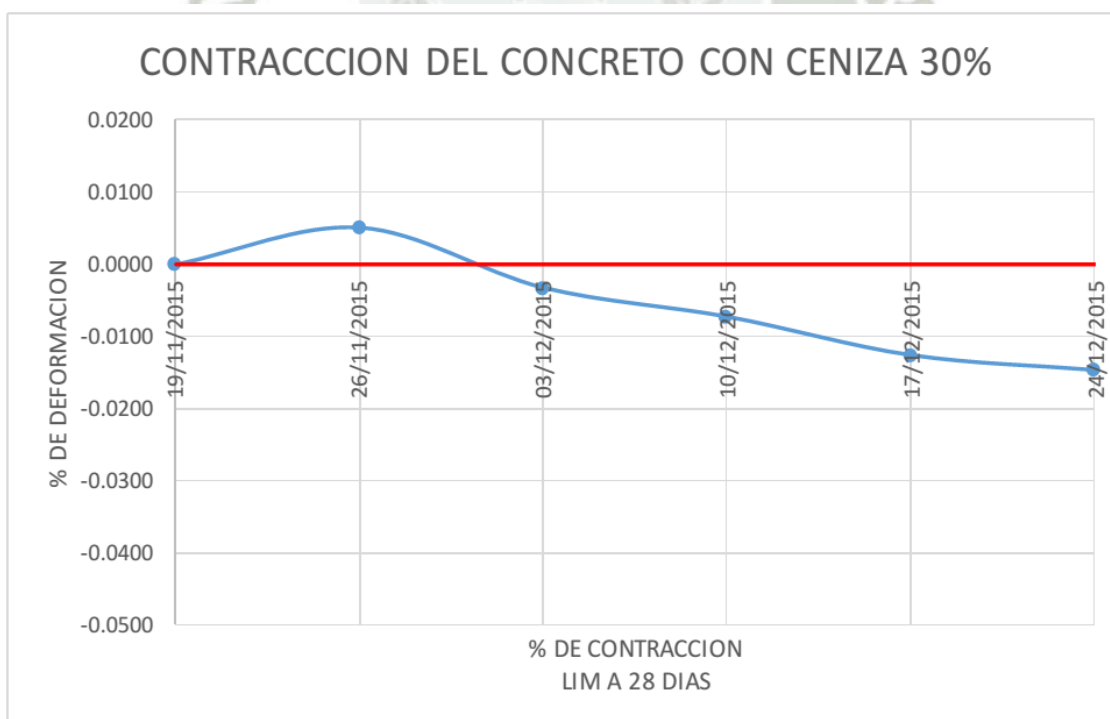


Gráfico 4. 72 Contracción por secado con ceniza volante al 30%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.17. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 0%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F' <sub>c</sub> =350 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	05/12/2015	0.0000
7 DIAS*	12/12/2015	0.0051
7 DIAS	19/12/2015	-0.0016
14 DIAS	26/12/2015	-0.0045
21 DIAS	02/01/2016	-0.0077
28 DIAS	09/01/2016	-0.0095

Tabla 4. 105 Contracción por secado con ceniza volante al 0%.

Fuente: Elaboración propia

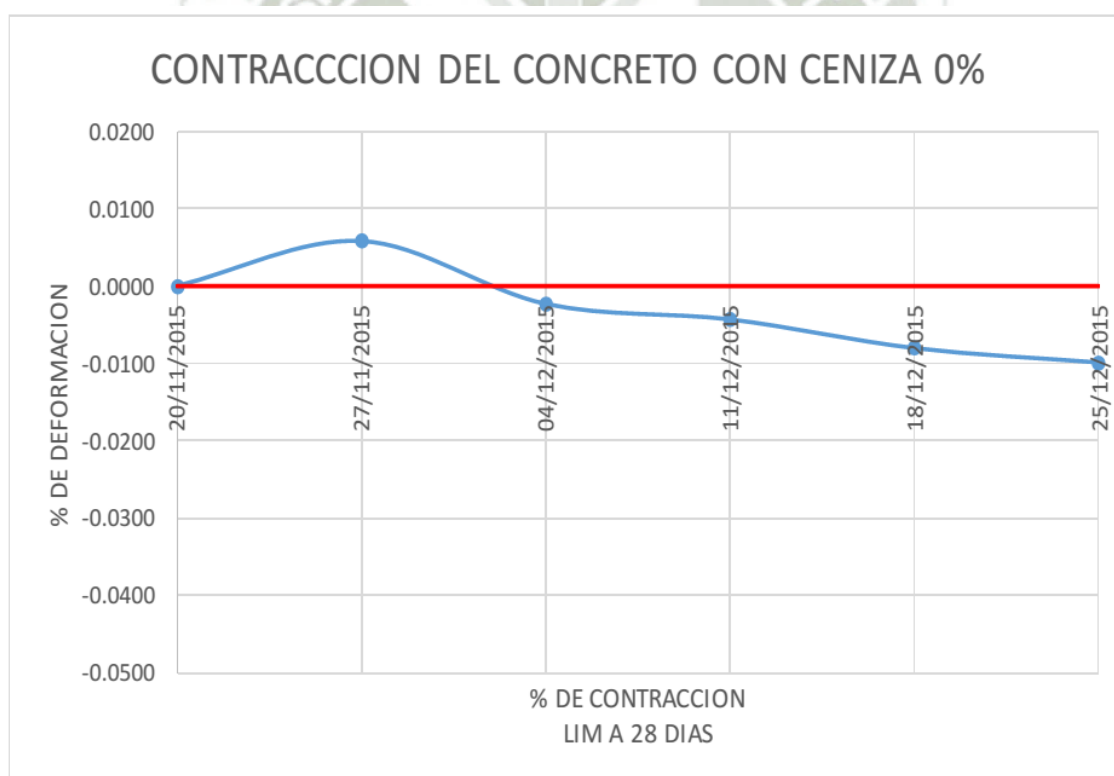


Gráfico 4. 73 Contracción por secado con ceniza volante al 0%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.18. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 10%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO $F'c=350 \text{ kgf/cm}^2$ - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	05/12/2015	0.0000
7 DIAS*	12/12/2015	0.0046
7 DIAS	19/12/2015	-0.0037
14 DIAS	26/12/2015	-0.0055
21 DIAS	02/01/2016	-0.0087
28 DIAS	09/01/2016	-0.0109

Tabla 4. 106 Contracción por secado con ceniza volante al 10%.

Fuente: Elaboración propia

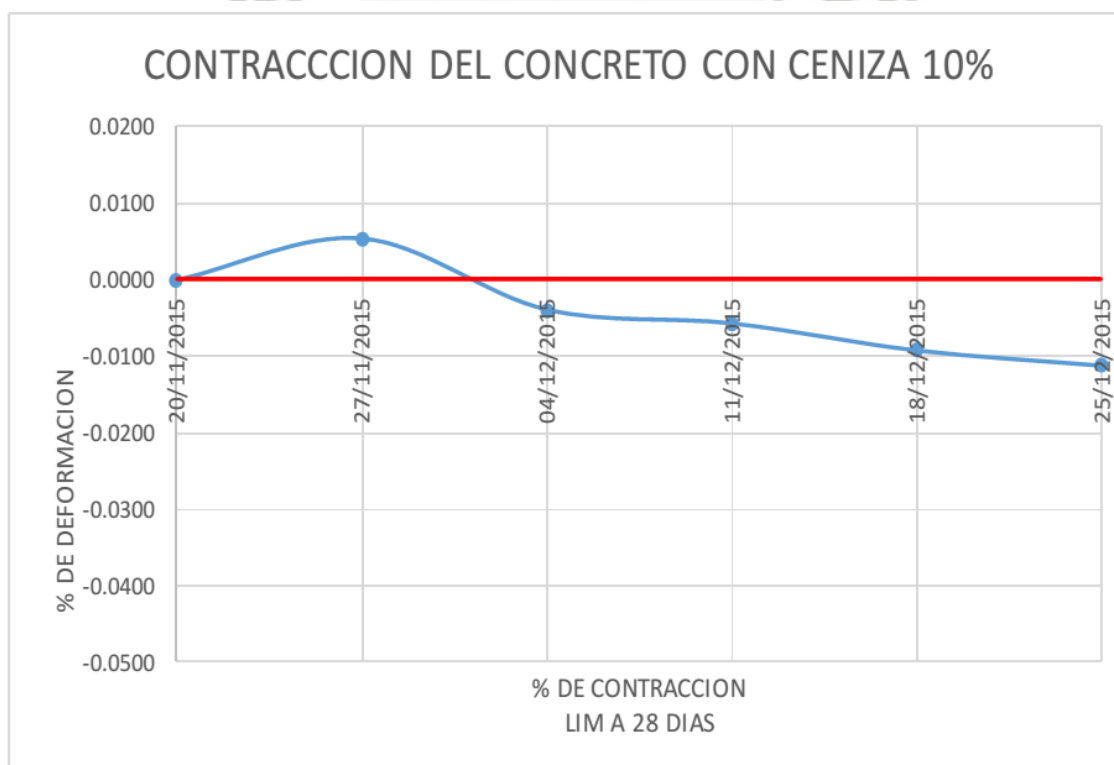


Gráfico 4. 74 Contracción por secado con ceniza volante al 10%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.19. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 20%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO $F'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	07/12/2015	0.0000
7 DIAS*	14/12/2015	0.0021
7 DIAS	21/12/2015	-0.0080
14 DIAS	28/12/2015	-0.0119
21 DIAS	04/01/2016	-0.0177
28 DIAS	11/01/2016	-0.0220

Tabla 4. 107 Contracción por secado con ceniza volante al 20%.

Fuente: Elaboración propia

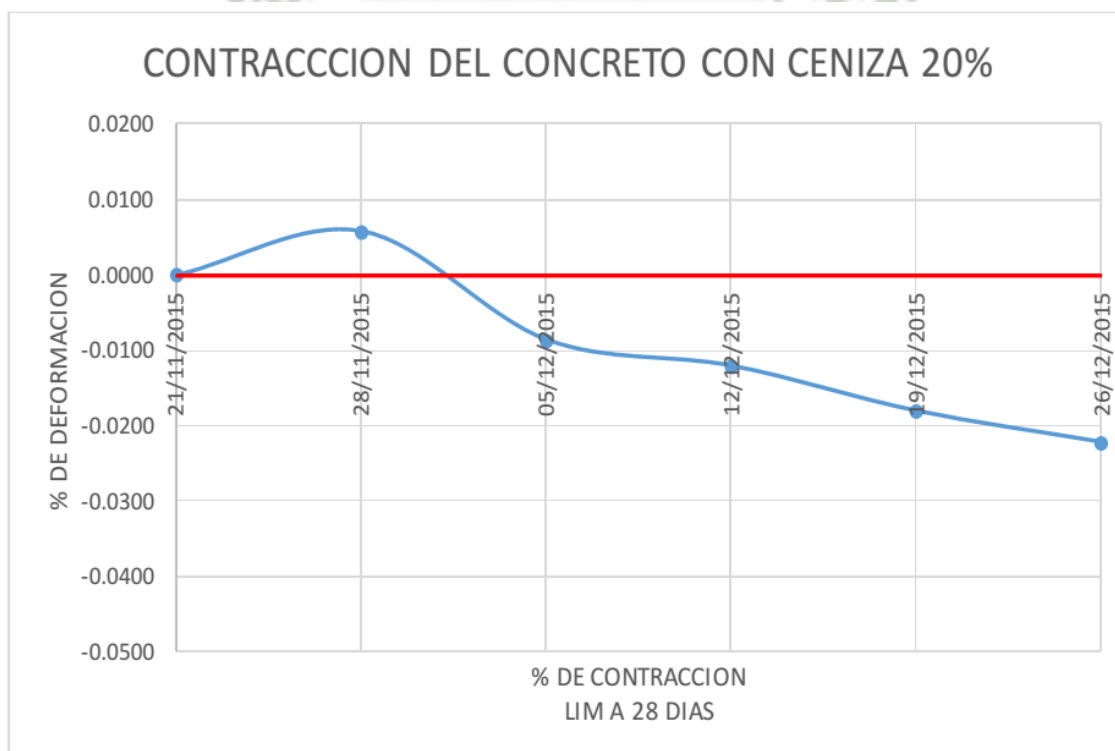


Gráfico 4. 75 Contracción por secado con ceniza volante al 20%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.20. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 30%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F' <sub>c</sub> =350 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO IP		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	07/12/2015	0.0000
7 DIAS*	14/12/2015	0.0049
7 DIAS	21/12/2015	-0.0038
14 DIAS	28/12/2015	-0.0085
21 DIAS	04/01/2016	-0.0153
28 DIAS	11/01/2016	-0.0183

Tabla 4. 108 Contracción por secado con ceniza volante al 30%.

Fuente: Elaboración propia

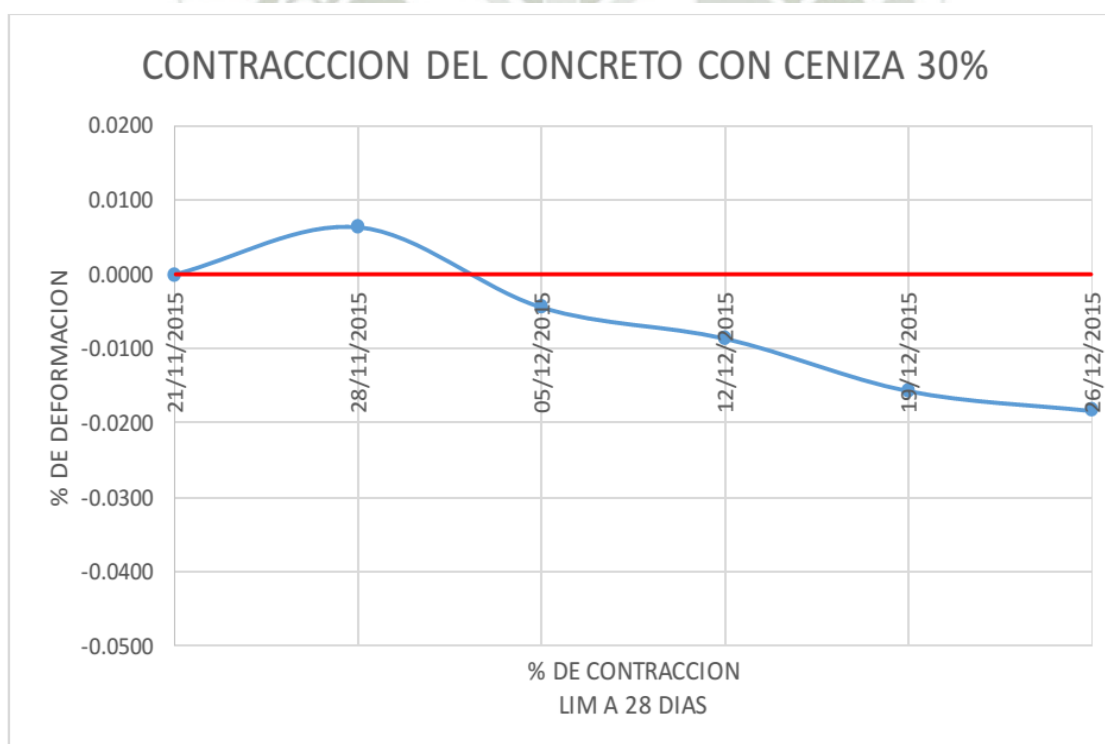


Gráfico 4. 76 Contracción por secado con ceniza volante al 30%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.21. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 0%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=420 kgf/cm2 - YURA TIPO V		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	23/11/2015	0.0000
7 DIAS*	30/11/2015	0.0061
7 DIAS	07/12/2015	-0.0022
14 DIAS	14/12/2015	-0.0061
21 DIAS	21/12/2015	-0.0093
28 DIAS	28/12/2015	-0.0154

Tabla 4. 109 Contracción por secado con ceniza volante al 0%.

Fuente: Elaboración propia

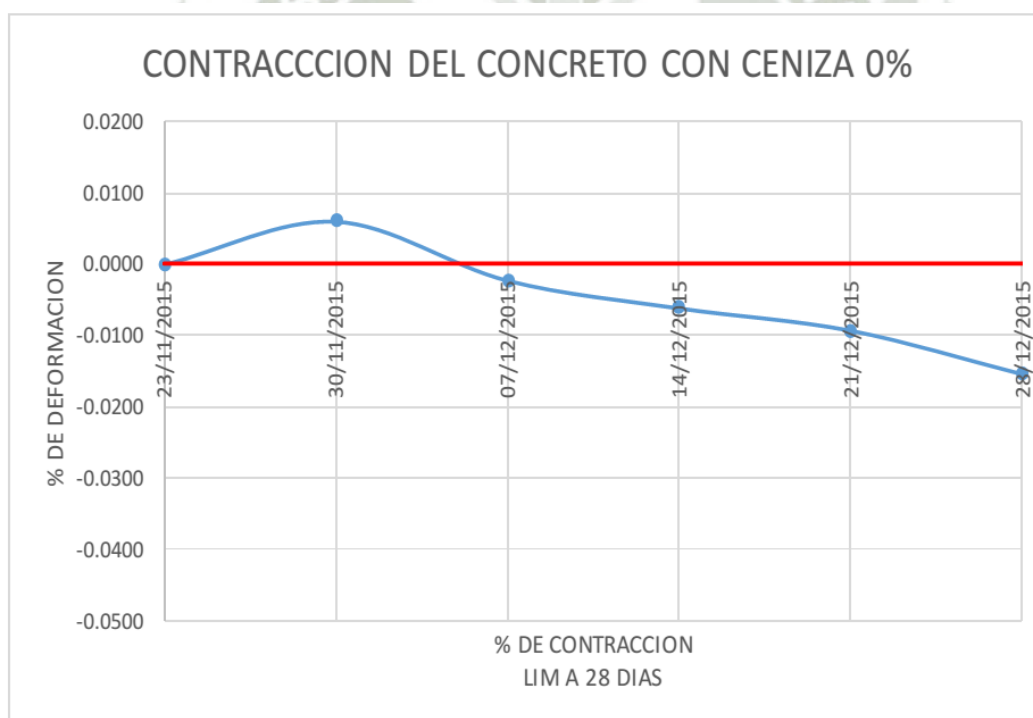


Gráfico 4. 77 Contracción por secado con ceniza volante al 0%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.22. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 10%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=420 kgf/cm2 - YURA TIPO V		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	23/11/2015	0.0000
7 DIAS*	30/11/2015	0.0058
7 DIAS	07/12/2015	-0.0045
14 DIAS	14/12/2015	-0.0063
21 DIAS	21/12/2015	-0.0107
28 DIAS	28/12/2015	-0.0138

Tabla 4. 110 Contracción por secado con ceniza volante al 10%.

Fuente: Elaboración propia

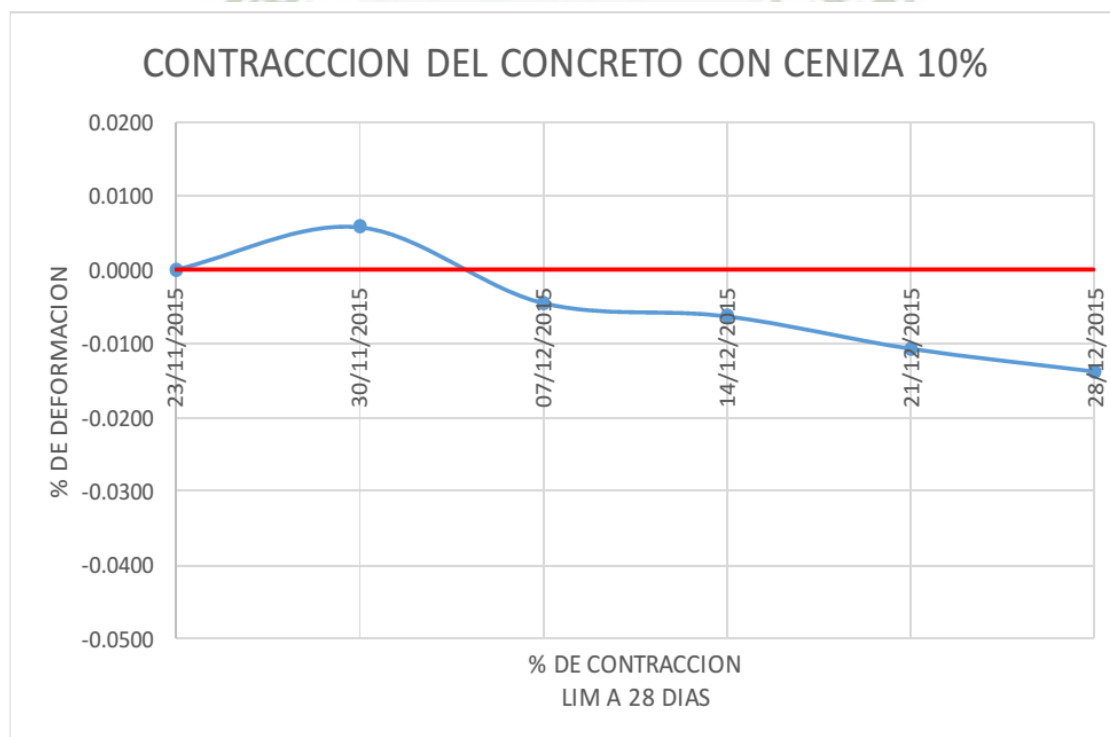


Gráfico 4. 78 Contracción por secado con ceniza volante al 10%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.23. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 20%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=420 kgf/cm2 - YURA TIPO V		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	25/11/2015	0.0000
7 DIAS*	02/12/2015	0.0050
7 DIAS	09/12/2015	-0.0103
14 DIAS	16/12/2015	-0.0148
21 DIAS	23/12/2015	-0.0212
28 DIAS	30/12/2015	-0.0266

Tabla 4. 111 Contracción por secado con ceniza volante al 20%.

Fuente: Elaboración propia

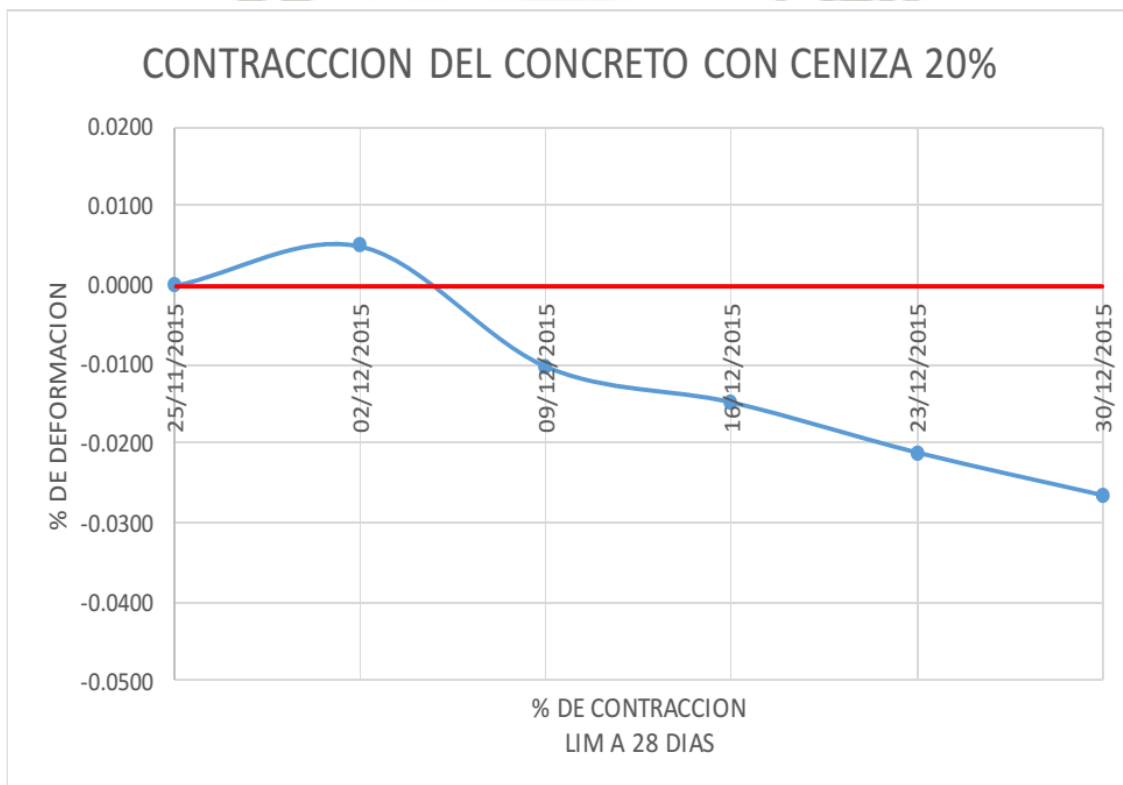


Gráfico 4. 79 Contracción por secado con ceniza volante al 20%.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4.24. Determinación de la contracción por secado con ceniza volante al 30%.**


 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO - ENSAYO DE CONTRACCION</b>		
DISEÑO F'c=420 kgf/cm <sup>2</sup> - YURA TIPO V		
EDAD	FECHA	% DE CONTRACCION
1 DIA	25/11/2015	0.0000
7 DIAS*	02/12/2015	0.0058
7 DIAS	09/12/2015	-0.0046
14 DIAS	16/12/2015	-0.0059
21 DIAS	23/12/2015	-0.0188
28 DIAS	30/12/2015	-0.0221

Tabla 4. 112 Contracción por secado con ceniza volante al 30%.

Fuente: Elaboración propia

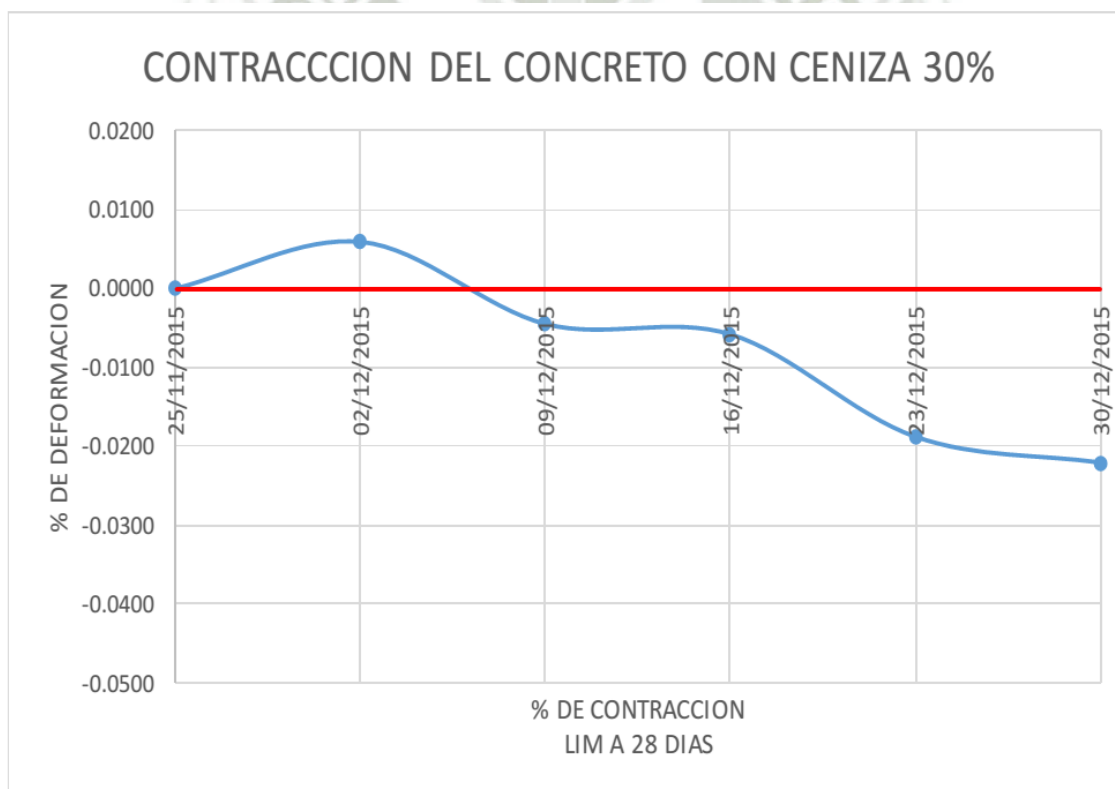
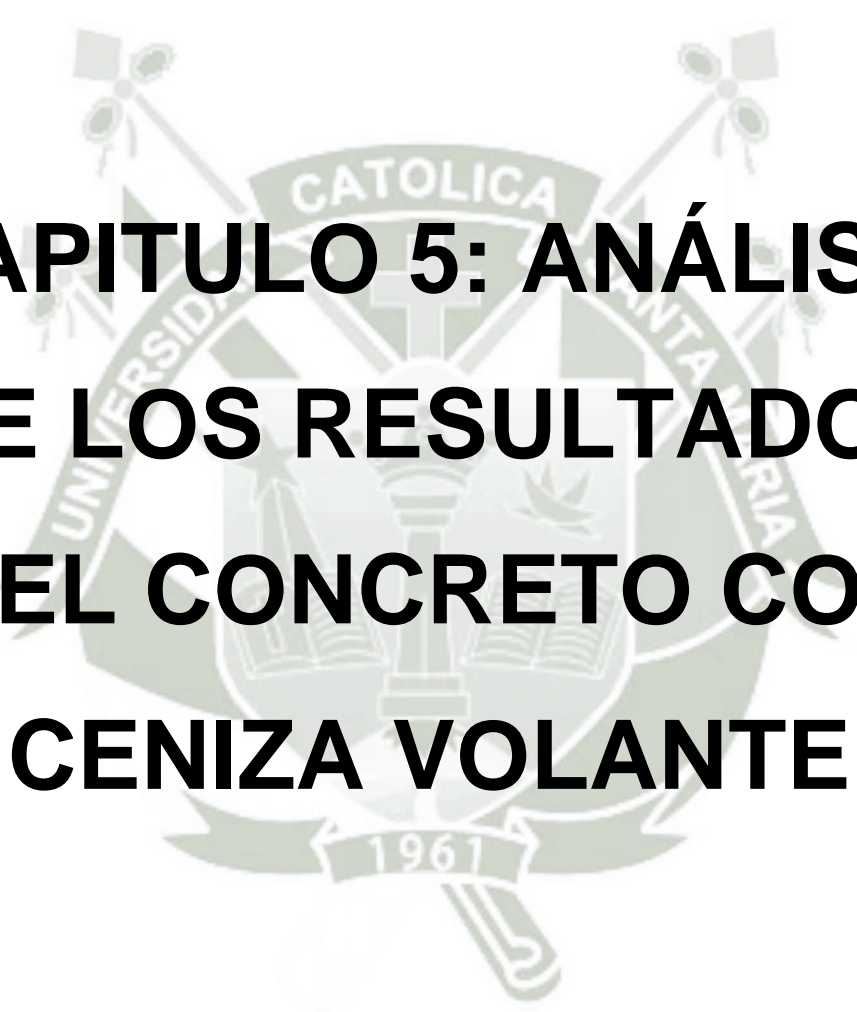


Gráfico 4. 80 Contracción por secado con ceniza volante al 30%.

Fuente: Elaboración propia



# **CAPITULO 5: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CONCRETO CON CENIZA VOLANTE**

## 5.1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO.

### 5.1.1. Ensayo de temperatura.

#### 5.1.1.1. Cemento Yura tipo IP.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
TEMPERATURA °C CEMENTO YURA TIPO IP				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	22.4	21.0	21.4	20.8
280 kgf/cm <sup>2</sup>	24.7	24.1	22.8	23.2
350 kgf/cm <sup>2</sup>	23.7	25.1	22.5	24.3
420 kgf/cm <sup>2</sup>	25.6	24.9	23.8	22.5

Tabla 5. 1 Ensayo de Temperatura Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

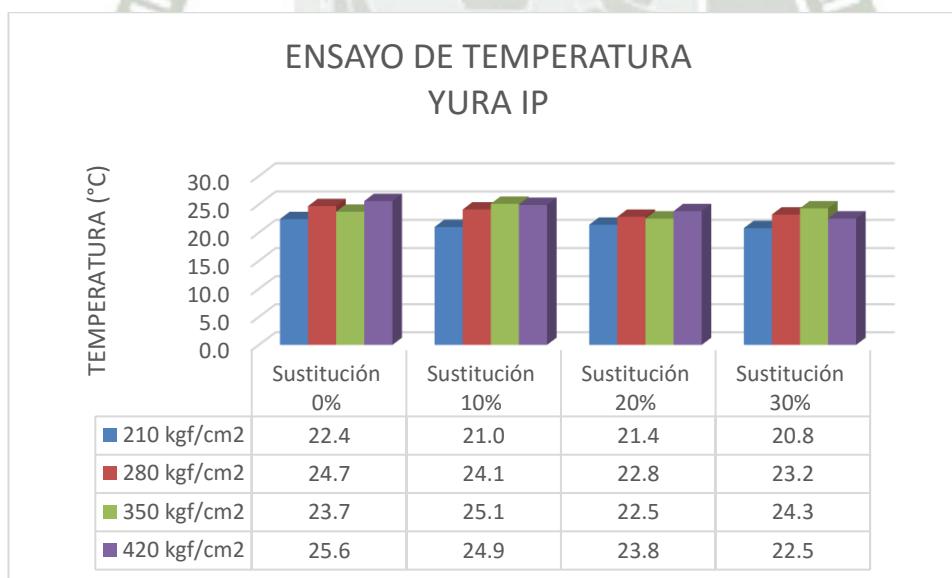


Gráfico 5. 1 Ensayo de Temperatura Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.1.2. Cemento Yura tipo V.


	ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO			
	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"			
TEMPERATURA °C CEMENTO YURA TIPO V				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	22.1	21.0	21.4	20.8
280 kgf/cm <sup>2</sup>	24.7	24.1	22.8	23.2
350 kgf/cm <sup>2</sup>	25.2	24.8	23.5	25.7
420 kgf/cm <sup>2</sup>	25.8	24.4	21.4	23.5

Tabla 5. 2 Ensayo de Temperatura Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

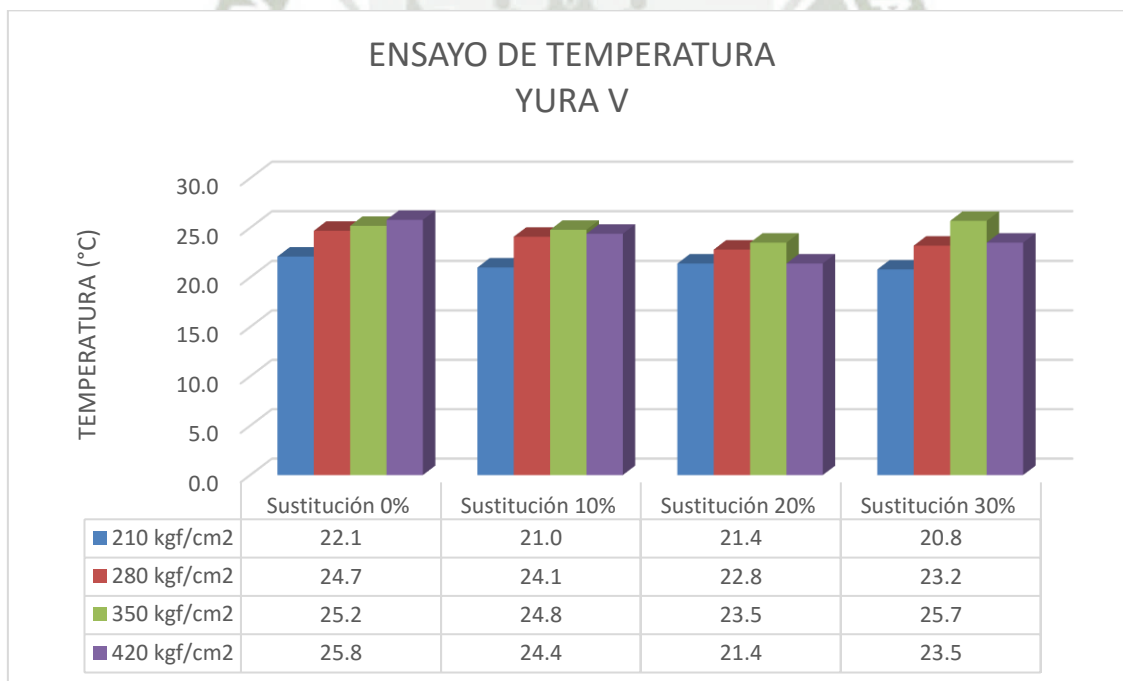


Gráfico 5. 2 Ensayo de Temperatura Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.1.3. Cemento Yura tipo IP vs tipo V.

	ANÁLISIS COMPARATIVO EN ESTADO FRESCO							
	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
	TEMPERATURA °C							
	CEMENTO YURA TIPO IP				CEMENTO YURA TIPO V			
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	22.4	21.0	21.4	20.8	22.1	21.0	21.4	20.8
280 kgf/cm <sup>2</sup>	24.7	24.1	22.8	23.2	24.7	24.1	22.8	23.2
350 kgf/cm <sup>2</sup>	23.7	25.1	22.5	24.3	25.2	24.8	23.5	25.7
420 kgf/cm <sup>2</sup>	25.6	24.9	23.8	22.5	25.8	24.4	21.4	23.5

Tabla 5. 3 Ensayo de Temperatura Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

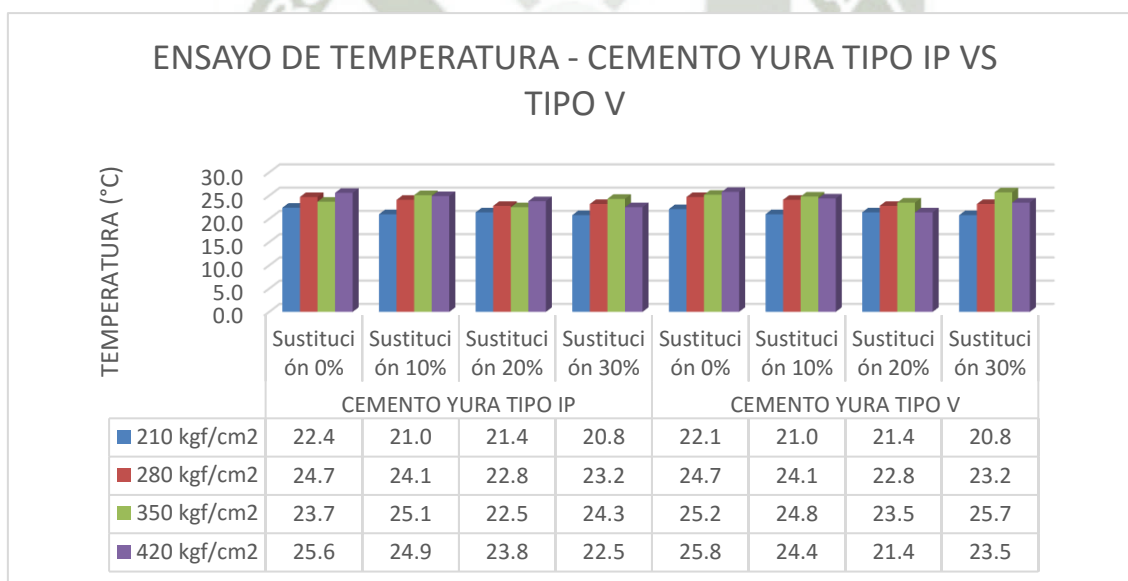


Gráfico 5. 3 Ensayo de Temperatura Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

## 5.1.2. Ensayo de SLUMP

### 5.1.2.1. Cemento Yura tipo IP.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
SLUMP (PULG.) CEMENTO YURA TIPO IP				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	6.5	5.6	5.7	5.5
280 kgf/cm <sup>2</sup>	6.0	6.2	5.4	5.6
350 kgf/cm <sup>2</sup>	5.7	5.0	5.4	5.4
420 kgf/cm <sup>2</sup>	5.5	5.2	5.6	5.1

Tabla 5. 4 Ensayo de SLUMP Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

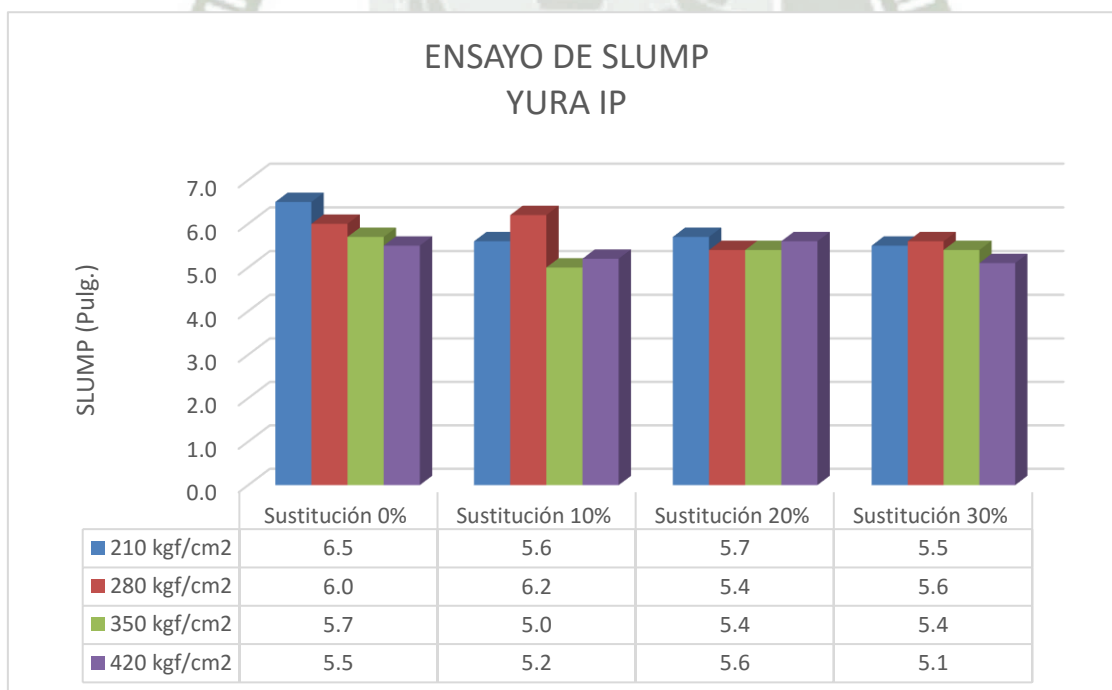


Gráfico 5. 4 Ensayo de SLUMP Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2.2. Cemento Yura Tipo V.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
SLUMP (PULG.)				
CEMENTO YURA TIPO V				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	6.1	5.7	5.5	5.6
280 kgf/cm <sup>2</sup>	5.8	5.2	5.0	5.5
350 kgf/cm <sup>2</sup>	5.5	5.4	5.1	5.1
420 kgf/cm <sup>2</sup>	5.3	5.1	5.1	5.2

Tabla 5. 5 Ensayo de SLUMP Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

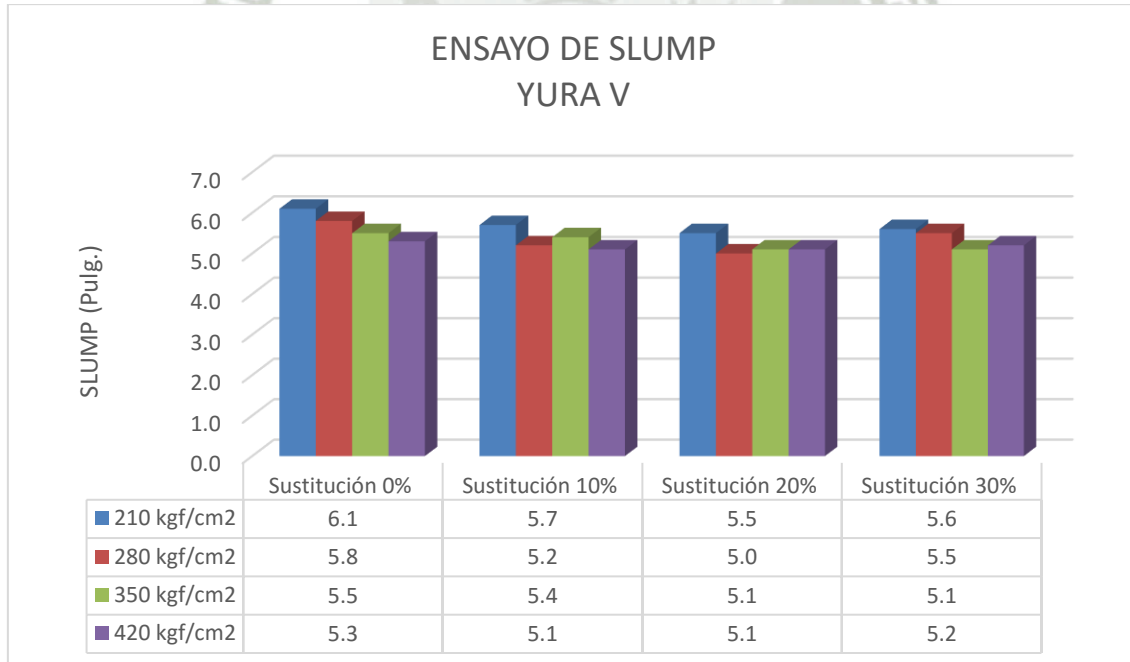


Gráfico 5. 5 Ensayo de SLUMP Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2.3. Cemento Yura tipo IP vs tipo V.

RESISTENCIA	ANÁLISIS COMPARATIVO EN ESTADO FRESCO							
	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
	SLUMP (PULG.)							
	CEMENTO YURA TIPO IP				CEMENTO YURA TIPO V			
	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	6.5	5.6	5.7	5.5	6.1	5.7	5.5	5.6
280 kgf/cm <sup>2</sup>	6.0	6.2	5.4	5.6	5.8	5.2	5.0	5.5
350 kgf/cm <sup>2</sup>	5.7	5.0	5.4	5.4	5.5	5.4	5.1	5.1
420 kgf/cm <sup>2</sup>	5.5	5.2	5.6	5.1	5.3	5.1	5.1	5.2

Tabla 5. 6 Ensayo de SLUMP Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

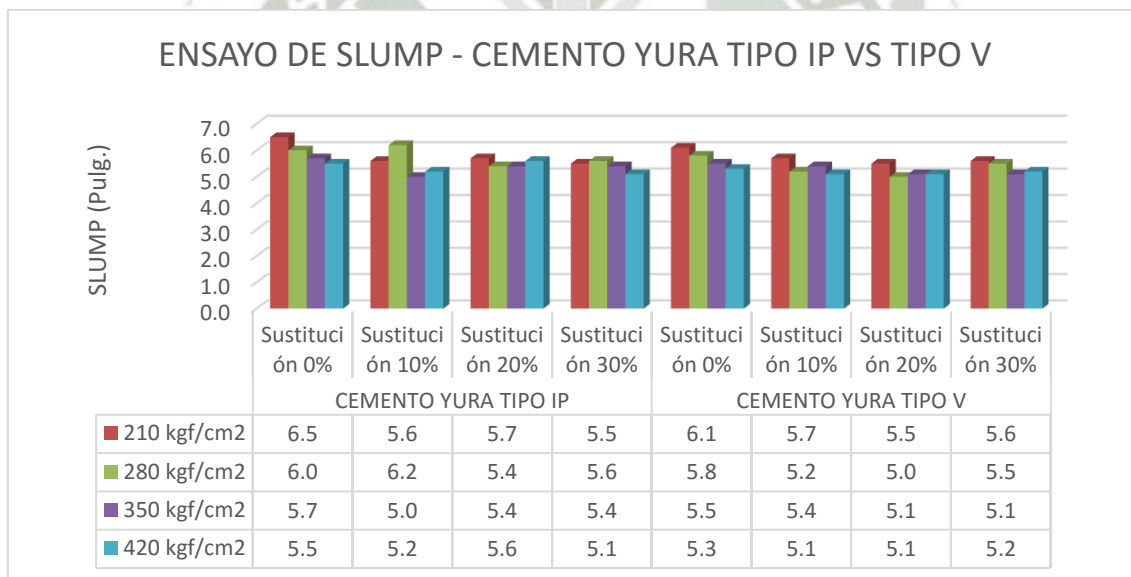


Gráfico 5. 6 Ensayo de SLUMP Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3. Ensayo de contenido de aire.

#### 5.1.3.1. Cemento Yura tipo IP.


	ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO			
	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"			
CONTENIDO DE AIRE (%) CEMENTO YURA TIPO IP				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	2.3	2.2	2.2	2.1
280 kgf/cm <sup>2</sup>	2.2	2.1	2.0	2.1
350 kgf/cm <sup>2</sup>	2.0	1.7	2.1	1.9
420 kgf/cm <sup>2</sup>	2.0	2.1	1.9	1.8

Tabla 5. 7 Ensayo de contenido de aire Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

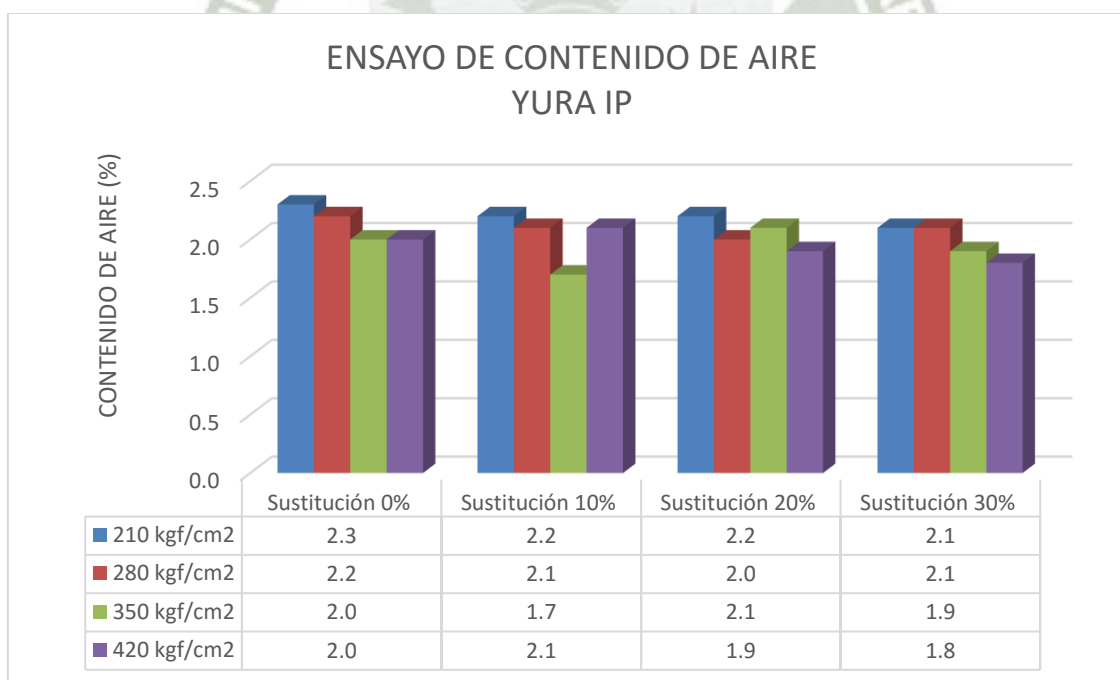


Gráfico 5. 7 Ensayo de contenido de aire Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3.2. Cemento Yura tipo V.

<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
CONTENIDO DE AIRE (%) CEMENTO YURA TIPO V				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	2.4	2.4	2.2	2.1
280 kgf/cm <sup>2</sup>	2.1	2.2	2.4	2.1
350 kgf/cm <sup>2</sup>	2.2	2.1	2.4	2.2
420 kgf/cm <sup>2</sup>	2.3	2.4	2.1	2.3

Tabla 5. 8 Ensayo de contenido de aire Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

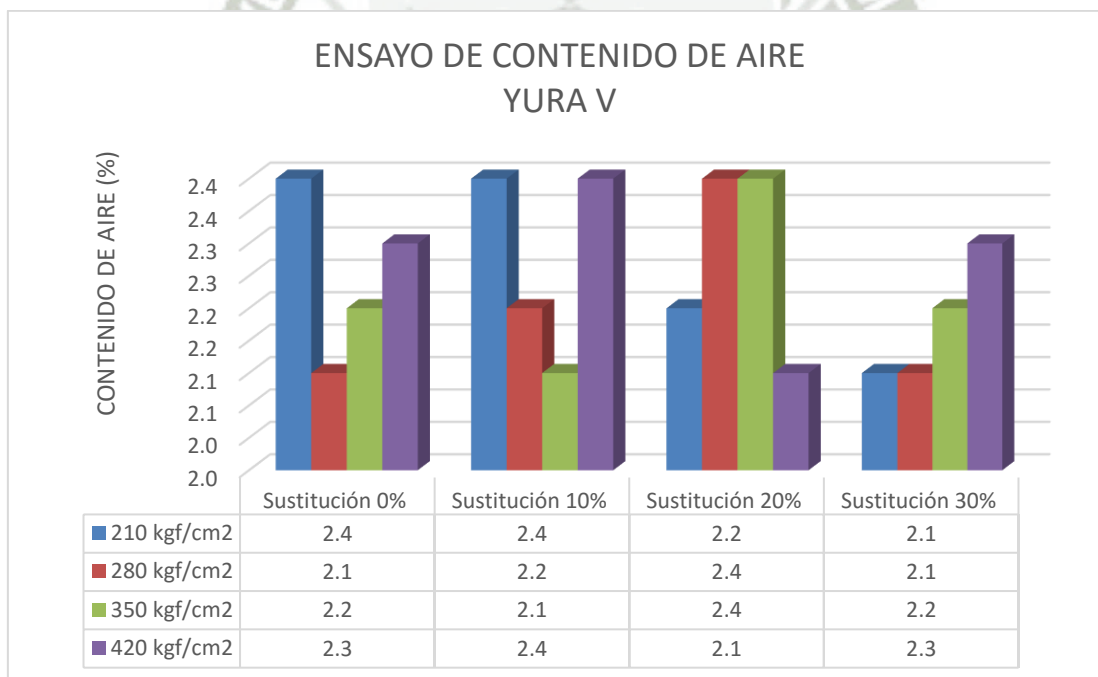


Gráfico 5. 8 Ensayo de contenido de aire Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3.3. Cemento Yura tipo IP vs tipo V.

	ANÁLISIS COMPARATIVO EN ESTADO FRESCO							
	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
	CONTENIDO DE AIRE (%)							
	CEMENTO YURA TIPO IP				CEMENTO YURA TIPO V			
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	2.3	2.2	2.2	2.1	2.4	2.4	2.2	2.1
280 kgf/cm <sup>2</sup>	2.2	2.1	2.0	2.1	2.1	2.2	2.4	2.1
350 kgf/cm <sup>2</sup>	2.0	1.7	2.1	1.9	2.2	2.1	2.4	2.2
420 kgf/cm <sup>2</sup>	2.0	2.1	1.9	1.8	2.3	2.4	2.1	2.3

Tabla 5. 9 Ensayo de contenido de aire Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

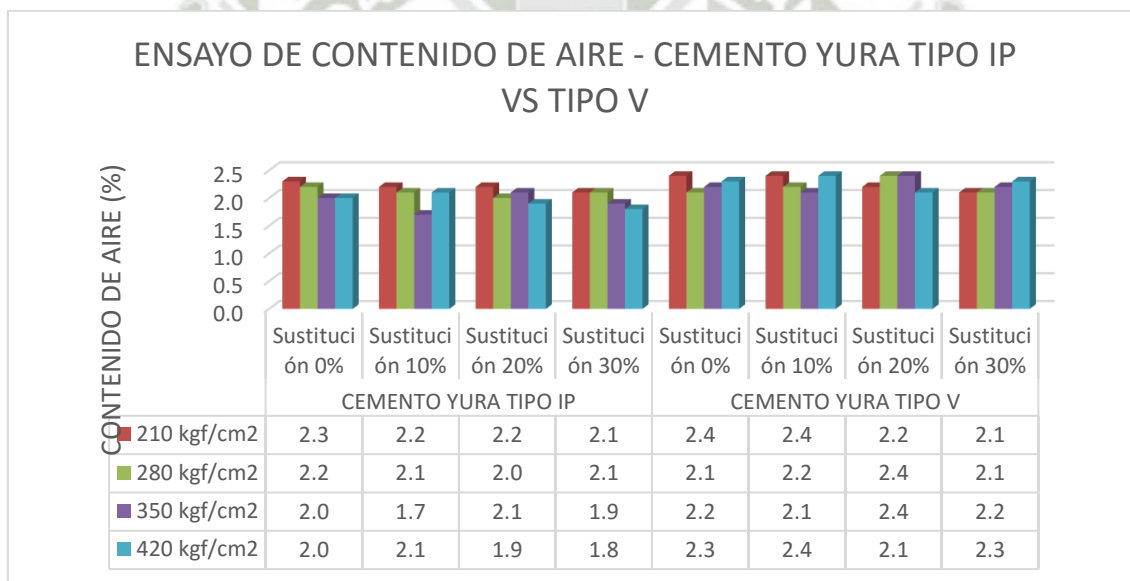


Gráfico 5. 9 Ensayo de contenido de aire Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.4. Ensayo de peso unitario.

#### 5.1.4.1. Cemento Yura tipo IP.

RESISTENCIA	PESO UNITARIO (kg/cm <sup>3</sup> ) CEMENTO YURA TIPO IP			
	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	2388.2	2384.1	2379.8	2374.1
280 kgf/cm <sup>2</sup>	2395.4	2390.6	2395.2	2392.1
350 kgf/cm <sup>2</sup>	2398.1	2395.4	2394.8	2390.6
420 kgf/cm <sup>2</sup>	2400.2	2399.2	2397.7	2396.2

Tabla 5. 10 Ensayo de peso unitario Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

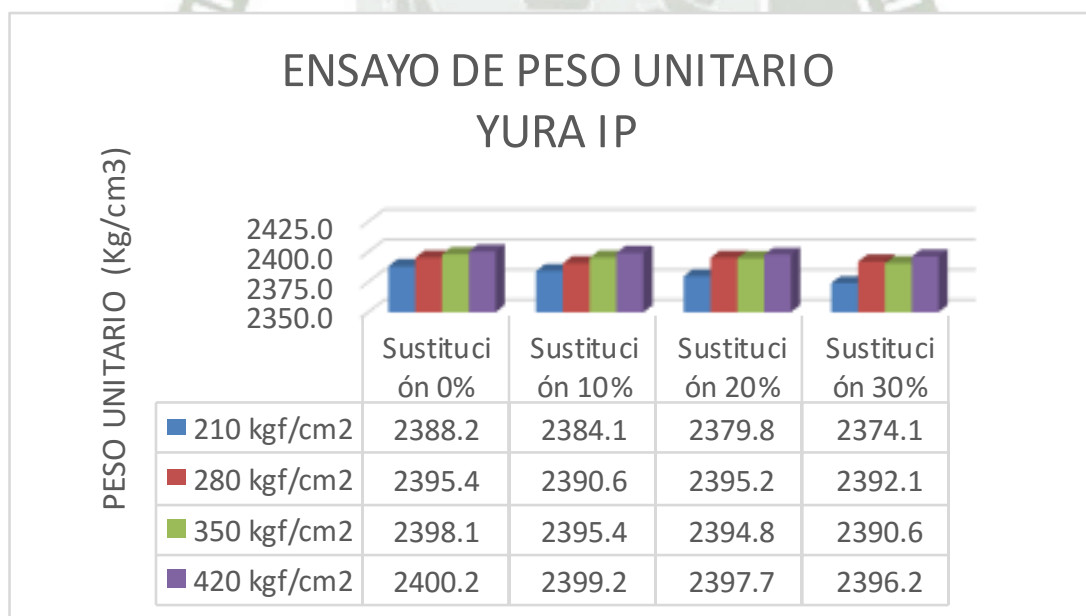


Gráfico 5. 10 Ensayo de peso unitario Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.4.2. Cemento Yura tipo V.

RESISTENCIA	PESO UNITARIO (kg/cm <sup>3</sup> ) CEMENTO YURA TIPO V			
	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	2449.7	2418.1	2411.8	2414.1
280 kgf/cm <sup>2</sup>	2451.4	2428.9	2422.5	2453.9
350 kgf/cm <sup>2</sup>	2452.9	2405.0	2412.5	2389.0
420 kgf/cm <sup>2</sup>	2440.9	2398.1	2406.9	2421.2

Tabla 5. 11 Ensayo de peso unitario Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

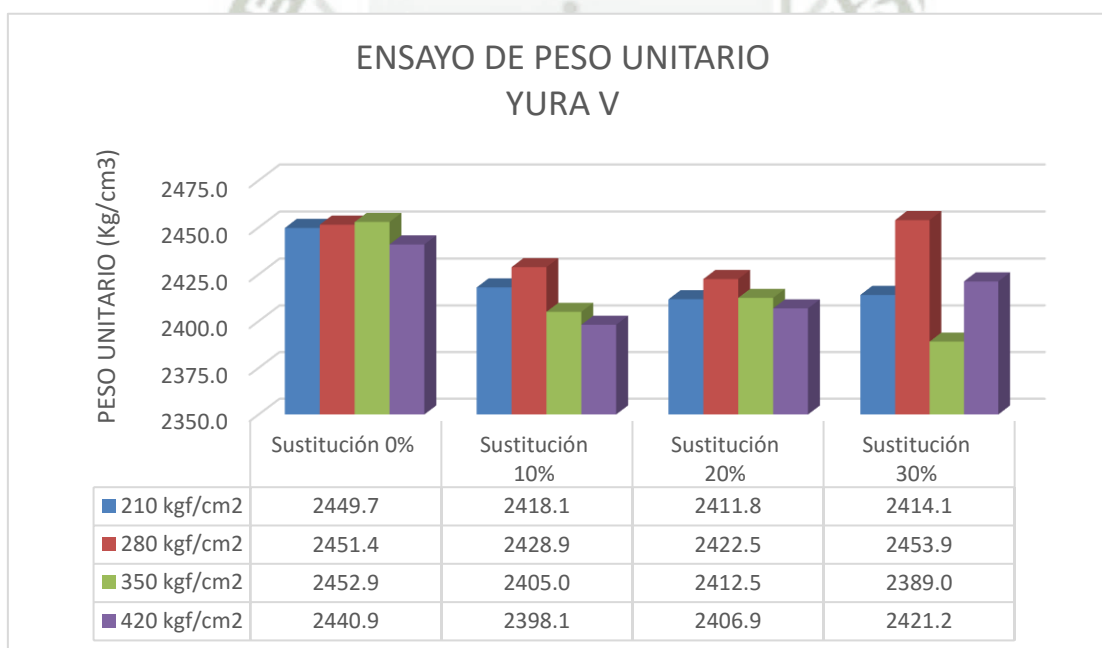


Gráfico 5. 11 Ensayo de peso unitario Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

**5.1.4.3. Cemento Yura tipo IP vs tipo V.**

	ANÁLISIS COMPARATIVO EN ESTADO FRESCO							
	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
	PESO UNITARIO (kg/cm <sup>3</sup> )							
	CEMENTO YURA TIPO IP				CEMENTO YURA TIPO V			
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	2388.2	2384.1	2379.8	2374.1	2449.7	2418.1	2411.8	2414.1
280 kgf/cm <sup>2</sup>	2395.4	2390.6	2395.2	2392.1	2451.4	2428.9	2422.5	2453.9
350 kgf/cm <sup>2</sup>	2398.1	2395.4	2394.8	2390.6	2452.9	2405.0	2412.5	2389.0
420 kgf/cm <sup>2</sup>	2400.2	2399.2	2397.7	2396.2	2440.9	2398.1	2406.9	2421.2

Tabla 5. 12 Ensayo de peso unitario Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

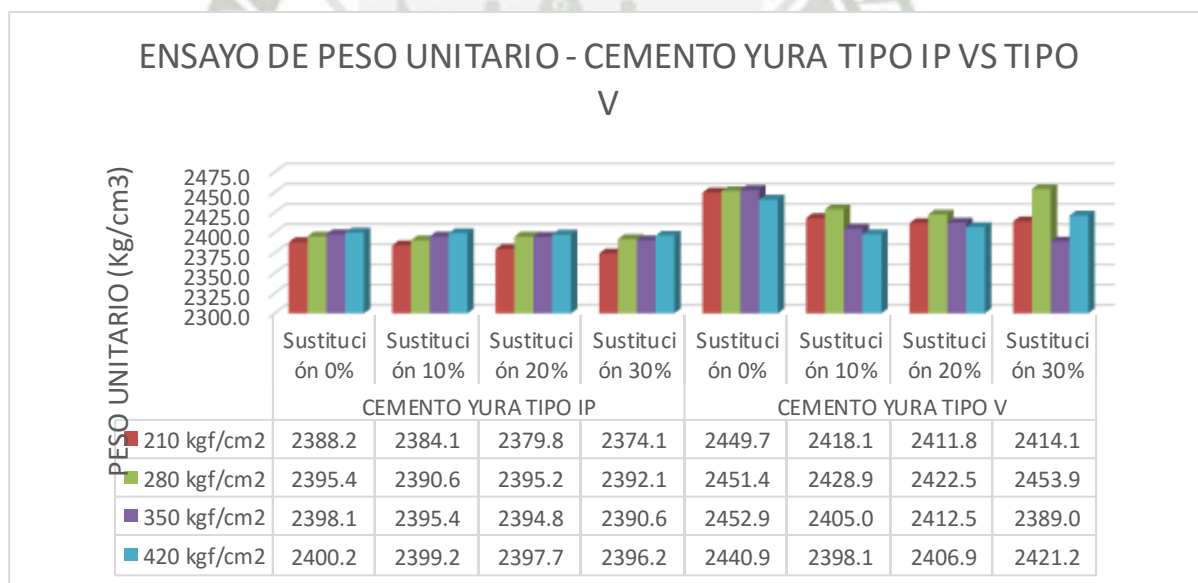


Gráfico 5. 12 Ensayo de peso unitario Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.5. Ensayo de exudación.

#### 5.1.5.1. Cemento Yura tipo IP.

RESISTENCIA	EXUDACION CEMENTO YURA TIPO IP			
	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	0.619	0.589	0.599	0.579
280 kgf/cm <sup>2</sup>	0.549	0.577	0.560	0.563
350 kgf/cm <sup>2</sup>	0.540	0.535	0.554	0.531
420 kgf/cm <sup>2</sup>	0.513	0.493	0.535	0.495

Tabla 5. 13 Ensayo de exudación Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

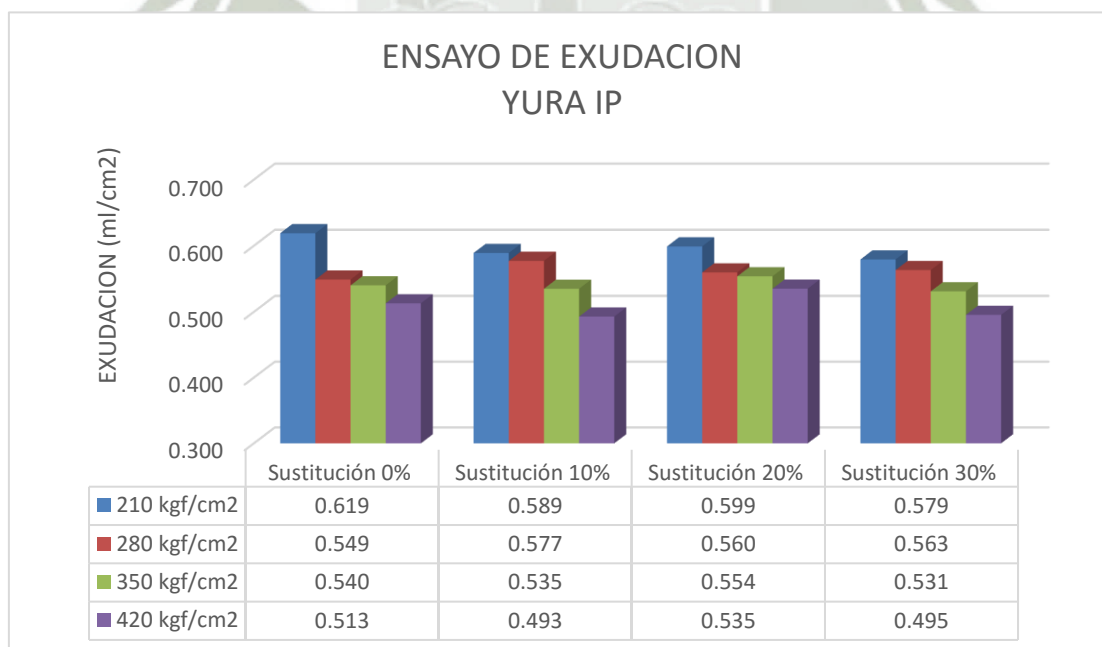


Gráfico 5. 13 Ensayo de exudación Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.5.2. Cemento Yura tipo V.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
EXUDACION CEMENTO YURA TIPO V				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	0.560	0.569	0.559	0.570
280 kgf/cm <sup>2</sup>	0.549	0.536	0.540	0.550
350 kgf/cm <sup>2</sup>	0.530	0.552	0.540	0.518
420 kgf/cm <sup>2</sup>	0.474	0.488	0.525	0.498

Tabla 5. 14 Ensayo de exudación Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

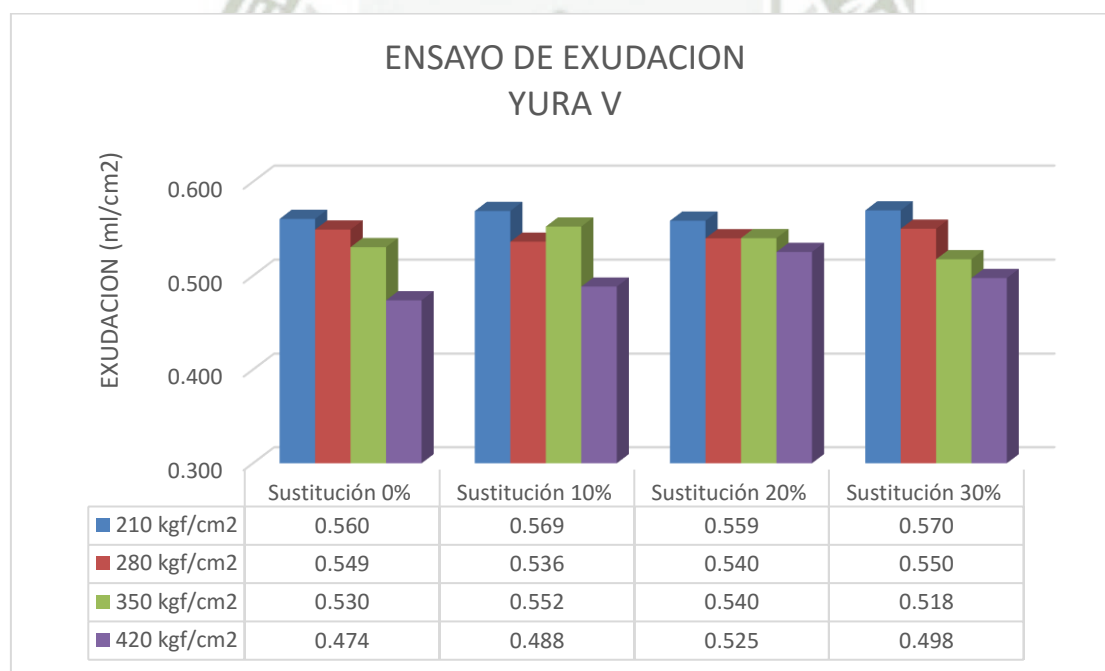


Gráfico 5. 14 Ensayo de exudación Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.5.3. Cemento Yura tipo IP vs tipo V.

	ANÁLISIS COMPARATIVO EN ESTADO FRESCO							
	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
	EXUDACION							
	CEMENTO YURA TIPO IP				CEMENTO YURA TIPO V			
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	0.619	0.589	0.599	0.579	0.560	0.569	0.559	0.570
280 kgf/cm <sup>2</sup>	0.549	0.577	0.560	0.563	0.549	0.536	0.540	0.550
350 kgf/cm <sup>2</sup>	0.540	0.535	0.554	0.531	0.530	0.552	0.540	0.518
420 kgf/cm <sup>2</sup>	0.513	0.493	0.535	0.495	0.474	0.488	0.525	0.498

Tabla 5. 15 Ensayo de exudación Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

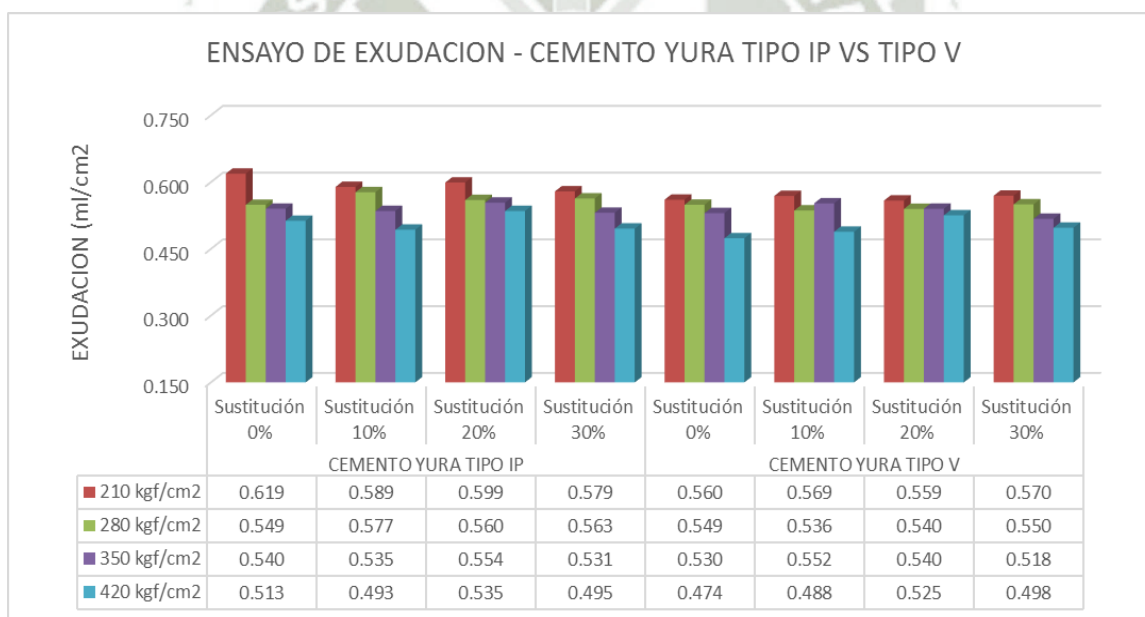


Gráfico 5. 15 Ensayo de exudación Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.6. Ensayo de tiempo de fragua.

#### 5.1.6.1. Cemento Yura Tipo IP.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
TIEMPO DE FRAGUA CEMENTO YURA TIPO IP				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	1:30	1:24	1:19	1:15
280 kgf/cm <sup>2</sup>	1:28	1:24	1:17	1:13
350 kgf/cm <sup>2</sup>	1:26	1:21	1:16	1:08
420 kgf/cm <sup>2</sup>	1:25	1:19	1:15	1:06

Tabla 5. 16 Ensayo de tiempo de fragua Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia



Gráfico 5. 16 Ensayo de tiempo de fragua Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.6.2. Cemento Yura Tipo V.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
TIEMPO DE FRAGUA CEMENTO YURA TIPO V				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	1:24	1:15	1:11	1:08
280 kgf/cm <sup>2</sup>	1:21	1:14	1:09	1:07
350 kgf/cm <sup>2</sup>	1:18	1:13	1:09	1:06
420 kgf/cm <sup>2</sup>	1:17	1:13	1:08	1:04

Tabla 5. 17 Ensayo de tiempo de fragua Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

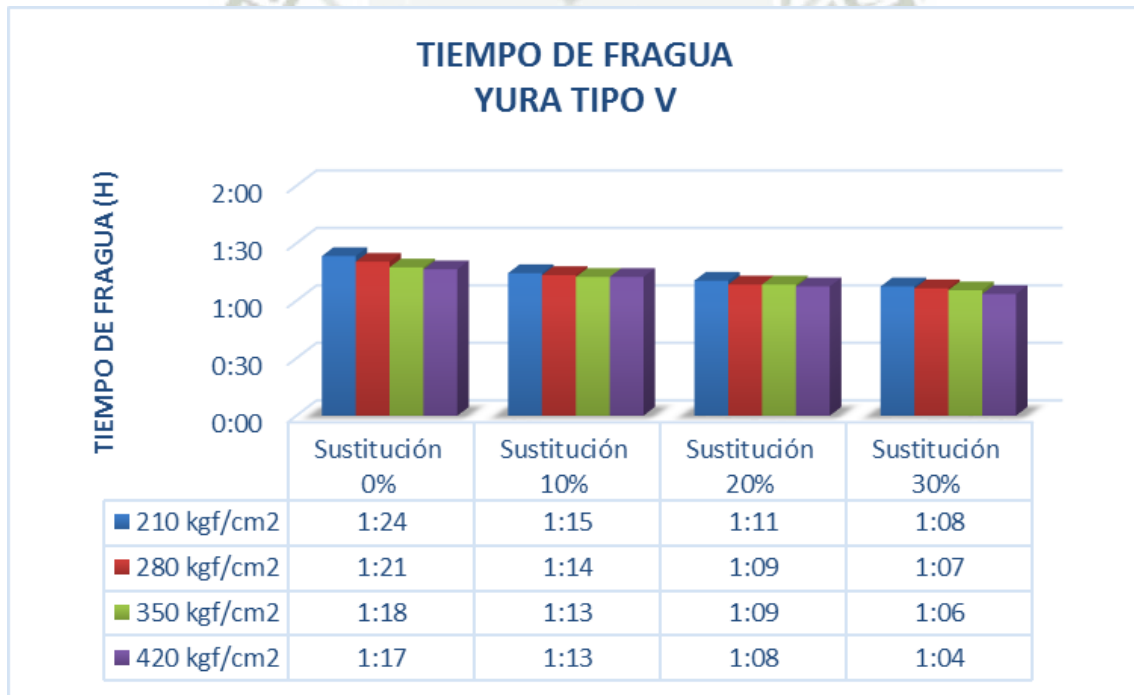


Gráfico 5. 17 Ensayo de tiempo de fragua Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.6.3. Cemento Yura tipo IP vs tipo V.

RESISTENCIA	ANÁLISIS COMPARATIVO EN ESTADO FRESCO							
	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
	TIEMPO DE FRAGUA							
	CEMENTO YURA TIPO IP				CEMENTO YURA TIPO V			
	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	1:30	1:24	1:19	1:15	1:24	1:15	1:11	1:08
280 kgf/cm <sup>2</sup>	1:28	1:24	1:17	1:13	1:21	1:14	1:09	1:07
350 kgf/cm <sup>2</sup>	1:26	1:21	1:16	1:08	1:18	1:13	1:09	1:06
420 kgf/cm <sup>2</sup>	1:25	1:19	1:15	1:06	1:17	1:13	1:08	1:04

Tabla 5. 18 Ensayo de tiempo de fragua Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

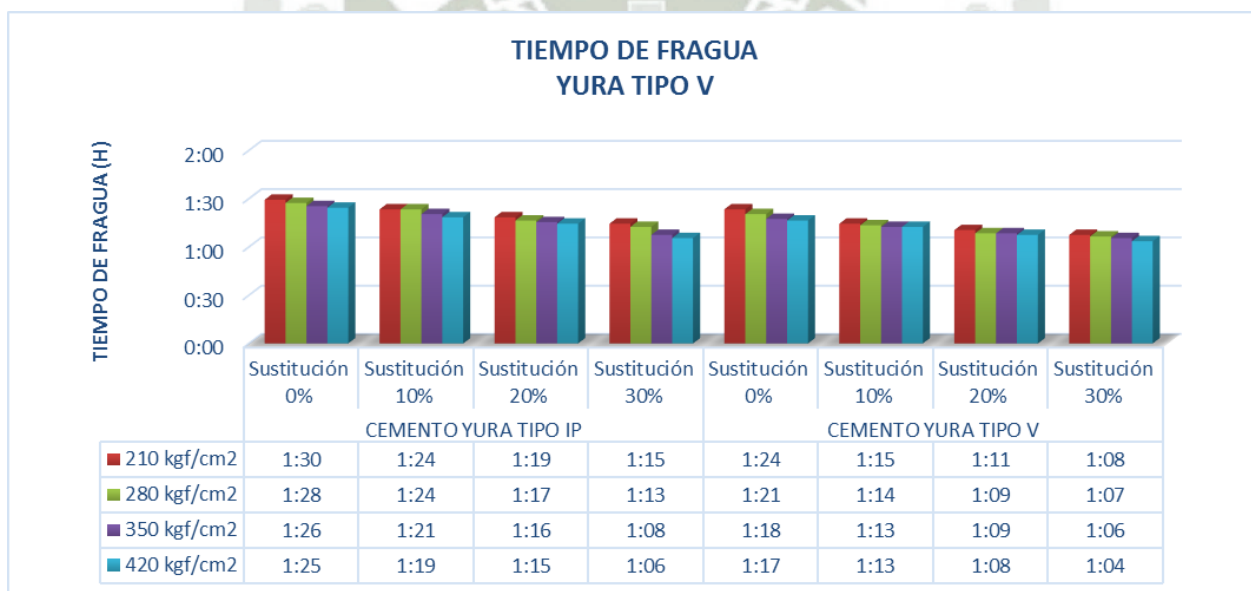


Gráfico 5. 18 Ensayo de tiempo de fragua Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

## 5.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO.

### 5.2.1. Ensayo de resistencia a la compresión.

#### 5.2.1.1. Cemento Yura Tipo IP.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
RESISTENCIA A LA COMPRESION CEMENTO YURA TIPO IP				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	279.4	272.2	235.1	204.2
280 kgf/cm <sup>2</sup>	339.9	359.3	298.5	271.3
350 kgf/cm <sup>2</sup>	397.3	401.1	300.1	259.2
420 kgf/cm <sup>2</sup>	525.7	530.9	409.9	280.2

Tabla 5. 19 Ensayo de resistencia a la compresión Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

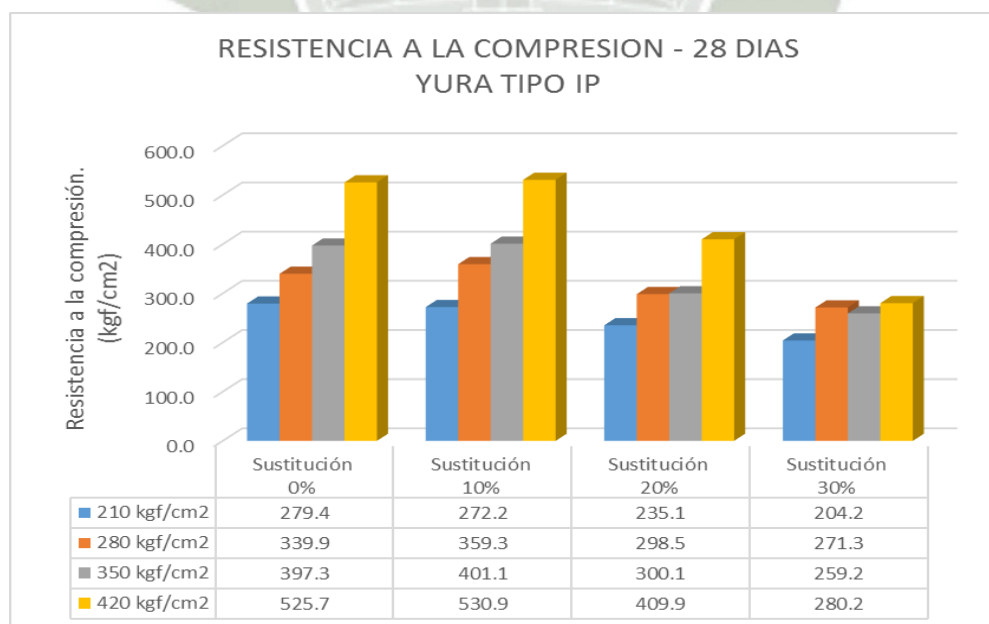


Gráfico 5. 19 Ensayo de resistencia a la compresión Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.1.2. Cemento Yura Tipo V.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
RESISTENCIA A LA COMPRESION CEMENTO YURA TIPO V				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	339.4	332.2	255.2	226.2
280 kgf/cm <sup>2</sup>	399.9	419.1	334.1	345.9
350 kgf/cm <sup>2</sup>	457.2	461.2	360.5	291.3
420 kgf/cm <sup>2</sup>	585.5	590.8	497.5	269.3

Tabla 5. 20 Ensayo de resistencia a la compresión Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

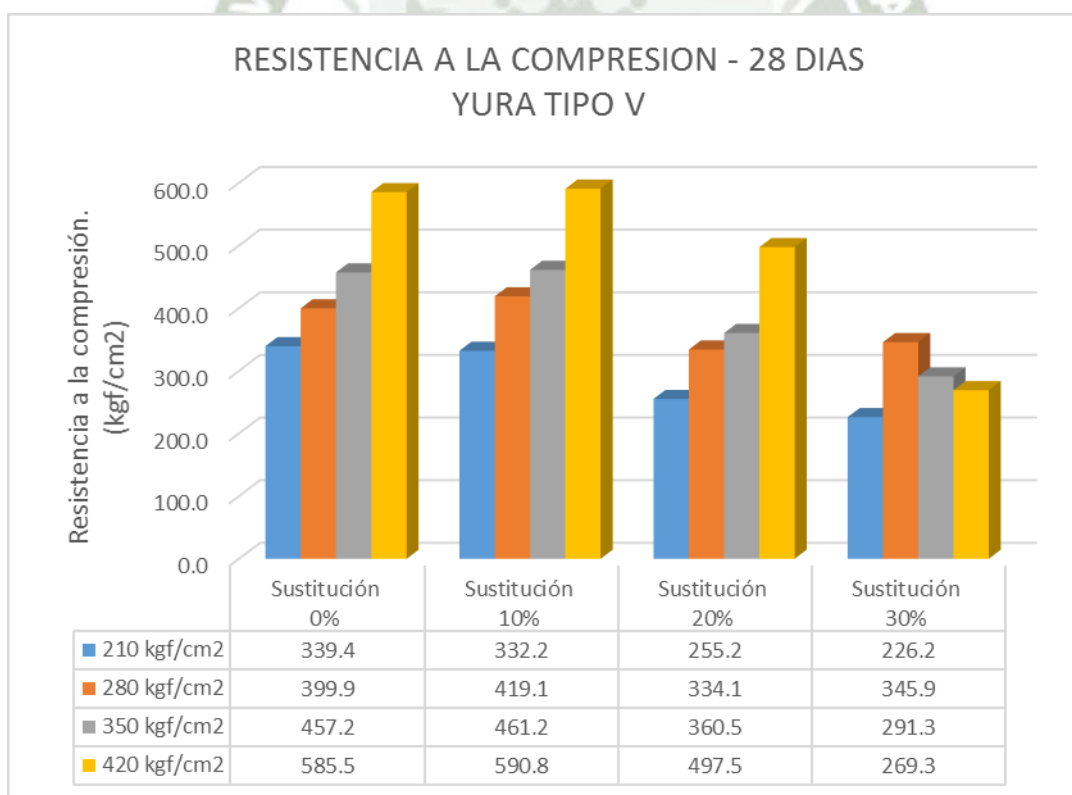


Gráfico 5. 20 Ensayo de resistencia a la compresión Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.1.3. Cemento Yura Tipo IP vs tipo V.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO								
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"								
RESISTENCIA A LA COMPRESION								
CEMENTO YURA TIPO IP					CEMENTO YURA TIPO V			
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	279.4	272.2	235.1	204.2	339.4	332.2	255.2	226.2
280 kgf/cm <sup>2</sup>	339.9	359.3	298.5	271.3	399.9	419.1	334.1	345.9
350 kgf/cm <sup>2</sup>	397.3	401.1	300.1	259.2	457.2	461.2	360.5	291.3
420 kgf/cm <sup>2</sup>	525.7	530.9	409.9	280.2	585.5	590.8	497.5	269.3

Tabla 5. 21 Ensayo de resistencia a la compresión Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

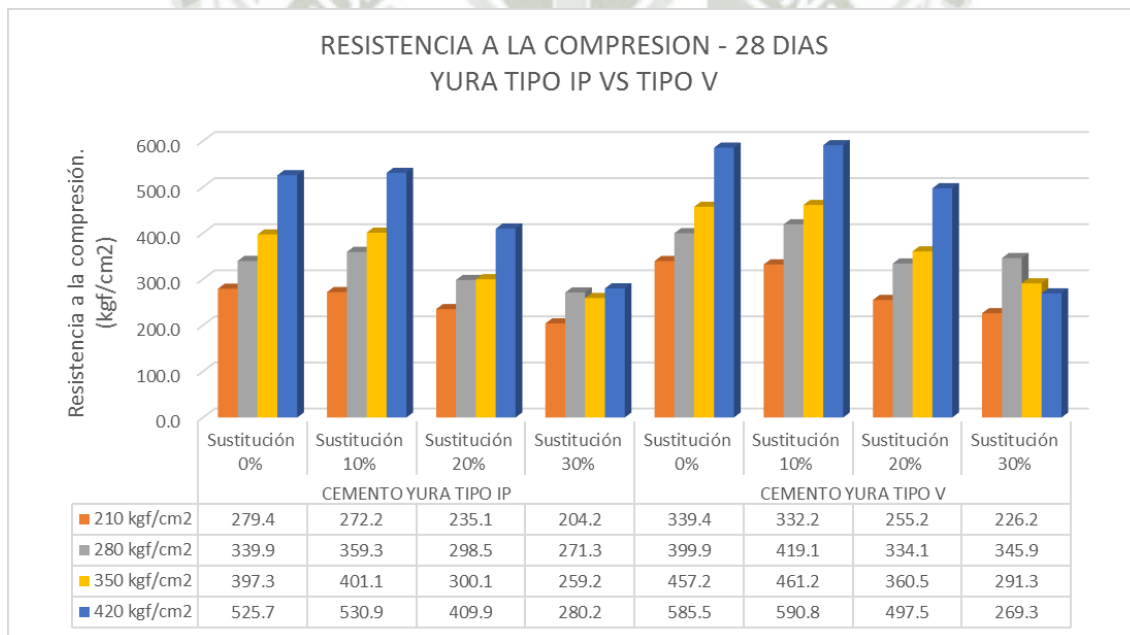


Gráfico 5. 21 Ensayo de resistencia a la compresión Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.2. Ensayo de reactividad potencial alcali – sílice.

### 5.2.2.1. Cemento Yura Tipo IP.

<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO</b>				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALI - SILICE CEMENTO YURA TIPO IP				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
Expansión - 06 días	0.0045	0.0028	0.0039	0.0031
Expansión - 12 días	0.0050	0.0040	0.0043	0.0038
Expansión - 18 días	0.0051	0.0042	0.0047	0.0040

Tabla 5. 22 Ensayo de reactividades potencial álcali – sílice Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

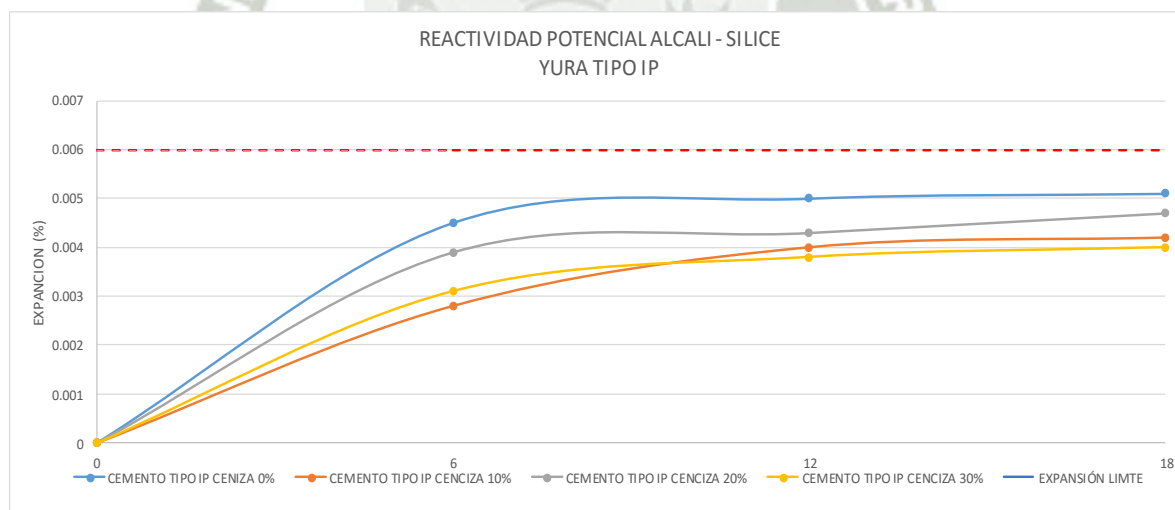


Gráfico 5. 22 Ensayo de reactividades potencial álcali – sílice Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2.2. Cemento Yura Tipo V.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALI - SILICE CEMENTO YURA TIPO V				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
Expansión - 06 días	0.0187	0.0073	0.0040	0.0037
Expansión - 12 días	0.0247	0.0109	0.0046	0.0039
Expansión - 18 días	0.0338	0.0163	0.0053	0.0044

Tabla 5.23 Ensayo de reactividades potencial álcali – sílice Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

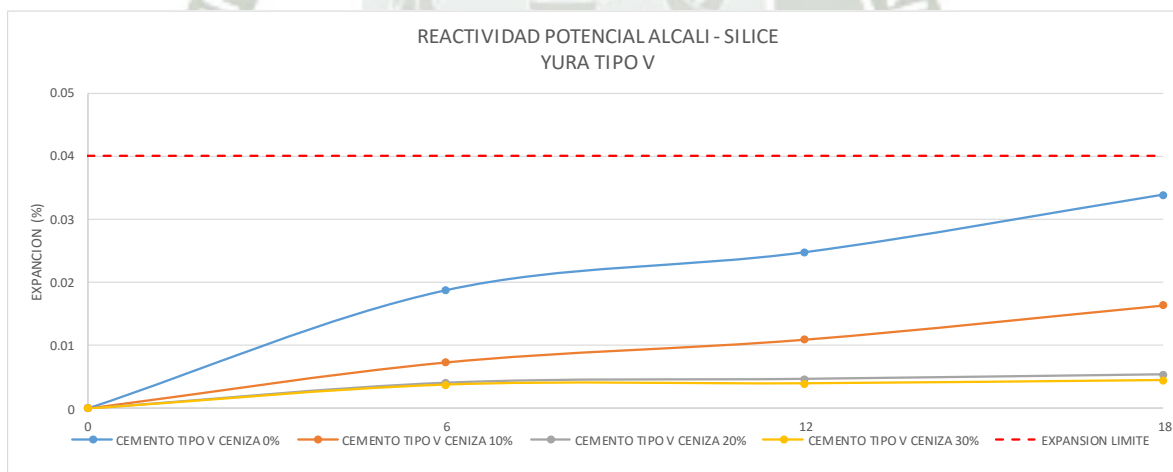


Gráfico 5. 23 Ensayo de reactividades potencial álcali – sílice Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2.3. Cemento Yura Tipo IP vs tipo V.

	ANÁLISIS COMPARATIVO EN ESTADO ENDURECIDO							
	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
	REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALI - SILICE							
	CEMENTO YURA TIPO IP				CEMENTO YURA TIPO V			
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
Expansión - 06 días	0.0045	0.0028	0.0039	0.0031	0.0187	0.0073	0.0040	0.0037
Expansión - 12 días	0.0050	0.0040	0.0043	0.0038	0.0247	0.0109	0.0046	0.0039
Expansión - 18 días	0.0051	0.0042	0.0047	0.0040	0.0338	0.0163	0.0053	0.0044

Tabla 5. 24 Ensayo de reactividades potencial álcali – sílice Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

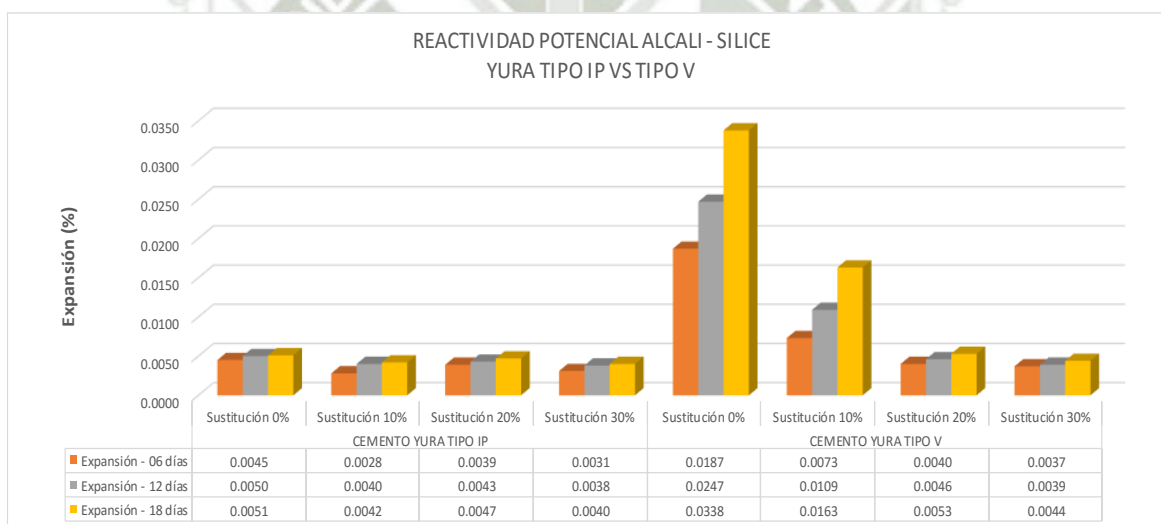


Gráfico 5. 24 Ensayo de reactividades potencial álcali – sílice Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3 Ensayo de contracción por secado.

#### 5.2.3.1 Cemento Yura Tipo IP.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO						
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"						
CONTRACCION POR SECADO CEMENTO YURA TIPO IP						
CONTRACCION MAXIMA A LOS 28 DIAS 210 kgf/cm2						
RESISTECIAS	1 DIA	7 DIAS*	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
Sustitución 0%	0.0000	0.0029	-0.0009	-0.0027	-0.0044	-0.0056
Sustitución 10%	0.0000	0.0026	-0.0023	-0.0033	-0.0053	-0.0066
Sustitución 20%	0.0000	0.0014	-0.0049	-0.0072	-0.0108	-0.0118
Sustitución 30%	0.0000	0.0031	-0.0024	-0.0052	-0.0091	-0.0111

Tabla 5. 25 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

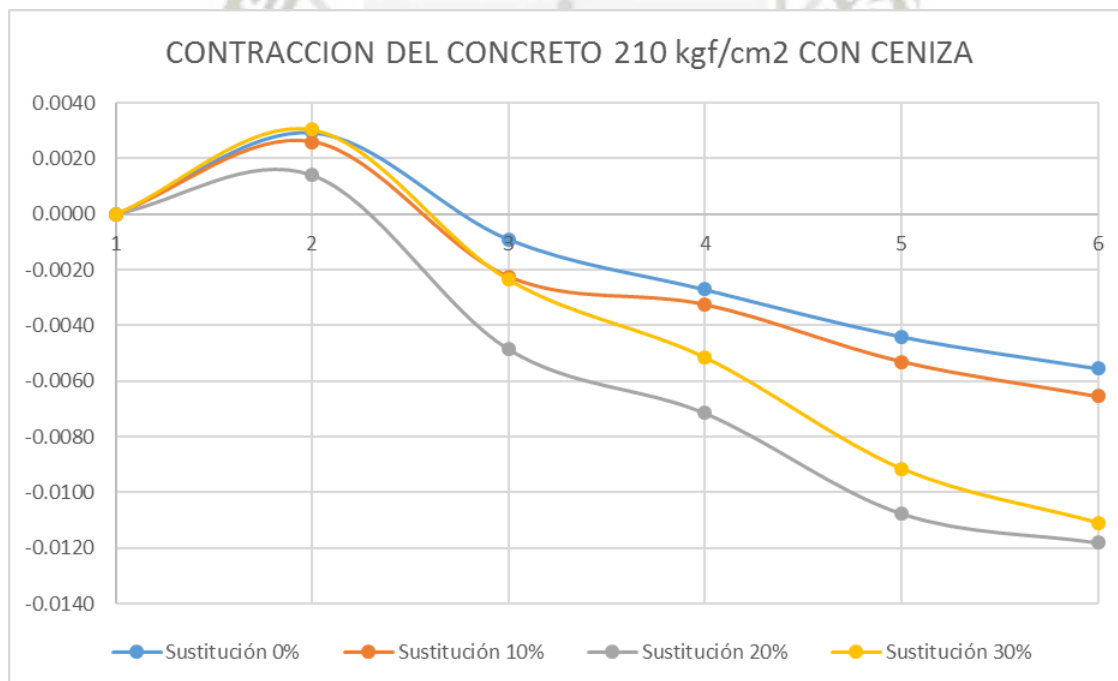


Gráfico 5. 25 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO</b>						
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"						
CONTRACCION POR SECADO CEMENTO YURA TIPO IP						
CONTRACCION MAXIMA A LOS 28 DIAS 280 kgf/cm2						
RESISTECIAS	1 DIA	7 DIAS*	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
Sustitución 0%	0.0000	0.0040	-0.0014	-0.0035	-0.0062	-0.0076
Sustitución 10%	0.0000	0.0037	-0.0031	-0.0044	-0.0071	-0.0087
Sustitución 20%	0.0000	0.0018	-0.0064	-0.0095	-0.0143	-0.0177
Sustitución 30%	0.0000	0.0039	-0.0031	-0.0068	-0.0123	-0.0145

Tabla 5. 26 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

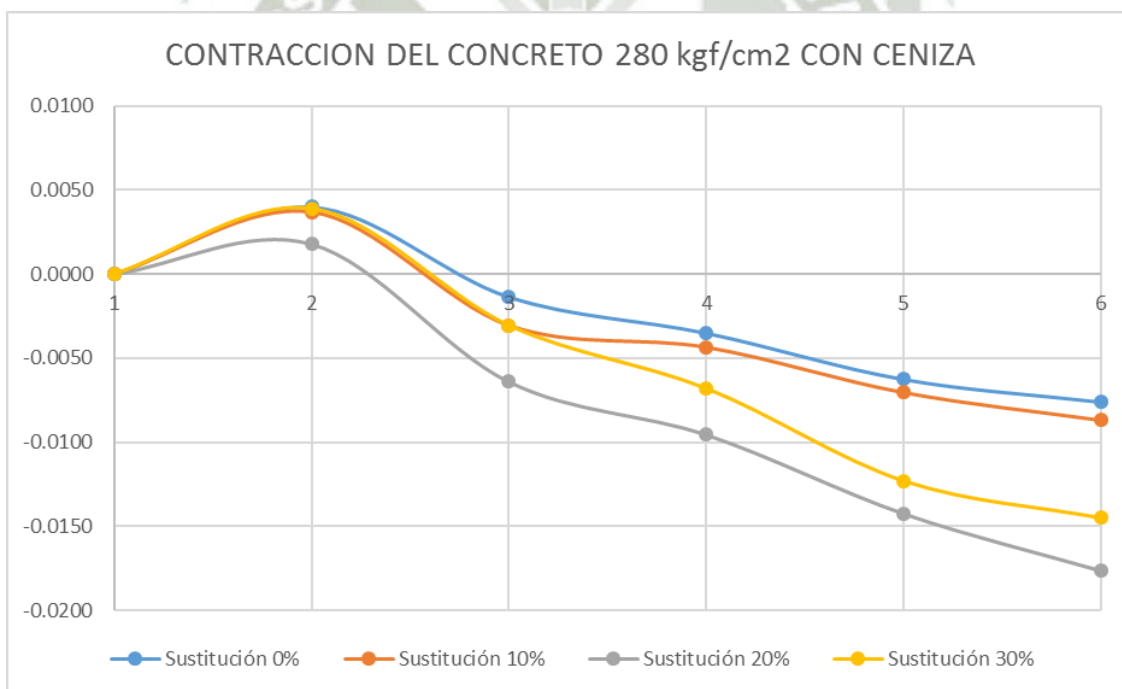


Gráfico 5. 26 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO						
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"						
CONTRACCION POR SECADO CEMENTO YURA TIPO IP						
CONTRACCION MAXIMA A LOS 28 DIAS 350 kgf/cm2						
RESISTECIAS	1 DIA	7 DIAS*	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
Sustitución 0%	0.0000	0.0051	-0.0016	-0.0045	-0.0077	-0.0095
Sustitución 10%	0.0000	0.0046	-0.0037	-0.0055	-0.0087	-0.0109
Sustitución 20%	0.0000	0.0021	-0.0080	-0.0119	-0.0177	-0.0220
Sustitución 30%	0.0000	0.0049	-0.0038	-0.0085	-0.0153	-0.0183

Tabla 5. 27 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

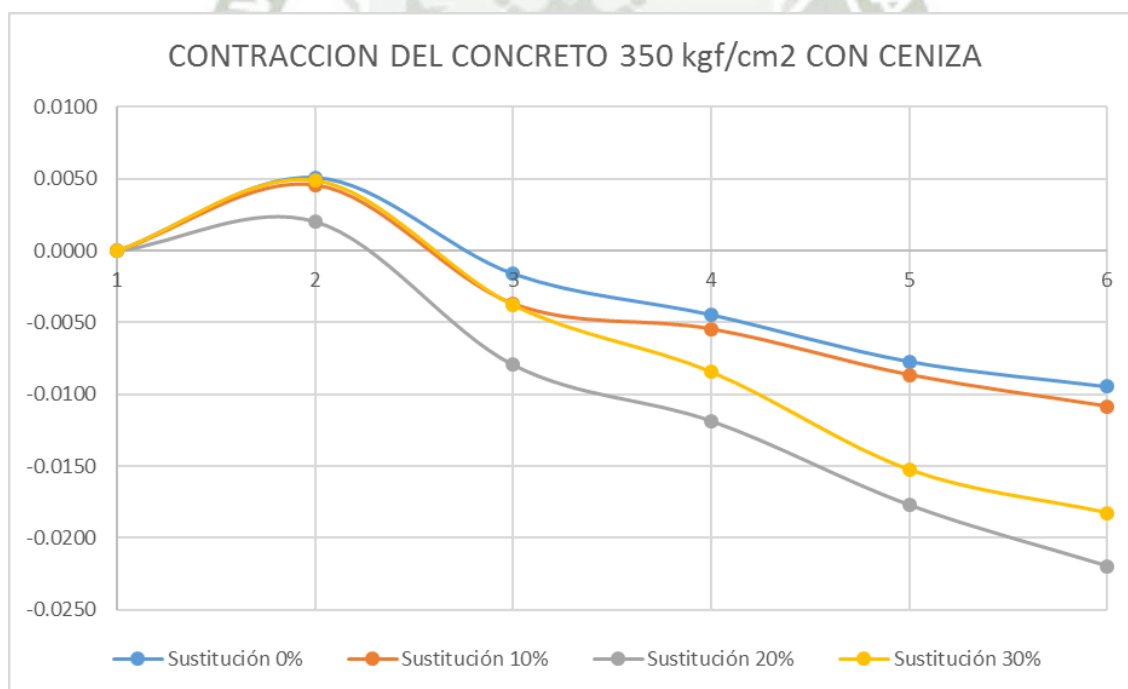


Gráfico 5. 27 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO						
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"						
CONTRACCION POR SECADO CEMENTO YURA TIPO IP						
CONTRACCION MAXIMA A LOS 28 DIAS 420 kgf/cm2						
RESISTECIAS	1 DIA	7 DIAS*	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
Sustitución 0%	0.0000	0.0060	-0.0019	-0.0054	-0.0092	-0.0150
Sustitución 10%	0.0000	0.0055	-0.0043	-0.0063	-0.0104	-0.0131
Sustitución 20%	0.0000	0.0026	-0.0096	-0.0143	-0.0211	-0.0265
Sustitución 30%	0.0000	0.0058	-0.0045	-0.0056	-0.0182	-0.0219

Tabla 5. 28 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

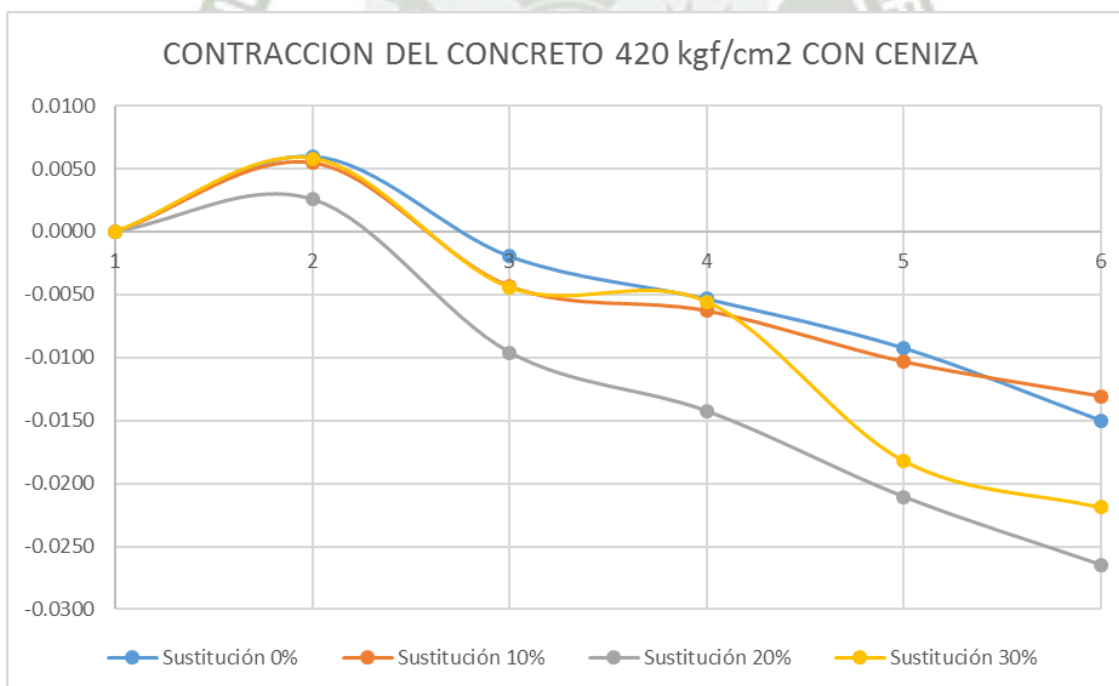


Gráfico 5. 28 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3.2 Cemento Yura Tipo V.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO						
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"						
CONTRACCION POR SECADO CEMENTO YURA TIPO V						
CONTRACCION MAXIMA A LOS 28 DIAS 210 kgf/cm2						
RESISTECIAS	1 DIA	7 DIAS*	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
Sustitución 0%	0.0000	0.0030	-0.0015	-0.0044	-0.0067	-0.0091
Sustitución 10%	0.0000	0.0026	-0.0016	-0.0037	-0.0054	-0.0075
Sustitución 20%	0.0000	0.0018	-0.0054	-0.0072	-0.0111	-0.0119
Sustitución 30%	0.0000	0.0032	-0.0025	-0.0052	-0.0094	-0.0114

Tabla 5. 29 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

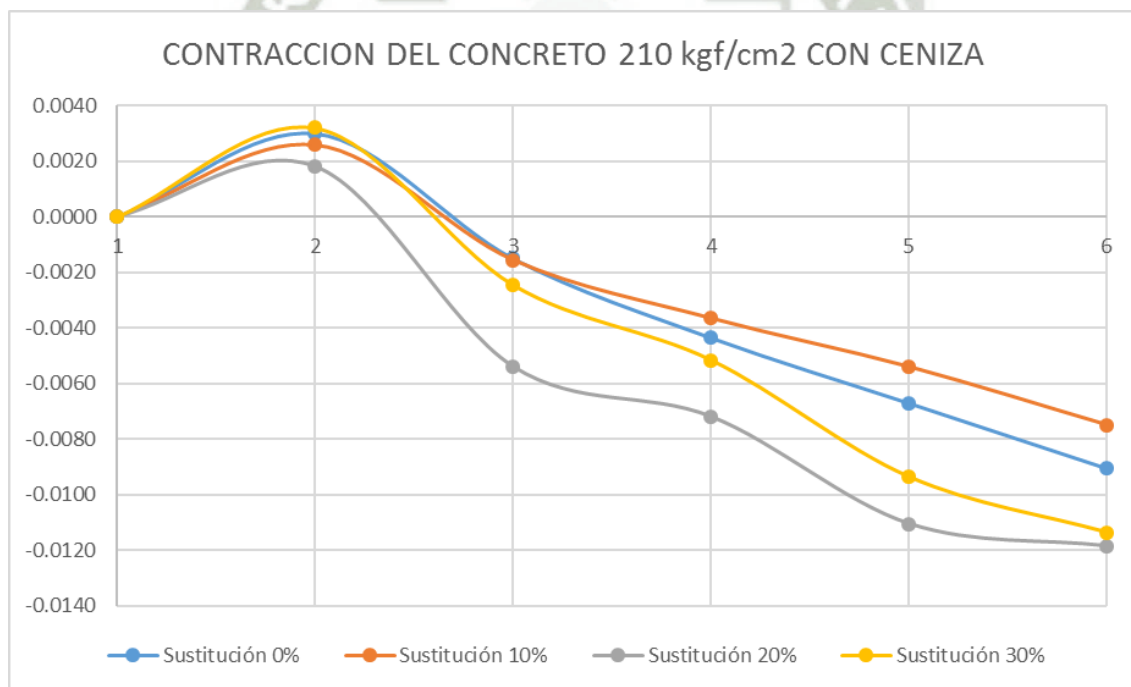


Gráfico 5. 29 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO						
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA "						
CONTRACCION POR SECADO CEMENTO YURA TIPO V						
CONTRACCION MAXIMA A LOS 28 DIAS 280 kgf/cm2						
RESISTECIAS	1 DIA	7 DIAS*	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
Sustitución 0%	0.0000	0.0064	-0.0022	-0.0045	-0.0069	-0.0092
Sustitución 10%	0.0000	0.0056	-0.0027	-0.0053	-0.0077	-0.0104
Sustitución 20%	0.0000	0.0062	-0.0066	-0.0093	-0.0144	-0.0180
Sustitución 30%	0.0000	0.0051	-0.0032	-0.0072	-0.0125	-0.0146

Tabla 5. 30 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

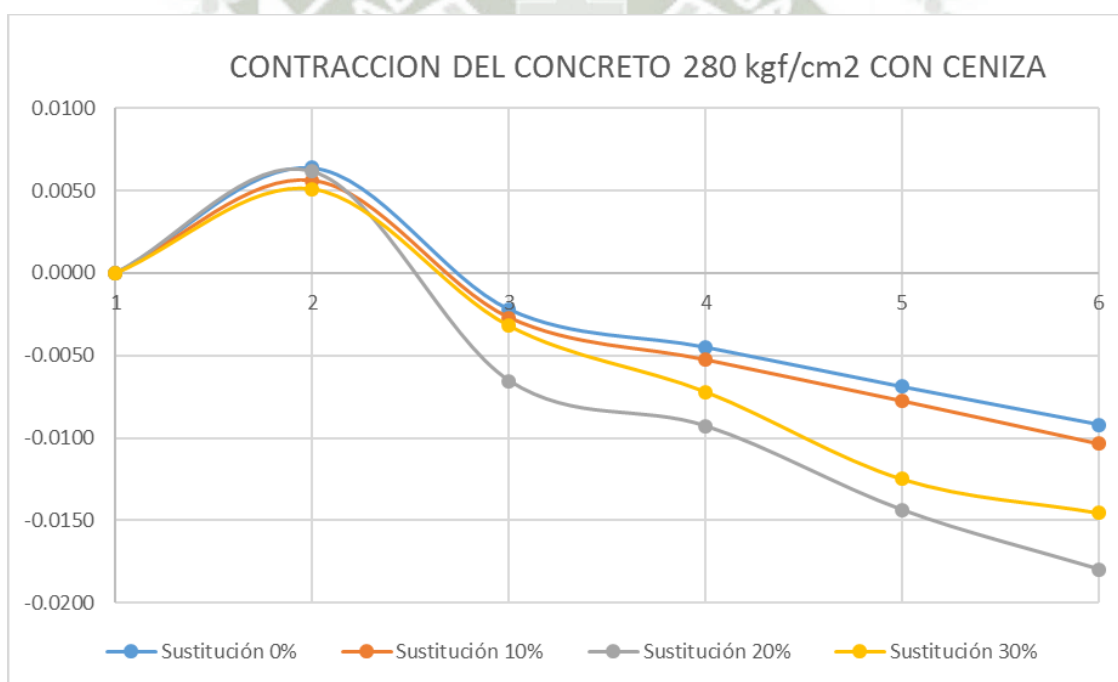


Gráfico 5. 30 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO						
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"						
CONTRACCION POR SECADO CEMENTO YURA TIPO V						
CONTRACCION MAXIMA A LOS 28 DIAS 350 kgf/cm2						
RESISTECIAS	1 DIA	7 DIAS*	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
Sustitución 0%	0.0000	0.0058	-0.0023	-0.0043	-0.0080	-0.0099
Sustitución 10%	0.0000	0.0055	-0.0038	-0.0056	-0.0092	-0.0112
Sustitución 20%	0.0000	0.0059	-0.0086	-0.0121	-0.0181	-0.0222
Sustitución 30%	0.0000	0.0062	-0.0045	-0.0086	-0.0156	-0.0183

Tabla 5. 31 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

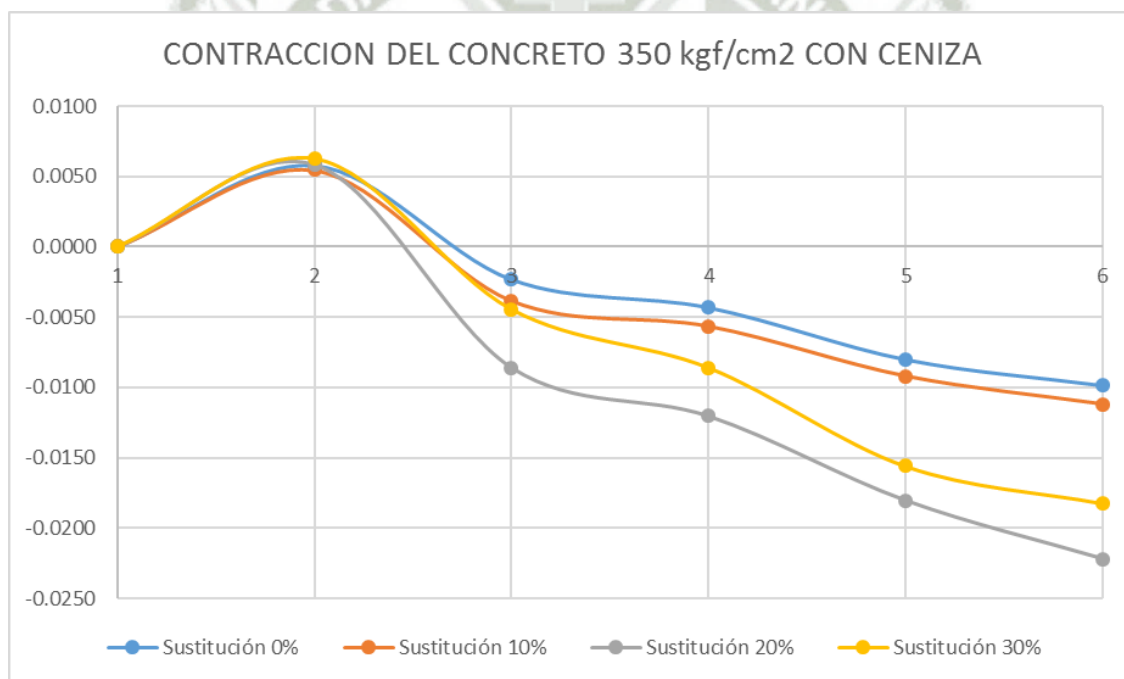


Gráfico 5. 31 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO						
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA "						
CONTRACCION POR SECADO CEMENTO YURA TIPO V						
CONTRACCION MAXIMA A LOS 28 DIAS 420 kgf/cm2						
RESISTECIAS	1 DIA	7 DIAS*	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
Sustitución 0%	0.0000	0.0061	-0.0022	-0.0061	-0.0093	-0.0154
Sustitución 10%	0.0000	0.0058	-0.0045	-0.0063	-0.0107	-0.0138
Sustitución 20%	0.0000	0.0050	-0.0103	-0.0148	-0.0212	-0.0266
Sustitución 30%	0.0000	0.0058	-0.0046	-0.0059	-0.0188	-0.0221

Tabla 5. 32 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

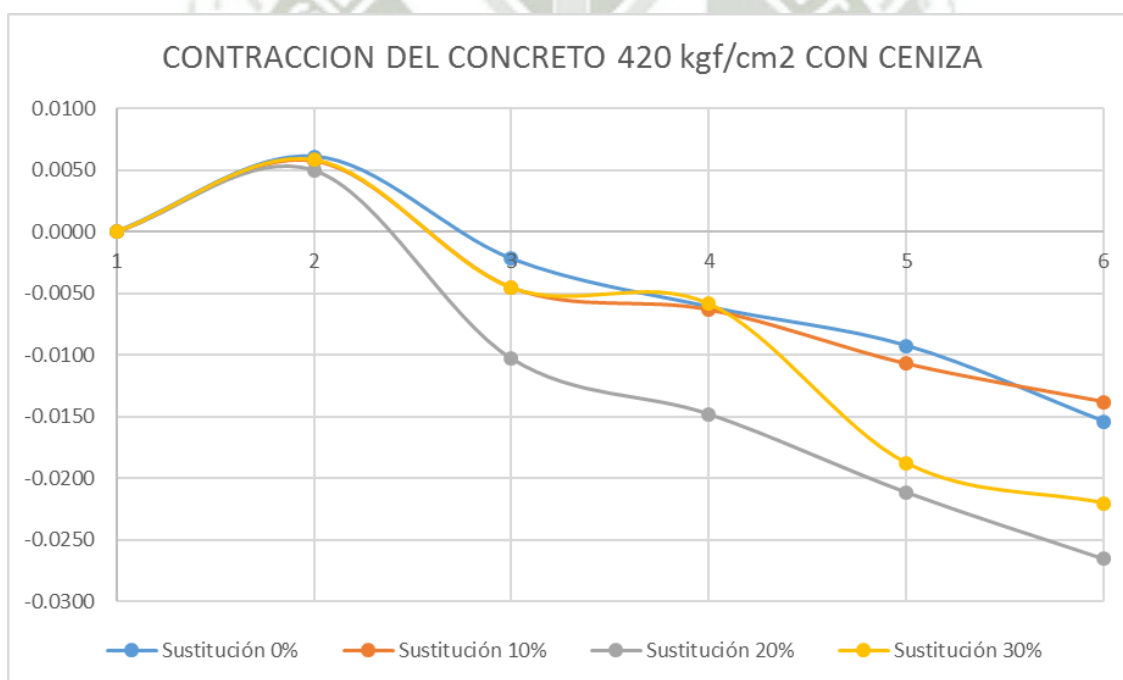


Gráfico 5. 32 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2.3. Cemento Yura Tipo IP vs. Tipo V.

RESISTENCIA	ANÁLISIS COMPARATIVO EN ESTADO FRESCO							
	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
	CONTRACCION POR SECADO							
	CEMENTO YURA TIPO IP				CEMENTO YURA TIPO V			
	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	-0.0056	-0.0066	-0.0118	-0.0111	-0.0091	-0.0075	-0.0119	-0.0114
280 kgf/cm <sup>2</sup>	-0.0076	-0.0087	-0.0177	-0.0145	-0.0092	-0.0104	-0.0180	-0.0146
350 kgf/cm <sup>2</sup>	-0.0095	-0.0109	-0.0220	-0.0183	-0.0099	-0.0112	-0.0222	-0.0183
420 kgf/cm <sup>2</sup>	-0.0150	-0.0131	-0.0265	-0.0219	-0.0154	-0.0138	-0.0266	-0.0221

Tabla 5. 33 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP vs. tipo V

Fuente: Elaboración propia

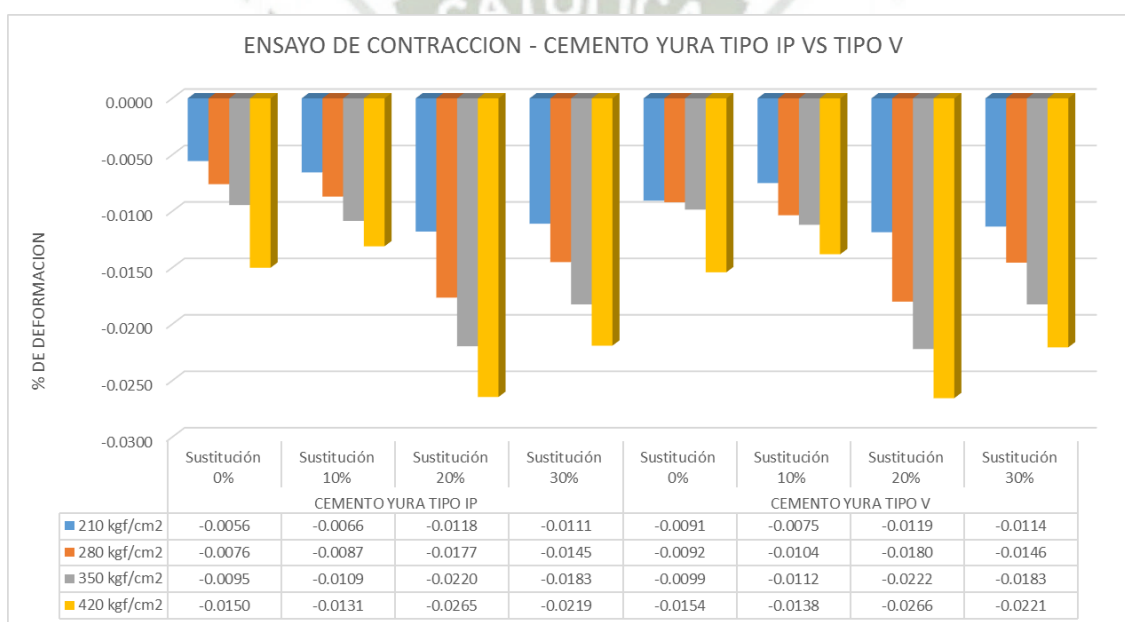


Gráfico 5. 33 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP vs. tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS.

#### 5.3.1. Análisis de costo de la ceniza volante.

El presente análisis de costo de la ceniza volante, está referida en traer la Ceniza Volante desde la Ciudad de Ilo a la ciudad de Arequipa, Ya que este material no se cuenta en el mercado. Este análisis servirá para luego realizar los análisis de precio unitario del concreto por m<sup>3</sup> y poder comprar si es rentable el uso de la ceniza volante.

- Análisis de costos unitarios de la ceniza volante.

TRANSPORTE DE CENIZA VOLANTE POR UN CAMION DE 30 TONELADAS							
PARTIDA: TRANSPORTE Y EMBOLSADO DE CENIZA VOLANTE							
RENDIMIENTO:		30 Tn/día			itario directo (S/.) por tonelada		133.41
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	1.00	0.267	24.47	6.53	
47	Peón	H-H	4.00	1.067	15.19	16.20	22.73
<b>MATERIALES</b>							
21	Big Bag	Und		0.330	49.50	16.34	16.34
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	22.73	0.68	
49	Camión de 30 Toneladas	Tn.	1.000	0.033	2700.00	90.00	
49	Retro Excavadora de 1/2 m <sup>3</sup>	Tn.	1.000	0.033	110.00	3.67	94.35

Tabla 5. 34 Análisis de costos unitarios de la ceniza volante

Fuente: Elaboración propia

El costo de la ceniza volante puesta en la ciudad de Arequipa es de S/. 133.41 Nuevos Soles por tonelada. Eso nos indica que el kilo estaría por los S/. 0.13 centavos.

Con este dato se procederá hacer el análisis de costo por m<sup>3</sup> para cada diseño de mezclas realizado.

### 5.3.2. Análisis de costo unitario $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ .

#### 5.3.2.1. Cemento Yura Tipo IP.

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 210 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 0%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			305.24
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		6.639	17.37	115.32	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.000	133.41	0.00	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.524	42.30	22.16	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.165	6.00	0.99	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.005	841.81	4.26	187.66
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 35 Análisis de costo unitario  $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ . Cemento Yura tipo IP al 0%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 210 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			299.86
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		5.975	17.37	103.79	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.028	133.41	3.76	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.519	42.30	21.95	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.165	6.00	0.99	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.008	841.81	6.86	182.29
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 36 Análisis de costo unitario  $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ . Cemento Yura tipo IP al 10%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 210 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			292.02
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		5.311	17.37	92.26	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.056	133.41	7.53	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.514	42.30	21.74	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.165	6.00	0.99	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.008	841.81	6.99	174.45
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 37 Análisis de costo unitario f'c=210 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo IP al 20%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 210 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			283.96
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		4.647	17.37	80.73	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.085	133.41	11.29	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.509	42.30	21.54	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.165	6.00	0.99	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.008	841.81	6.90	166.39
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 38 Análisis de costo unitario f'c=210 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo IP al 30%

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.2.2. Cemento Yura Tipo V.

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 210 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 0%							
RENDIMIENTO:			12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./.) por m <sup>3</sup>		325.87
I.U.	Descripcion de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.282	483.48	136.42	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.000	133.41	0.00	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.539	42.30	22.81	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.164	6.00	0.98	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.004	841.81	3.14	208.29
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 39 Análisis de costo unitario f'c=210 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 0%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 210 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%							
RENDIMIENTO:			12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./.) por m <sup>3</sup>		318.43
I.U.	Descripcion de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.254	483.48	122.78	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.028	133.41	3.76	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.533	42.30	22.54	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.164	6.00	0.99	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.007	841.81	5.85	200.86
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 40 Análisis de costo unitario f'c=210 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 10%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 210 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			308.53
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.226	483.48	109.14	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.056	133.41	7.53	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.526	42.30	22.27	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.165	6.00	0.99	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.007	841.81	6.10	190.95
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 41 Análisis de costo unitario  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 20%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 210 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			299.19
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.198	483.48	95.49	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.085	133.41	11.29	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.520	42.30	21.99	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.165	6.00	0.99	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.008	841.81	6.90	181.61
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 42 Análisis de costo unitario  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 30%

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3. Análisis de costos unitarios $f'c=280$ kgf/cm<sup>2</sup>

#### 5.3.3.1. Cemento Yura Tipo IP.

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 280 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 0%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			327.11
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		7.857	17.37	136.47	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.000	133.41	0.00	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.494	42.30	20.90	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.166	6.00	1.00	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.007	841.81	6.23	209.53
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 43 Análisis de costo unitario  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo IP al 0%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 280 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			319.43
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		7.071	17.37	122.82	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.033	133.41	4.45	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.488	42.30	20.65	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.166	6.00	1.00	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.009	841.81	8.00	201.86
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 44 Análisis de costo unitario  $f'c=280$  kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo IP al 10%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 280 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%							
RENDIMIENTO: 12 m <sup>3</sup> /día costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup> 312.29							
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		6.285	17.37	109.18	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.067	133.41	8.91	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.482	42.30	20.40	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.166	6.00	1.00	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.012	841.81	10.29	194.72
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 45 Análisis de costo unitario f'c=280 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo IP al 20%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 280 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%							
RENDIMIENTO: 12 m <sup>3</sup> /día costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup> 302.78							
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		5.500	17.37	95.53	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.100	133.41	13.36	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.477	42.30	20.16	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.167	6.00	1.00	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.012	841.81	10.21	185.20
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 46 Análisis de costo unitario f'c=280 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo IP al 30%

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3.2. Cemento Yura Tipo V.

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 280 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 0%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			351.52
I.U.	Descripcion de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.334	483.48	161.44	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.000	133.41	0.00	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.512	42.30	21.67	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.165	6.00	0.99	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.006	841.81	4.91	233.95
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 47 Análisis de costo unitario f'c=280 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 0%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 280 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			341.41
I.U.	Descripcion de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.301	483.48	145.29	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.033	133.41	4.45	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.505	42.30	21.35	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.165	6.00	0.99	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.008	841.81	6.80	223.83
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 48 Análisis de costo unitario f'c=280 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 10%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 280 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			331.82
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.267	483.48	129.15	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.067	133.41	8.91	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.497	42.30	21.02	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.166	6.00	0.99	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.011	841.81	9.23	214.25
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 49 Análisis de costo unitario f'c=280 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 20%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 280 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			319.86
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.234	483.48	113.01	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.100	133.41	13.36	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.489	42.30	20.70	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.166	6.00	1.00	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.011	841.81	9.28	202.29
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 50 Análisis de costo unitario f'c=280 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 30%

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.4. Análisis de costos unitarios $f'c=350 \text{ kgf/cm}^2$ .

#### 5.3.4.1. Cemento Yura Tipo IP.

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 350 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 0%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			354.59
I.U.	Descripcion de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		9.461	17.37	164.33	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.000	133.41	0.00	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.455	42.30	19.23	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.168	6.00	1.01	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.009	841.81	7.50	237.02
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 51 Análisis de costo unitario  $f'c=350 \text{ kgf/cm}^2$ . Cemento Yura tipo IP al 0%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 350 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			346.79
I.U.	Descripcion de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		8.515	17.37	147.90	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.040	133.41	5.36	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.448	42.30	18.94	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.168	6.00	1.01	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.013	841.81	11.06	229.21
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 52 Análisis de costo unitario  $f'c=350 \text{ kgf/cm}^2$ . Cemento Yura tipo IP al 10%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 350 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./.) por m <sup>3</sup>			336.75
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		7.569	17.37	131.47	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.080	133.41	10.73	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.441	42.30	18.64	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.168	6.00	1.01	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.015	841.81	12.39	219.17
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 53 Análisis de costo unitario f'c=350 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo IP al 20%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 350 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./.) por m <sup>3</sup>			326.07
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		6.623	17.37	115.03	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.121	133.41	16.09	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.434	42.30	18.34	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.169	6.00	1.01	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.016	841.81	13.08	208.50
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 54 Análisis de costo unitario f'c=350 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo IP al 30%

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.4.2. Cemento Yura Tipo V.

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 350 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 0%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día	costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>				385.58
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.402	483.48	194.40	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.000	133.41	0.00	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.477	42.30	20.17	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.167	6.00	1.00	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.009	841.81	7.50	268.01
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 55 Análisis de costo unitario f'c=350 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 0%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 350 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día	costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>				373.24
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.362	483.48	174.96	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.040	133.41	5.36	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.468	42.30	19.78	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.167	6.00	1.00	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.011	841.81	9.63	255.67
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 56 Análisis de costo unitario f'c=350 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 10%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 350 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S/.) por m <sup>3</sup>			360.27
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.322	483.48	155.52	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.080	133.41	10.73	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.458	42.30	19.39	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.167	6.00	1.00	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.013	841.81	11.11	242.69
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 57 Análisis de costo unitario f'c=350 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 20%  
Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 350 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S/.) por m <sup>3</sup>			346.65
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.281	483.48	136.08	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.121	133.41	16.09	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.449	42.30	19.00	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.168	6.00	1.01	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.014	841.81	11.96	229.08
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 58 Análisis de costo unitario f'c=350 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 30%  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3.5. Análisis de costos unitarios $f'c=420 \text{ kgf/cm}^2$ .

#### 5.3.5.1. Cemento Yura Tipo IP.

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 420 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 0%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			385.81
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		11.076	17.37	192.39	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.000	133.41	0.00	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.415	42.30	17.56	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.169	6.00	1.02	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.015	841.81	12.34	268.24
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 59 Análisis de costo unitario  $f'c=420 \text{ kgf/cm}^2$ . Cemento Yura tipo IP al 0%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 420 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			374.64
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		9.968	17.37	173.15	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.047	133.41	6.28	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.407	42.30	17.21	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.170	6.00	1.02	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.017	841.81	14.47	257.07
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 60 Análisis de costo unitario  $f'c=420 \text{ kgf/cm}^2$ . Cemento Yura tipo IP al 10%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 420 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			362.72
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		8.861	17.37	153.91	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.094	133.41	12.56	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.399	42.30	16.86	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.170	6.00	1.02	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.019	841.81	15.85	245.15
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 61 Análisis de costo unitario f'c=420 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo IP al 20%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO IP							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 420 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			350.05
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		7.753	17.37	134.67	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.141	133.41	18.84	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.391	42.30	16.52	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.170	6.00	1.02	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.020	841.81	16.49	232.48
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 62 Análisis de costo unitario f'c=420 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo IP al 30%

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.5.2. Cemento Yura Tipo V.

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 420 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 0%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			420.23
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.471	483.48	227.59	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.000	133.41	0.00	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.441	42.30	18.65	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.168	6.00	1.01	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.012	841.81	10.47	302.66
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 63 Análisis de costo unitario f'c=420 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 0%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 420 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 10%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			405.62
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.424	483.48	204.83	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.047	133.41	6.28	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.430	42.30	18.20	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.169	6.00	1.01	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.015	841.81	12.79	288.04
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 64 Análisis de costo unitario f'c=420 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 10%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 420 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 20%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			390.26
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.377	483.48	182.07	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.094	133.41	12.56	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.419	42.30	17.74	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.169	6.00	1.02	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.017	841.81	14.36	272.68
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 65 Análisis de costo unitario f'c=420 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 20%

Fuente: Elaboración propia

PLACA - CEMENTO YURA TIPO V							
PARTIDA: PLACA CONCRETO 420 kgf/cm <sup>2</sup> - CENIZA VOLANTE AL 30%							
RENDIMIENTO:		12 m <sup>3</sup> /día		costo unitario directo (S./) por m <sup>3</sup>			374.15
I.U.	Descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
<b>MANO DE OBRA</b>							
47	Capataz	H-H	0.30	0.200	24.47	4.89	
47	Operario	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	
47	Oficial	H-H	2.00	1.333	16.90	22.53	
47	Peon	H-H	4.00	2.667	15.19	40.51	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.667	20.39	13.59	95.12
<b>MATERIALES</b>							
21	Cemento portland tipo V	Tn		0.330	483.48	159.31	
21	Ceniza Volante - ILO	Tn		0.141	133.41	18.84	
4	Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.409	42.30	17.28	
5	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.707	63.60	44.94	
39	Agua Potable	m <sup>3</sup>		0.170	6.00	1.02	
	Superplastificante Viscocret 200 litros	Cil		0.018	841.81	15.18	256.57
<b>EQUIPO</b>							
37	Herramientas	% MO		0.030	95.12	2.85	
48	Mezcladora de conc. (tambor) 11p3, 12p3	H-M	1.000	0.667	21.50	14.33	
49	Vibrador a gasolina	H-M	1.000	0.667	7.90	5.27	22.45

Tabla 5. 66 Análisis de costo unitario f'c=420 kgf/cm<sup>2</sup>. Cemento Yura tipo V al 30%

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.6. Análisis comparativo.

#### 5.3.6.1. Cemento Yura Tipo IP.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
COSTO POR M3 (S/.) CEMENTO YURA TIPO IP				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	305.24	299.86	292.02	283.96
280 kgf/cm <sup>2</sup>	327.11	319.43	312.29	302.78
350 kgf/cm <sup>2</sup>	354.59	346.79	336.75	326.07
420 kgf/cm <sup>2</sup>	385.81	374.64	362.72	350.05

Tabla 5. 67 Análisis Comparativo Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

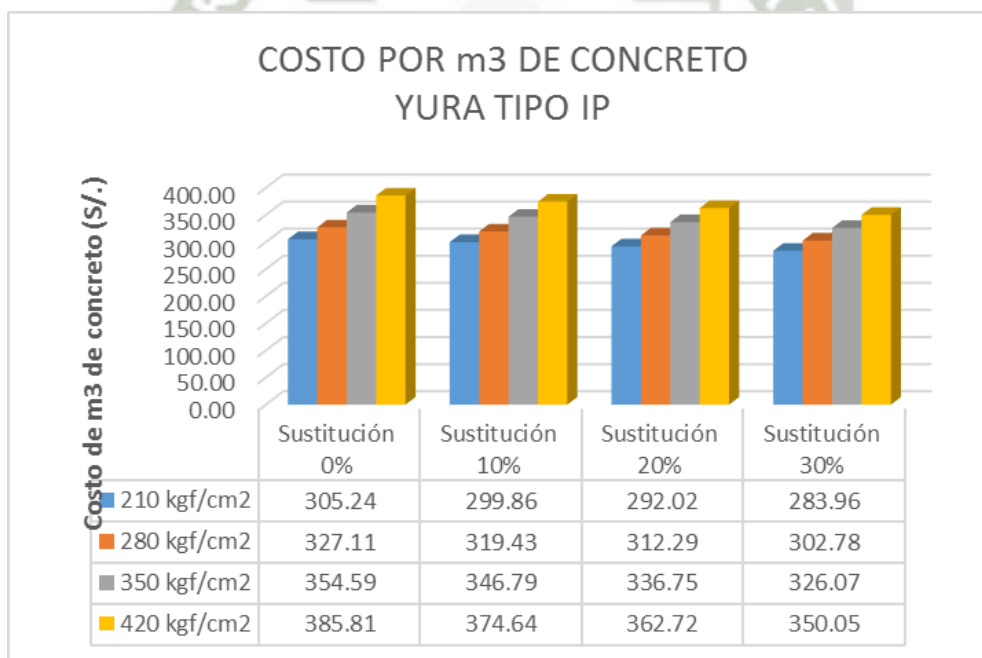


Gráfico 5. 34 Análisis Comparativo Cemento Yura tipo IP

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.6.2. Cemento Yura Tipo V.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN ESTADO FRESCO				
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"				
COSTO POR M3 (S./.)				
CEMENTO YURA TIPO V				
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	325.9	318.4	308.5	299.2
280 kgf/cm <sup>2</sup>	351.52	341.41	331.82	319.86
350 kgf/cm <sup>2</sup>	385.58	373.24	360.27	346.65
420 kgf/cm <sup>2</sup>	420.23	405.62	390.26	374.15

Tabla 5. 68 Análisis Comparativo Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

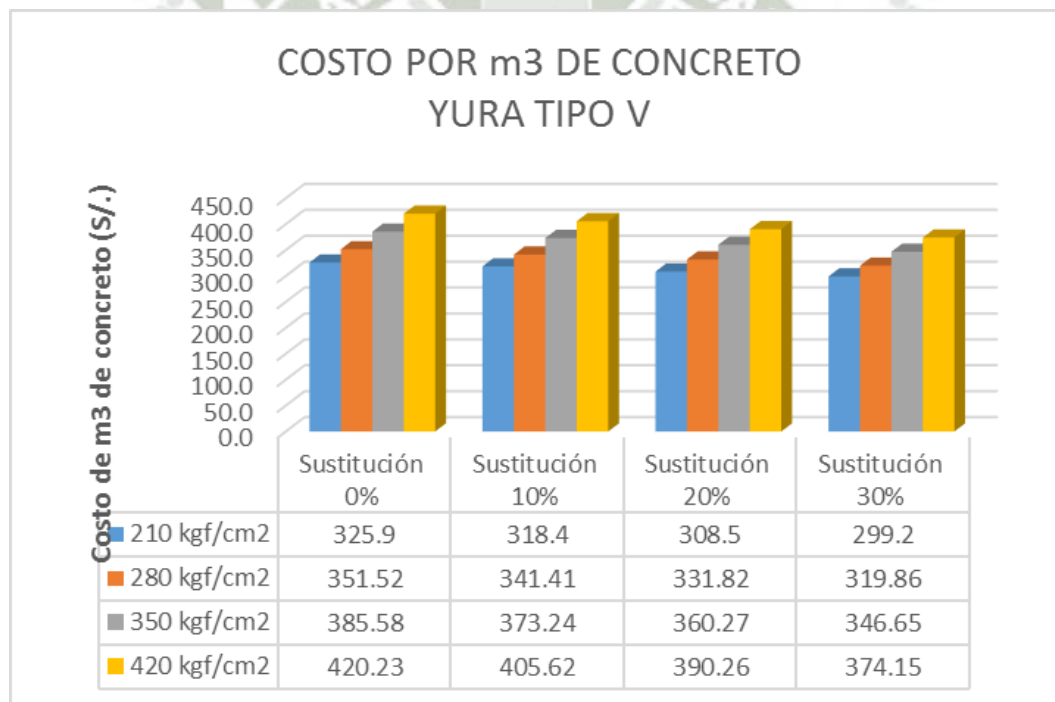


Gráfico 5. 35 Análisis Comparativo Cemento Yura tipo V

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.6.3. Cemento Yura Tipo IP vs tipo V.

ANÁLISIS COMPARATIVO EN ESTADO FRESCO								
"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"								
COSTO POR M3 (S./.)								
	CEMENTO YURA TIPO IP				CEMENTO YURA TIPO V			
RESISTENCIA	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%	Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 20%	Sustitución 30%
210 kgf/cm <sup>2</sup>	305.2	299.9	292.0	284.0	325.9	318.4	308.5	299.2
280 kgf/cm <sup>2</sup>	327.1	319.4	312.3	302.8	351.5	341.4	331.8	319.9
350 kgf/cm <sup>2</sup>	354.6	346.8	336.7	326.1	385.6	373.2	360.3	346.7
420 kgf/cm <sup>2</sup>	385.8	374.6	362.7	350.1	420.2	405.6	390.3	374.1

Tabla 5. 69 Análisis Comparativo Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia

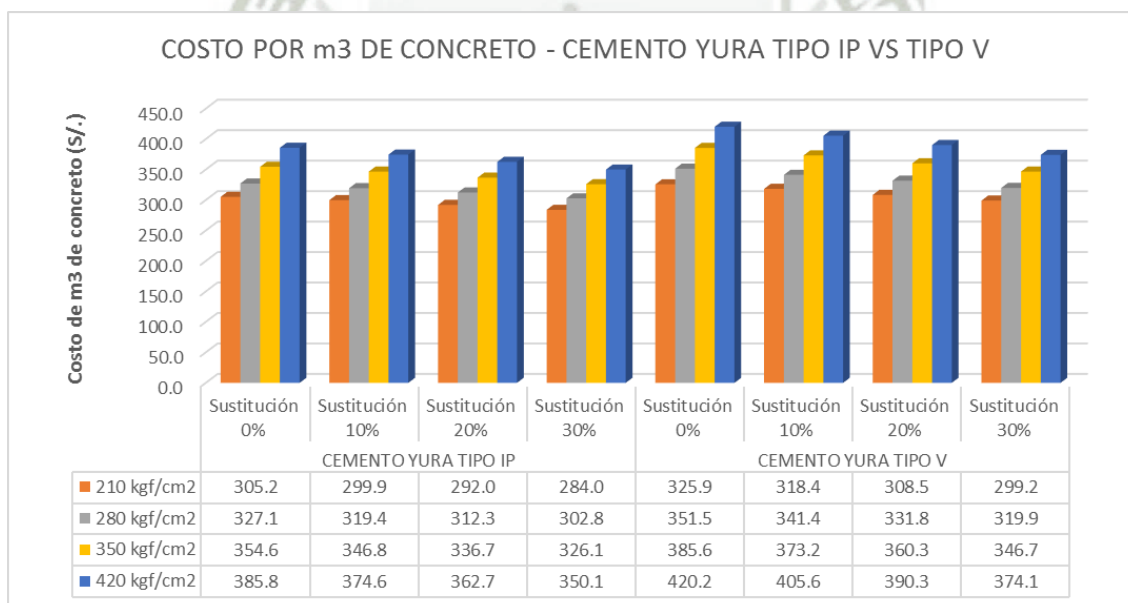


Gráfico 5. 36 Análisis Comparativo Cemento Yura tipo IP vs tipo V

Fuente: Elaboración propia



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

- Con la presente investigación se determina que si existe una influencia en la sustitución parcial del cemento por ceniza volante para la obtención de concreto, esta influencia se ve reflejada en los resultados obtenidos de los diseños en estado fresco y estado endurecido, además que con esta sustitución se logra obtener un costo menor que un concreto convencional según el análisis de costos unitarios realizados , como por ejemplo para el concreto  $F'_{C}=210 \text{ kg/cm}^2$  con cemento YURA IP es de S/5.38 nuevos soles.
- El porcentaje óptimo para la sustitución de cemento por cenizas volantes de los diseños de mezcla fue del 10%, para las pruebas de resistencia a la compresión, sin embargo para pruebas como la exudación y ASR mientras mayor sea el porcentaje de sustitución de cenizas volantes mejoran esas características del concreto.
- Se observa que la Exudación reduce en 3.55% a comparación del diseño patrón en la sustitución del 30 % con cenizas volantes, esto debido al aumento de finos de las cenizas volantes y al menor contenido de agua en la mezcla.
- El peso unitario en la mezcla de concreto con sustitución de cenizas volantes al 30% reduce en 0.28% a comparación del diseño patrón, esto debido a que el peso específico de la cenizas volantes es menor que el peso específico del cemento por eso la mezcla tiene más volumen y menos peso.
- El contenido de aire de la mezcla de concreto disminuye por la fineza de las cenizas volantes, al 30% de sustitución disminuye en 7.05% más que en el diseño patrón, mientras más sustitución de cenizas volantes, disminuye más el contenido de aire.
- La sustitución de cenizas volantes al 30%, en la mezcla de concreto disminuye los tiempos iniciales y finales de fraguado en 16.64% a comparación del diseño patrón.

- El uso de cenizas volantes en la mezcla aumenta la resistencia al ataque de los alcalinos, mientras aumenta el porcentaje de cenizas, ayuda a reducir la reacción y disminuir su expansión del concreto endurecido en un 25.56%.
- Los concretos con cenizas volantes presentan mayor contracción por secado a comparación del diseño patrón, la contracción es mayor a medida que aumenta la sustitución de cenizas volantes en un 81.91% esto se debe a que las cenizas volantes contienen un alto grado de inquemados.
- Las pruebas realizadas con cenizas volantes sobre resistencia a la compresión a edades tempranas (7días) son menores que las resistencias del diseño patrón, esto sucede hasta pasar los 28 días donde los cilindros con cenizas volantes tiene mayores resistencias incluso que los cilindros del diseño patrón en 1.26%.
- Las cenizas volantes son consideradas un residuo de una actividad industrial y se da en cantidades importantes en la Central Termoeléctrica de Ilo. Su costo principal es el transporte.
- La utilización de las cenizas volantes da un valor al cuidado del medio ambiente ya que es un pasivo ambiental, por que preserva y disminuye el uso de recursos naturales o materias primas (carbón, caliza), el uso de combustibles, disminuye el efecto invernadero.
- La calidad de las cenizas volantes se verá afectada por el tipo de carbón usado, la calidad de la molienda del carbón y la regulación de la temperatura de quemado. Siempre se tiene que hacer el análisis químico y físico para clasificar tales cenizas, ya que la clase de cenizas a usar son las Cenizas Volantes Clase F.
- Disminuye la Exudación, Peso Unitario y Contenido de aire, en la mezcla de concreto al usar el cemento Tipo IP.
- El porcentaje de inquemados de las cenizas de Ilo es de 8.55% y según la norma ASTM C-618 el máximo contenido de inquemados

debería ser 6%, por lo tanto afecta en la fluidez, en la contracción e incluso de la resistencia.

- Ya concluida la etapa de pruebas, procesamiento y presentación de resultados, damos una opinión basada más en la experiencia propia que en la bibliografía consultada.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda unificar la producción de cenizas volantes con respecto a su porcentaje de inquinados, esto podría darse requemando la tanda para asegurar la calidad de las cenizas volantes y que estas garanticen buenas propiedades en el concreto.
- En caso de adicionar las cenizas volantes para la producción de concreto, se recomienda tener la planta de concreto lo más cerca posible de la planta de producción de cenizas volantes, que en este caso sería la Central termoeléctrica De Ilo.
- Se recomienda estudiar otros usos para las cenizas volantes tales como: en la fabricación de gravas como base y sub-base, por sus propiedades lubricantes tienen facilidad de compactación, para la fabricación de pavimentos, para la fabricación de cementos en el caso de la ceniza clase C.
- Se recomienda estudiar el uso para las cenizas volantes en elementos prefabricados tales como: bloquetas, durmientes, pre losas, escaleras, adoquines de concreto, sería un ahorro y mejoraría su durabilidad, con una sustitución del 10% de cemento por cenizas volantes ya que las resistencias con este porcentaje de sustitución fueron óptimas.
- Se recomienda el uso de las cenizas volantes para mejorar el impacto ambiental, mejorar las cualidades del concreto haciendo concreto durables a costos razonables.
- Se recomienda implementar los laboratorios de la Universidad Católica con todos los implementos necesarios para realizar el ensayo de Ataque de Alcalinos al concreto ya que es indispensable este ensayo para determinar la durabilidad del concreto, reducir fisuramiento y mejorar así la calidad del concreto.

- Se recomienda el uso de las cenizas volantes en concretos de vaciados masivos ya que disminuye la temperatura de la mezcla el uso de cenizas volantes ya que se calienta menos y al momento de enfriarse se contrae menos.
- Se recomienda implementar los laboratorios de la Universidad Católica con todos los implementos necesarios para realizar el ensayo de Ataque de Sulfatos al concreto ya que es indispensable este ensayo para determinar la durabilidad del concreto, mejorar así la calidad del concreto.
- Se recomienda tener cuidado en clasificar las cenizas volantes de acuerdo a su procedencia del carbón, para cuidar la calidad de las cenizas volantes.
- Se recomienda tener cuidado en el almacenamiento de las cenizas volantes que no se contamine, por ejemplo en llo si estuviera a la intemperie se contaminaría con la brisa de mar (sulfatos) y estos no son aptos para la construcción del concreto, el almacenamiento debe ser en lugares frescos libres del medio ambiente y de la humedad, ya que esto podría degradar las propiedades de las cenizas volantes.



# BIBLIOGRAFÍA

- FLY ASH in Cement and Concrete por Richard Helmuth, editorial COPRESA.
- Ing. Enrique Riva López; Concreto de Alta Resistencia; Fondo Editorial ICG; Segunda Edición 2012
- Ing. Enrique Pasquel Carbajal; Tópicos de Tecnología del Concreto; Impreso Lima, Perú 1999; Segunda edición.
- Ing. Favio Abanto Castillo; Tecnología del Concreto; Editorial San Marcos; Primera Edición.
- American Concrete Institute. Concrete Reported by ACI 211
  - Materiales de la Construcción; Fondo Editorial ICG; Segunda edición 2010.
- Ing. Enrique Riva López; Diseño de Mezclas; Fondo Editorial ICG; Primera Edición 2010.
- Ing. Enrique Riva López; Materiales para el Concreto; Fondo Editorial ICG; Segunda Edición 2010.
- Norma Técnica Peruana; NTP 400.037:2002
  - CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos.
- Norma Técnica Peruana; NTP 400.017:2011
  - AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.
- Norma Técnica Peruana; NTP 400.021 2002

- AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
- Hoja técnica Fly Ash.



## LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1 Proceso de Obtención de la Ceniza Volante.....	22
Figura 2.2 Clasificación de los materiales puzolanicos. Fuente propia.....	24
Figura 2.3 Represa Tamesis, Reino Unido. (1983). ....	29
Figura 2.4 Represa Stillwater, EEUU. (1983). ....	30
Figura 2.5 Torres Petronas, Malasia (1998).....	30
Figura 2.6 Decant Tunnel Antamina – Perú (2016) .....	32
Figura 2.7 Pavimento Av. Canadá Lima – Perú (2004), .....	33
Figura 3. 1 Vista de la granulometría del agregado fino con los parámetros según la norma NTP 400.037.....	70
Figura 3. 2 Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado fino.....	71
Figura 3. 3 Vista de la comparación de impurezas orgánicas con del Patrón Gardner #11 para el agregado fino. ....	75

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 3.1 Datos del agregado fino para obtener el contenido de humedad.....	69
Tabla 3.2 Datos para hallar la granulometría del agregado fino.....	70
Tabla 3. 3Parámetro inferior y superior de la granulometría del agregado fino. ....	70
Tabla 3 4 Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado fino.....	72
Tabla 3.5 Datos para el cálculo del peso específico del agregado fino.....	73
Tabla 3. 6 Datos del agregado grueso para obtener el contenido de humedad.....	76
Tabla 3. 7 Datos para hallar la granulometría del agregado grueso.....	77
Tabla 3. 8 Parámetros de la curva granulometría del agregado grueso – Uso 67.....	77
Tabla 3. 9 Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso. ....	78
Tabla 3. 10 Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso. ....	78
Tabla 3. 11 Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso. ....	79
Tabla 3. 12 Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso. ....	79
Tabla 3.13 Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso. ....	80
Tabla 3.14 Tabla de la gradación para realizar el ensayo en la máquina de los ángeles, agregado grueso. Fuente MTC E 207-2000. ....	82
Tabla 3. 15 Unidades de generación .....	84
Tabla 3. 16 Carbón utilizado .....	85
Tabla 3. 17 Manejo y Disposición de Cenizas .....	86
Tabla 3. 18 Alternativas para la ceniza .....	86
Tabla 3. 19 Propiedades del cemento, agua y agregados .....	87
Tabla 3. 20 Diseño de mezcla método ACI F´C = 210 KGF/CM2 – Ceniza volante 0% .....	89
Tabla 3. 21 Diseño de mezcla método ACI F´C = 210 KGF/CM2 – Ceniza volante 10% .....	91
Tabla 3. 22 Diseño de mezcla método ACI F´C = 210 KGF/CM2 – Ceniza volante 20% .....	93
Tabla 3. 23 Diseño de mezcla método ACI F´C = 210 KGF/CM2 – Ceniza volante 30% .....	95
Tabla 3. 24 Diseño de mezcla método ACI F´C = 280 KGF/CM2 – Ceniza volante 0% .....	98
Tabla 3. 25 Diseño de mezcla método ACI F´C = 280 KGF/CM2 – Ceniza volante 10% .....	100
Tabla 3. 26 Diseño de mezcla método ACI F´C = 280 KGF/CM2 – Ceniza volante 20% .....	102
Tabla 3. 27 Diseño de mezcla método ACI F´C = 280 KGF/CM2 – Ceniza volante 30% .....	104
Tabla 3. 28 Diseño de mezcla método ACI F´C = 350 kgf/cm2 – Ceniza volante 0% .....	107
Tabla 3. 29 Diseño de mezcla método ACI F´C = 350 kgf/cm2 – Ceniza volante 10% .....	109
Tabla 3. 30 Diseño de mezcla método ACI F´C = 350 kgf/cm2 – Ceniza volante 20% .....	111
Tabla 3. 31 Diseño de mezcla método ACI F´C = 350 kgf/cm2 – Ceniza volante 30% .....	113
Tabla 3. 32 Diseño de mezcla método ACI F´C = 420 kgf/cm2 – Ceniza volante 0% .....	116
Tabla 3. 33 Diseño de mezcla método ACI F´C = 420 kgf/cm2 – Ceniza volante 10% .....	118
Tabla 3. 34 Diseño de mezcla método ACI F´C = 420 kgf/cm2 – Ceniza volante 20% .....	120
Tabla 3. 35 Diseño de mezcla método ACI F´C = 420 kgf/cm2 – Ceniza volante 30% .....	122
Tabla 3. 36 Propiedades del cemento, agua y agregados .....	124
Tabla 3. 37 Diseño de mezcla método ACI F´C = 210 kgf/cm2 – Ceniza volante 0% .....	126
Tabla 3. 38 Diseño de mezcla método ACI F´C = 210 kgf/cm2 – Ceniza volante 10% .....	128
Tabla 3. 39 Diseño de mezcla método ACI F´C = 210 kgf/cm2 – Ceniza volante 20% .....	130

Tabla 3. 40 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 30% .....	132
Tabla 3. 41 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 0% .....	135
Tabla 3. 42 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 10% .....	137
Tabla 3. 43 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 20% .....	139
Tabla 3. 44 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 30% .....	141
Tabla 3. 45 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 0% .....	144
Tabla 3. 46 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 10% .....	146
Tabla 3. 47 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 20% .....	148
Tabla 3. 48 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 30% .....	150
Tabla 3. 49 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 0% .....	153
Tabla 3. 50 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 10% .....	155
Tabla 3. 51 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 20% .....	157
Tabla 3. 52 Diseño de mezcla método ACI $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ – Ceniza volante 30% .....	159
Tabla 4.1 Hoja de resultados en estado fresco.....	163
Tabla 4.2 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	164
Tabla 4.3 Hoja de resultados en estado fresco.....	165
Tabla 4.4 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	166
Tabla 4.5 Hoja de resultados en estado fresco.....	167
Tabla 4.6 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	168
Tabla 4.7 Hoja de resultados en estado fresco.....	169
Tabla 4.8 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	170
Tabla 4.9 Hoja de resultados en estado fresco.....	172
Tabla 4.10 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	173
Tabla 4.11 Hoja de resultados en estado fresco.....	174
Tabla 4.12 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	175
Tabla 4.13 Hoja de resultados en estado fresco.....	176
Tabla 4. 14 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	177
Tabla 4.15 Hoja de resultados en estado fresco.....	178
Tabla 4. 16 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	179
Tabla 4.17 Hoja de resultados en estado fresco.....	181
Tabla 4.18 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	182
Tabla 4.19 Hoja de resultados en estado fresco.....	183
Tabla 4.20 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	184
Tabla 4.21 Hoja de resultados en estado fresco.....	185
Tabla 4.22 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	186
Tabla 4.23 Hoja de resultados en estado fresco.....	187
Tabla 4.24 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	188
Tabla 4.25 Hoja de resultados en estado fresco.....	189
Tabla 4. 26 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	190
Tabla 4.27 Hoja de resultados en estado fresco.....	191
Tabla 4. 28 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	192
Tabla 4. 29 Hoja de resultados en estado fresco.....	193
Tabla 4. 30 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	194
Tabla 4.31 Hoja de resultados en estado fresco.....	195
Tabla 4. 32 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	196
Tabla 4.33 Hoja de resultados en estado fresco.....	197
Tabla 4.34 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	198

Tabla 4.35 Hoja de resultados en estado fresco.....	199
Tabla 4.36 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	200
Tabla 4.37 Hoja de resultados en estado fresco.....	201
Tabla 4.38 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	202
Tabla 4.39 Hoja de resultados en estado fresco.....	203
Tabla 4.40 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	204
Tabla 4.41 Hoja de resultados en estado fresco.....	205
Tabla 4.42 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	206
Tabla 4.43 Hoja de resultados en estado fresco.....	207
Tabla 4.44 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	208
Tabla 4.45 Hoja de resultados en estado fresco.....	209
Tabla 4.46 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	210
Tabla 4.47 Hoja de resultados en estado fresco.....	211
Tabla 4.48 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	212
Tabla 4.49 Hoja de resultados en estado fresco.....	213
Tabla 4.50 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	214
Tabla 4.51 Hoja de resultados en estado fresco.....	215
Tabla 4.52 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	216
Tabla 4.53 Hoja de resultados en estado fresco.....	217
Tabla 4.54 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	218
Tabla 4.55 Hoja de resultados en estado fresco.....	219
Tabla 4.56 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	220
Tabla 4.57 Hoja de resultados en estado fresco.....	221
Tabla 4.58 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	222
Tabla 4.59 Hoja de resultados en estado fresco.....	223
Tabla 4.60 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	224
Tabla 4.61 Hoja de resultados en estado fresco.....	225
Tabla 4.62 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	226
Tabla 4.63 Hoja de resultados en estado fresco.....	227
Tabla 4.64 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	228
Tabla 4.65 Resistencia a la compresión $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . .....	229
Tabla 4.66 Resistencia a la compresión $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> . .....	230
Tabla 4.67 Resistencia a la compresión $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . .....	231
Tabla 4.68 Resistencia a la compresión $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . .....	232
Tabla 4.69 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 0%.....	233
Tabla 4.70 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 10%.....	234
Tabla 4.71 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 20%.....	235
Tabla 4.72 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 30%.....	236
Tabla 4.73 Contracción por secado con cenizas volantes al 0%.....	237
Tabla 4.74 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%.....	238
Tabla 4.75 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%.....	239
Tabla 4.76 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%.....	240
Tabla 4.77 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%.....	241
Tabla 4.78 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%.....	242
Tabla 4.79 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%.....	243
Tabla 4.80 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%.....	244
Tabla 4.81 Contracción por secado con cenizas volantes al 0%.....	245

Tabla 4. 82 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%.....	246
Tabla 4. 83 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%.....	247
Tabla 4. 84 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%.....	248
Tabla 4. 85 Contracción por secado con cenizas volantes al 0%.....	249
Tabla 4. 86 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%.....	250
Tabla 4. 87 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%.....	251
Tabla 4. 88 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%.....	252
Tabla 4. 89 Resistencia a la compresión $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . ....	253
Tabla 4. 90 Resistencia a la compresión $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> . ....	254
Tabla 4. 91 Resistencia a la compresión $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . ....	255
Tabla 4. 92 Resistencia a la compresión $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . ....	256
Tabla 4. 93 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 0%.....	257
Tabla 4. 94 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 10%.....	258
Tabla 4. 95 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 20%.....	259
Tabla 4. 96 Reactividad potencial alcali – silice con ceniza volante al 30%.....	260
Tabla 4. 97 Contracción por secado con ceniza volante al 0%. ....	261
Tabla 4. 98 Contracción por secado con ceniza volante al 10%. ....	262
Tabla 4. 99 Contracción por secado con ceniza volante al 20%. ....	263
Tabla 4. 100 Contracción por secado con ceniza volante al 30%. ....	264
Tabla 4. 101 Contracción por secado con ceniza volante al 0%. ....	265
Tabla 4. 102 Contracción por secado con ceniza volante al 10%. ....	266
Tabla 4. 103 Contracción por secado con ceniza volante al 20%. ....	267
Tabla 4. 104 Contracción por secado con ceniza volante al 30%. ....	268
Tabla 4. 105 Contracción por secado con ceniza volante al 0%. ....	269
Tabla 4. 106 Contracción por secado con ceniza volante al 10%. ....	270
Tabla 4. 107 Contracción por secado con ceniza volante al 20%. ....	271
Tabla 4. 108 Contracción por secado con ceniza volante al 30%. ....	272
Tabla 4. 109 Contracción por secado con ceniza volante al 00%. ....	273
Tabla 4. 110 Contracción por secado con ceniza volante al 10%. ....	274
Tabla 4. 111 Contracción por secado con ceniza volante al 20%. ....	275
Tabla 4. 112 Contracción por secado con ceniza volante al 30%. ....	276
Tabla 5. 1 Ensayo de Temperatura Cemento Yura tipo IP .....	278
Tabla 5. 2 Ensayo de Temperatura Cemento Yura tipo V.....	279
Tabla 5. 3 Ensayo de Temperatura Cemento Yura tipo IP vs tipo V .....	280
Tabla 5. 4 Ensayo de SLUMP Cemento Yura tipo IP .....	281
Tabla 5. 5 Ensayo de SLUMP Cemento Yura tipo V .....	282
Tabla 5. 6 Ensayo de SLUMP Cemento Yura tipo IP vs tipo V .....	283
Tabla 5. 7 Ensayo de contenido de aire Cemento Yura tipo IP .....	284
Tabla 5. 8 Ensayo de contenido de aire Cemento Yura tipo V.....	285
Tabla 5. 9 Ensayo de contenido de aire Cemento Yura tipo IP vs tipo V .....	286
Tabla 5. 10 Ensayo de peso unitario Cemento Yura tipo IP .....	287
Tabla 5. 11 Ensayo de peso unitario Cemento Yura tipo V .....	288
Tabla 5. 12 Ensayo de peso unitario Cemento Yura tipo IP vs tipo V.....	289
Tabla 5. 13 Ensayo de exudación Cemento Yura tipo IP.....	290

Tabla 5. 14 Ensayo de exudación Cemento Yura tipo V .....	291
Tabla 5. 15 Ensayo de exudación Cemento Yura tipo IP vs tipo V .....	292
Tabla 5. 16 Ensayo de tiempo de fragua Cemento Yura tipo IP .....	293
Tabla 5. 17 Ensayo de tiempo de fragua Cemento Yura tipo V .....	294
Tabla 5. 18 Ensayo de tiempo de fragua Cemento Yura tipo IP vs tipo V .....	295
Tabla 5. 19 Ensayo de resistencia a la compresión Cemento Yura tipo IP .....	296
Tabla 5. 20 Ensayo de resistencia a la compresión Cemento Yura tipo V .....	297
Tabla 5. 21 Ensayo de resistencia a la compresión Cemento Yura tipo IP vs tipo V .....	298
Tabla 5. 22 Ensayo de reactividades potencial álcali – sílice Cemento Yura tipo IP .....	299
Tabla 5.23 Ensayo de reactividades potencial álcali – sílice Cemento Yura tipo V .....	300
Tabla 5. 24 Ensayo de reactividades potencial álcali – sílice Cemento Yura tipo IP vs tipo V .....	301
Tabla 5. 25 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP .....	302
Tabla 5. 26 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP .....	303
Tabla 5. 27 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP .....	304
Tabla 5. 28 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP .....	305
Tabla 5. 29 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V .....	306
Tabla 5. 30 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V .....	307
Tabla 5. 31 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V .....	308
Tabla 5. 32 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V .....	309
Tabla 5. 33 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP vs. tipo V .....	310
Tabla 5. 34 Análisis de costos unitarios de la ceniza volante .....	311
Tabla 5. 35 Análisis de costo unitario $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 0% .....	312
Tabla 5. 36 Análisis de costo unitario $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 10% .....	312
Tabla 5. 37 Análisis de costo unitario $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 20% .....	313
Tabla 5. 38 Análisis de costo unitario $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 30% .....	313
Tabla 5. 39 Análisis de costo unitario $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 0% .....	314
Tabla 5. 40 Análisis de costo unitario $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 10% .....	314
Tabla 5. 41 Análisis de costo unitario $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 20% .....	315
Tabla 5. 42 Análisis de costo unitario $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 30% .....	315
Tabla 5. 43 Análisis de costo unitario $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 0% .....	316
Tabla 5. 44 Análisis de costo unitario $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 10% .....	316
Tabla 5. 45 Análisis de costo unitario $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 20% .....	317
Tabla 5. 46 Análisis de costo unitario $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 30% .....	317
Tabla 5. 47 Análisis de costo unitario $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 0% .....	318
Tabla 5. 48 Análisis de costo unitario $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 10% .....	318
Tabla 5. 49 Análisis de costo unitario $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 20% .....	319
Tabla 5. 50 Análisis de costo unitario $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 30% .....	319
Tabla 5. 51 Análisis de costo unitario $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 0% .....	320
Tabla 5. 52 Análisis de costo unitario $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 10% .....	320

Tabla 5. 53 Análisis de costo unitario $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 20% .....	321
Tabla 5. 54 Análisis de costo unitario $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 30% .....	321
Tabla 5. 55 Análisis de costo unitario $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 0% .....	322
Tabla 5. 56 Análisis de costo unitario $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 10% .....	322
Tabla 5. 57 Análisis de costo unitario $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 20% .....	323
Tabla 5. 58 Análisis de costo unitario $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 30% .....	323
Tabla 5. 59 Análisis de costo unitario $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 0% .....	324
Tabla 5. 60 Análisis de costo unitario $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 10% .....	324
Tabla 5. 61 Análisis de costo unitario $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 20% .....	325
Tabla 5. 62 Análisis de costo unitario $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo IP al 30% .....	325
Tabla 5. 63 Análisis de costo unitario $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 0% .....	326
Tabla 5. 64 Análisis de costo unitario $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 10% .....	326
Tabla 5. 65 Análisis de costo unitario $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 20% .....	327
Tabla 5. 66 Análisis de costo unitario $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . Cemento Yura tipo V al 30% .....	327
Tabla 5. 67 Análisis Comparativo Cemento Yura tipo IP .....	328
Tabla 5. 68 Análisis Comparativo Cemento Yura tipo V .....	329
Tabla 5. 69 Análisis Comparativo Cemento Yura tipo IP vs tipo V .....	330



## LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 3. 1 Cantidad de materiales usados por m <sup>3</sup> de concreto f'c = 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	96
Gráfico 3. 2 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento.....	96
Gráfico 3. 3 Cantidad de materiales usados por m <sup>3</sup> de concreto f'c = 280 kgf/cm <sup>2</sup> ...	105
Gráfico 3. 4 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento.....	105
Gráfico 3. 5 Cantidad de materiales usados por m <sup>3</sup> de concreto f'c = 350 kgf/cm <sup>2</sup> ..	114
Gráfico 3. 6 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento.....	114
Gráfico 3. 7 Cantidad de materiales usados por m <sup>3</sup> de concreto f'c = 420 kgf/cm <sup>2</sup> ...	123
Gráfico 3. 8 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento.....	123
Gráfico 3. 9 Cantidad de materiales usados por m <sup>3</sup> de concreto f'c = 210 kgf/cm <sup>2</sup> ...	133
Gráfico 3. 10 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento ..	133
Gráfico 3. 11 Cantidad de materiales usados por m <sup>3</sup> de concreto f'c = 280 kgf/cm <sup>2</sup> .	142
Gráfico 3. 12 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento....	142
Gráfico 3. 13 Cantidad de materiales usados por m <sup>3</sup> de concreto f'c = 350 kgf/cm <sup>2</sup> .	151
Gráfico 3. 14 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento....	151
Gráfico 3. 15 Cantidad de materiales usados por m <sup>3</sup> de concreto f'c = 420 kgf/cm <sup>2</sup> .	160
Gráfico 3. 16 Proporción de la dosificación de materiales con relación al cemento....	160
Gráfico 4.1 Resultados de ensayo de fragua al 0%.....	164
Gráfico 4.2 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	166
Gráfico 4. 3 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	168
Gráfico 4.4 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	170
Gráfico 4. 5 Resultados de ensayo de fragua al 0%.....	173
Gráfico 4.6 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	175
Gráfico 4.7 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	177
Gráfico 4.8 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	179
Gráfico 4. 9 Resultados de ensayo de fragua al 0%.....	182
Gráfico 4. 10 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	184
Gráfico 4. 11 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	186
Gráfico 4. 12 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	188
Gráfico 4. 13 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	190
Gráfico 4. 14 Resultados de ensayo de fragua al 10%.....	192
Gráfico 4. 15 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	194
Gráfico 4. 16 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	196
Gráfico 4. 17 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	198
Gráfico 4. 18 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	200
Gráfico 4.19 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	202
Gráfico 4. 20 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	204
Gráfico 4. 21 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	206
Gráfico 4. 22 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	208
Gráfico 4. 23 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	210

Gráfico 4. 24 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	212
Gráfico 4. 25 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	214
Gráfico 4. 26 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	216
Gráfico 4. 27 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	218
Gráfico 4. 28 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	221
Gráfico 4. 29 Resultados de ensayo de fragua al 0% .....	222
Gráfico 4. 30 Resultados de ensayo de fragua al 10% .....	224
Gráfico 4. 31 Resultados de ensayo de fragua al 20% .....	226
Gráfico 4. 32 Resultados de ensayo de fragua al 30% .....	228
Gráfico 4. 33 Resistencia a la compresión $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . .....	229
Gráfico 4. 34 Resistencia a la compresión $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> . .....	230
Gráfico 4. 35 Resistencia a la compresión $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . .....	231
Gráfico 4. 36 Resistencia a la compresión $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . .....	232
Gráfico 4. 37 Reactividad potencial alcali – sílice con ceniza volante al 0%. .....	233
Gráfico 4. 38 Reactividad potencial alcali – sílice con ceniza volante al 10%. .....	234
Gráfico 4. 39 Reactividad potencial alcali – sílice con ceniza volante al 20%. .....	235
Gráfico 4. 40 Reactividad potencial alcali – sílice con ceniza volante al 30%. .....	236
Gráfico 4. 41 Contracción por secado con cenizas volantes al 0%. .....	237
Gráfico 4. 42 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%. .....	238
Gráfico 4. 43 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%. .....	239
Gráfico 4. 44 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%. .....	240
Gráfico 4. 45 Contracción por secado con cenizas volantes al 30%. .....	241
Gráfico 4. 46 Contracción por secado con cenizas volantes al 10%. .....	242
Gráfico 4. 47 Contracción por secado con cenizas volantes al 20%. .....	243
Gráfico 4. 48 Contracción por secado con cenizas volantes al 30% .....	244
Gráfico 4. 49 Contracción por secado con cenizas volantes al 0% .....	245
Gráfico 4. 50 Contracción por secado con cenizas volantes al 10% .....	246
Gráfico 4. 51 Contracción por secado con cenizas volantes al 20% .....	247
Gráfico 4. 52 Contracción por secado con cenizas volantes al 30% .....	248
Gráfico 4. 53 Contracción por secado con cenizas volantes al 0% .....	249
Gráfico 4. 54 Contracción por secado con cenizas volantes al 10% .....	250
Gráfico 4. 55 Contracción por secado con cenizas volantes al 20% .....	251
Gráfico 4. 56 Contracción por secado con cenizas volantes al 30% .....	252
Gráfico 4. 57 Resistencia a la compresión $f'c=210$ kgf/cm <sup>2</sup> . .....	253
Gráfico 4. 58 Resistencia a la compresión $f'c=280$ kgf/cm <sup>2</sup> . .....	254
Gráfico 4. 59 Resistencia a la compresión $f'c=350$ kgf/cm <sup>2</sup> . .....	255
Gráfico 4. 60 Resistencia a la compresión $f'c=420$ kgf/cm <sup>2</sup> . .....	256
Gráfico 4. 61 Reactividad potencial alcali – sílice con ceniza volante al 0% .....	257
Gráfico 4. 62 Reactividad potencial alcali – sílice con ceniza volante al 10% .....	258
Gráfico 4. 63 Reactividad potencial alcali – sílice con ceniza volante al 20% .....	259
Gráfico 4. 64 Reactividad potencial alcali – sílice con ceniza volante al 30% .....	260

Gráfico 4. 65 Contracción por secado con ceniza volante al 0%. .....	261
Gráfico 4. 66 Contracción por secado con ceniza volante al 10%. .....	262
Gráfico 4. 67 Contracción por secado con ceniza volante al 20%. .....	263
Gráfico 4. 68 Contracción por secado con ceniza volante al 30%. .....	264
Gráfico 4. 69 Contracción por secado con ceniza volante al 0%. .....	265
Gráfico 4. 70 Contracción por secado con ceniza volante al 10%. .....	266
Gráfico 4. 71 Contracción por secado con ceniza volante al 20%. .....	267
Gráfico 4. 72 Contracción por secado con ceniza volante al 30%. .....	268
Gráfico 4. 73 Contracción por secado con ceniza volante al 0%. .....	269
Gráfico 4. 74 Contracción por secado con ceniza volante al 10%. .....	270
Gráfico 4. 75 Contracción por secado con ceniza volante al 20%. .....	271
Gráfico 4. 76 Contracción por secado con ceniza volante al 30%. .....	272
Gráfico 4. 77 Contracción por secado con ceniza volante al 00%. .....	273
Gráfico 4. 78 Contracción por secado con ceniza volante al 10%. .....	274
Gráfico 4. 79 Contracción por secado con ceniza volante al 20%. .....	275
Gráfico 4. 80 Contracción por secado con ceniza volante al 30%. .....	276
Gráfico 5. 1 Ensayo de Temperatura Cemento Yura tipo IP.....	278
Gráfico 5. 2 Ensayo de Temperatura Cemento Yura tipo V.....	279
Gráfico 5. 3 Ensayo de Temperatura Cemento Yura tipo IP vs tipo V.....	280
Gráfico 5. 4 Ensayo de SLUMP Cemento Yura tipo IP.....	281
Gráfico 5. 5 Ensayo de SLUMP Cemento Yura tipo V.....	282
Gráfico 5. 6 Ensayo de SLUMP Cemento Yura tipo IP vs tipo V.....	283
Gráfico 5. 7 Ensayo de contenido de aire Cemento Yura tipo IP.....	284
Gráfico 5. 8 Ensayo de contenido de aire Cemento Yura tipo V.....	285
Gráfico 5. 9 Ensayo de contenido de aire Cemento Yura tipo IP vs tipo V.....	286
Gráfico 5. 10 Ensayo de peso unitario Cemento Yura tipo IP.....	287
Gráfico 5. 11 Ensayo de peso unitario Cemento Yura tipo V.....	288
Gráfico 5. 12 Ensayo de peso unitario Cemento Yura tipo IP vs tipo V.....	289
Gráfico 5. 13 Ensayo de exudación Cemento Yura tipo IP.....	290
Gráfico 5. 14 Ensayo de exudación Cemento Yura tipo V.....	291
Gráfico 5. 15 Ensayo de exudación Cemento Yura tipo IP vs tipo V.....	292
Gráfico 5. 16 Ensayo de tiempo de fragua Cemento Yura tipo IP.....	293
Gráfico 5. 17 Ensayo de tiempo de fragua Cemento Yura tipo V.....	294
Gráfico 5. 18 Ensayo de tiempo de fragua Cemento Yura tipo IP vs tipo V.....	295
Gráfico 5. 19 Ensayo de resistencia a la compresión Cemento Yura tipo IP.....	296
Gráfico 5. 20 Ensayo de resistencia a la compresión Cemento Yura tipo V.....	297
Gráfico 5. 21 Ensayo de resistencia a la compresión Cemento Yura tipo IP vs tipo V.....	298
Gráfico 5. 22 Ensayo de reactividades potencial álcali – sílice Cemento Yura tipo IP.....	299
Gráfico 5. 23 Ensayo de reactividades potencial álcali – sílice Cemento Yura tipo V.....	300
Gráfico 5. 24 Ensayo de reactividades potencial álcali – sílice Cemento Yura tipo IP vs tipo V.....	301

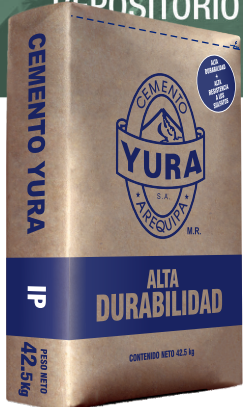
Gráfico 5. 25 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP .....	302
Gráfico 5. 26 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP .....	303
Gráfico 5. 27 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP .....	304
Gráfico 5. 28 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP .....	305
Gráfico 5. 29 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V.....	306
Gráfico 5. 30 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V.....	307
Gráfico 5. 31 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V.....	308
Gráfico 5. 32 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo V.....	309
Gráfico 5. 33 Ensayo de contracción por secado Cemento Yura tipo IP vs. tipo V.....	310
Gráfico 5. 34 Análisis Comparativo Cemento Yura tipo IP .....	328
Gráfico 5. 35 Análisis Comparativo Cemento Yura tipo V .....	329
Gráfico 5. 36 Análisis Comparativo Cemento Yura tipo IP vs tipo V.....	330





# ANEXOS

- Anexo 01: Ficha técnica del Cemento Portland Tipo IP – Yura.
- Anexo 02: Ficha técnica del Cemento Portland Tipo V – Yura.
- Anexo 03: Análisis Químico Y Físico De Las Cenizas Volantes De La Central Hidroeléctrica De Ilo.
- Anexo 04: Norma Técnica Del Uso De Cenizas Volantes En El Concreto. ACI-232. 2R-03.
- Anexo 05: Norma Técnica Peruana de Cementos Portland Adicionados. NTP 334-090.
- Anexo 06: Especificación Normalizada Para Cenizas Volantes De Carbón Y Puzolana Natural En Crudo O Calcinada Para Uso En Concreto. ASTM C 618-08
- Constancia de uso de laboratorios UCSM
- Constancia de uso de laboratorios de la planta de SUPERMIX S.A.



# CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD



## DESCRIPCIÓN

El Cemento Portland Puzolánico Yura IP, ALTA DURABILIDAD, es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el Cemento Portland Puzolánico YURA IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

## LA DURABILIDAD

“Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil”.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

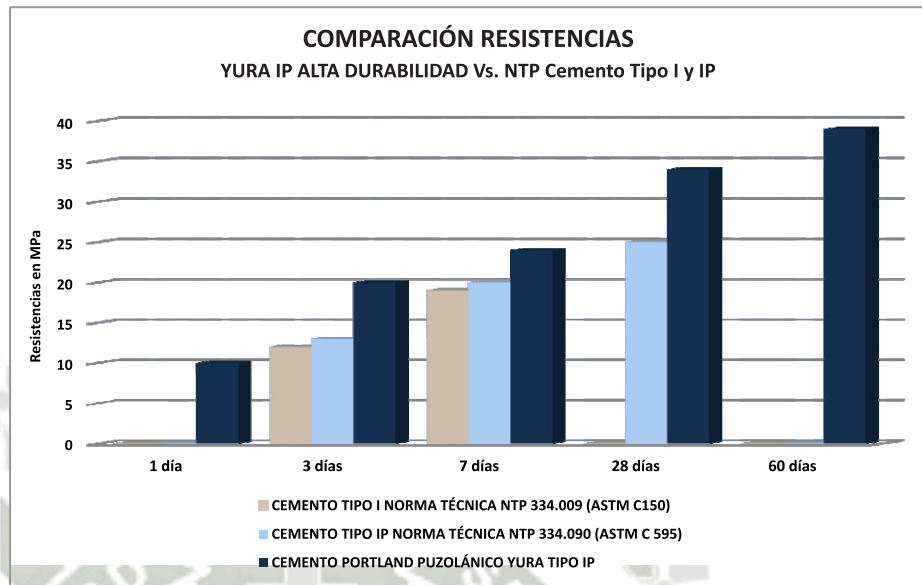
REQUISITOS QUÍMICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP	Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM 1157
MgO (%)	1.99	6.00 Máx.
SO <sub>3</sub> (%)	1.75	4.00 Máx.
Pérdida por ignición (%)	2.14	5.00 Máx.

REQUISITOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP		Norma NTP 334.090 ASTM C-595		Comparativo con Norma Tipo I y Tipo V Requisitos Norma Técnica NTP 334.009 / ASTM C 150	
	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa	Cemento Tipo I Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.85		-		-	-
Expansión en autoclave (%)	0		0.80 Máx.		-	-
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170		45 Mín.		-	-
Fraguado Vicat final (minutos)	270		420 Máx.		-	-
Resistencia a la compresión						
1 días	104	10	-	-	-	-
3 días	199	20	133 Mín.	13	122	12
7 días	247	24	204 Mín.	20	194	19
28 días	342	34	255 Mín.	25	-	-
60 días	397	39	-	-	-	-
Resistencia a los sulfatos	Cemento IP				Cemento Tipo V	
% Expansión a los 14 días	0.018				0.04 Máx.	

VERSIÓN SETIEMBRE 2013

# CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD

## COMPARATIVO CON REQUISITOS DE RESISTENCIA DE NORMAS TÉCNICAS



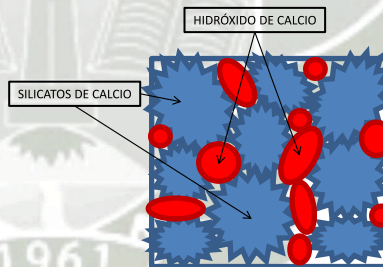
## PROPIEDADES

### 1 MAYOR RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, la cual tiene mayor superficie específica interna en comparación con otros tipos de puzolana, hacen que el cemento Yura IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a las que ofrece otros tipos de cemento.

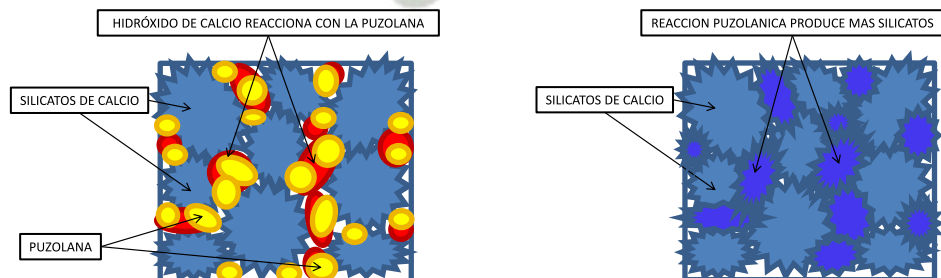
Los alúmino-silicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

#### CON CEMENTO TIPO I



El cemento Tipo I produce un 75% de silicatos de calcio (resistencia), el otro 25 % es hidróxido de calcio que no ofrece resistencia y es susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o expansiones.

#### CON CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP



La puzolana que contiene el cemento YURA IP, reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicatos de calcio, lo que otorga mayor resistencia, sellando los poros haciendo un concreto más impermeable.

VERSIÓN SETIEMBRE 2013

# CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD

## PROPIEDADES

### 2 RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS:

El hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos produciendo sulfato de calcio dihidratado que genera una expansión del 18% del sólido y produce también etringita que es el compuesto causante de la fisuración del concreto.

Debido a la capacidad de la puzolana de Yura para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el cemento Yura Tipo IP es más resistente a los sulfatos y al ataque Químico de otros iones agresivos.

Resultados de laboratorio demuestran que el cemento portland Tipo IP, tiene mayor resistencia a los sulfatos que el cemento Tipo V.

Resistencia a los sulfatos	Resultado Cemento YURA IP	Resultado Cemento YURA Tipo V	Requisitos de Norma NTP 334.009 Tipo V
Máximo % de Expansión a los 14 días	0.018	0.029	0.040 Máx.

\* El cemento YURA IP - ALTA DURABILIDAD, su expansión es menor que el cemento Tipo V y mucho menor al exigido en la norma.

### 3 MAYOR IMPERMEABILIDAD:

El cemento portland puzolánico YURA IP, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace menos permeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.

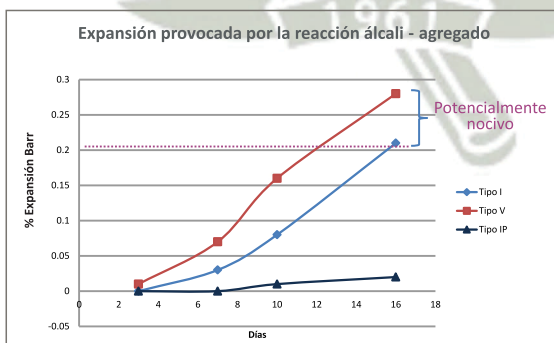
### 4 INHIBE LA REACCIÓN ÁLCALI - AGREGADO:

La puzolana de Yura remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva álcali – agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivos.

El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional de los cementos portland puzolánicos y se solicita cuando el cemento es utilizado con agregados álcali – reactivos. El cemento Yura tipo IP cumple con este requisito opcional demostrado en ensayos de laboratorio. Así se demuestra la efectividad de su puzolana en controlar la expansión causada por la reacción entre los agregados reactivos y los álcalis del cemento.

#### ENSAYO DE COMPROBACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP QUE INHIBE LA REACCIÓN ÁLCALI – AGREGADO.

Comparación de potencial de reactividad alcalina de los cemento tipos I, V e IP según método de la norma ASTM C1260-07



El cemento Yura IP neutraliza esta reacción protegiendo al concreto contra este tipo de ataque.

Días	% Expansión Barr		
	Cemento tipo I	Cemento tipo V	Cemento tipo IP
3 días	0	0.01	0
7 días	0.03	0.07	0
10 días	0.08	0.16	0.01
16 días	0.21*	0.28*	0.02**

\* Los cementos tipo I y V presentan un porcentaje de expansión de 0.20 a los 16 días lo cual se les considera potencialmente dañino.

\*\* Bajo riesgo de expansión en condiciones de campo.

VERSIÓN SETIEMBRE 2013

# CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD

## PROPIEDADES

### 5 MENOR CALOR DE HIDRATACION:

La reacción entre el Hidróxido de Calcio, liberado en la hidratación el cemento, con el aluminato tricálcico(C3A) presente en el cemento, genera gran calor de hidratación. La puzolana al reaccionar con el hidróxido de calcio, inhibe esta reacción, generando menor calor de hidratación, evitando contracciones y fisuraciones que afectan la calidad del concreto, principalmente en obra de gran volumen.

El cemento de Yura tipo IP cumple con el requisito, a los 7 y 28 días, de generar un moderado calor de hidratación. Por lo tanto, puede utilizarse al igual que el cemento portland tipo II.

## BENEFICIOS AMBIENTALES

Menor consumo energético.  
Cemento fabricado con menor emisión de CO<sub>2</sub>.

## RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Guantes Impermeables



Protección Ocular



Botas Impermeables



Protección Respiratoria

## ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

## PRESENTACIONES DISPONIBLES

- **Bolsas 42.5 Kg** Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- **Big Bag 1.0 TM** Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- **Big Bag 1.5 TM** Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- **Granel** Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

## NORMAS TÉCNICAS

EL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP - ALTA DURABILIDAD, cumple con las especificaciones técnicas de los siguientes países:

PAIS	NORMA		DENOMINACIÓN	
Perú	Norma Técnica Peruana	NTP 334.090	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO IP
Chile	Norma Chilena Oficial	NCh 148 Of68	CEMENTO PUZOLÁNICO	GRADO CORRIENTE
USA	Norma Americana	ASTM C595	PORTLAND POZZOLAN CEMENT	TYPE IP
Bolivia	Norma Boliviana	NB-011	CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA	TIPO IP 30
Ecuador	Norma Técnica Ecuatoriana	NTE INEN 490	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO IP
Brasil	Norma Brasileña	NBR 5736	CIMENTO PORTLAND POZZOLÁNICO	TIPO CP IV 32
Colombia	Norma Técnica Colombiana	NTC 121 - 321	CEMENTO PORTLAND	TIPO 1

## DURACIÓN

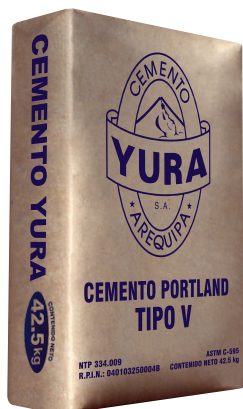
Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

VERSIÓN SETIEMBRE 2013

# CEMENTO PORTLAND YURA TIPO V



## DESCRIPCIÓN:



El Cemento Portland Yura Tipo V, es elaborado con Clinker de Alta Calidad y Yeso, molidos industrialmente hasta lograr un alto grado de finura. Cumple con la norma NTP 334.009 y la ASTM C150/C150M-11.

Su fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001.

## USOS Y APLICACIONES

El cemento portland Tipo V puede ser utilizado en construcciones donde se requiera alta resistencia a los sulfatos.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

REQUERIMIENTOS QUÍMICOS	CEMENTO PORTLAND YURA TIPO V	NORMA TECNICA NTP 334.009 - ASTM C150
Óxido de Silicio, SiO <sub>2</sub> , %	22.20	No especifica
Óxidos de Aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	4.25	No especifica
Óxido Ferrico, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	3.90	No especifica
Óxido de Calcio, CaO, %	63.00	No especifica
Óxido de Magnesio, MgO, %	2.45	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub> , %	2.05	3.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	0.55	3.00 Máximo
Residuo Insoluble, R.I. %	0.58	0.75 Máximo

REQUERIMIENTOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND YURA TIPO V	NORMA TECNICA NTP 334.009 - ASTM C150
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	3.15	No Especifica
Finura( Superficie Especifica - Blaine), cm <sup>2</sup> /g	3130	2600 Mínimo
Finura Retenido malla N° 200 (75 µm)	3.30	No Especifica
Finura (Retenido malla N° 325 (45 µm)), %	14.10	No Especifica
Expansión en Autoclave, %	0.060	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fraguado (Inicial)	130	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	160	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	5.75	12.00 Máximo
Resistencia a la Compresión , MPa, (Kg-f/cm2)		Mínimo:
01 día	128	-
03 días	250	81.58
07 días	340	152.95
28 días	440	214.14

# CEMENTO PORTLAND YURA TIPO V



## PRESENTACIONES DISPONIBLES

- Bolsa 42.5 kg Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- Big Bag 1.0 TM Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- Big Bag 1.5 TM Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- Granel Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

## ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar bajo techo, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corrientes de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas de altura en 2 pallet de altura.

## RECOMENDACION DE SEGURIDAD

El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.

En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.

En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.

Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Guantes  
Impermeables



Protección  
Ocular



Botas  
Impermeables



Protección  
Respiratoria

## REPORTE DE LABORATORIO

SOLICITA CONCRETOS SUPERMIX  
 OBRA CONTROL DE CALIDAD  
 EXPEDIENTE 986-16

### REQUERIMIENTOS QUIMICOS

NOMBRE DE LA MUESTRA	FECHA	FLUORECENCIA DE RAYOS X													
		SIO2 (%)	Al2O3 (%)	Fe2O3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO3 (%)	Na2O (%)	K2O (%)	Cl	TiO2 (%)	P2O5 (%)	MnO (%)	SrO (%)	CO2 (%)
CENIZA ILO	7/07/2015	51.6	20.5	6.69	3.44	1.58	0.847	2.4	2.01	0.858	0.919	0.145	0.0402	0.0825	8.55
CENIZA TRUPAL	7/07/2015	43.4	25.4	2.16	0.843	0.609	2.5	0.488	1.58	0.0407	1.33	0.281	0.0417	0.0513	21.02

### REQUERIMIENTOS FISICOS

DESCRIPCION	MEZCLA DE CONTROL				DENSIDAD PUZOLANA O ESCORIA (g/cm <sup>3</sup> )	MEZCLA DE ENSAYO				
	RELACION A/C	PESO ESPECIFICO (g/cm <sup>3</sup> )	RETENIDO MALLA N° 325 (%)	RESISTENCIA A 28 DIAS (kg/cm <sup>2</sup> )		RETENIDO MALLA N°325 (%)	RELACION A/C	RESISTENCIA A 28 DIAS (kg/cm <sup>2</sup> )	INDICE DE ACTIVIDAD (28 días)	
CENIZA ILO	0.54	3.13	4.5	420.70	2.29	7.10	0.560	402.40	95.65	
CENIZA TRUPAL	0.54	3.13	4.5	420.70	2.19	16.00	0.630	367.60	87.38	

  
 ING. CARLOS GUERRA CISNEROS  
 INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD  
 CIP: 55171



# Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C 618; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

## 1. Scope \*

1.1 This specification covers coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use as a mineral admixture in concrete where cementitious or pozzolanic action, or both, is desired, or where other properties normally attributed to finely divided mineral admixtures may be desired, or where both objectives are to be achieved.

NOTE 1—Finely divided materials may tend to reduce the entrained air content of concrete. Hence, if a mineral admixture is added to any concrete for which entrainment of air is specified, provision should be made to ensure that the specified air content is maintained by air content tests and by use of additional air-entraining admixture or use of an air-entraining admixture in combination with air-entraining hydraulic cement.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes, which provide explanatory information. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

## 2. Referenced Documents

### 2.1 ASTM Standards:

C 125 Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates<sup>2</sup>

C 311 Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use as a Mineral Admixture in Portland-Cement Concrete<sup>2</sup>

## 3. Terminology

### 3.1 Definitions:

3.1.1 The terms used in this specification are defined in Terminology C 125.

3.1.2 *fly ash*—the finely divided residue that results from the combustion of ground or powdered coal and that is transported by flue gasses.

<sup>1</sup> This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.24 on Ground Slag and Pozzolanic Admixtures.

Current edition approved Aug. 10, 2001. Published September 2001. Originally published as C618–68T to replace C350 and C402. Last previous edition C618–00.

<sup>2</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

NOTE 2—This definition of fly ash does not include, among other things, the residue resulting from: (1) the burning of municipal garbage or any other refuse with coal; (2) the injection of lime directly into the boiler for sulfur removal; or (3) the burning of industrial or municipal garbage in incinerators commonly known as “incinerator ash.”

## 4. Classification

4.1 *Class N*—Raw or calcined natural pozzolans that comply with the applicable requirements for the class as given herein, such as some diatomaceous earths; opaline cherts and shales; tuffs and volcanic ashes or pumicites, calcined or uncalcined; and various materials requiring calcination to induce satisfactory properties, such as some clays and shales.

4.2 *Class F*—Fly ash normally produced from burning anthracite or bituminous coal that meets the applicable requirements for this class as given herein. This class fly ash has pozzolanic properties.

4.3 *Class C*—Fly ash normally produced from lignite or subbituminous coal that meets the applicable requirements for this class as given herein. This class of fly ash, in addition to having pozzolanic properties, also has some cementitious properties.

NOTE 3—Some Class C fly ashes may contain lime contents higher than 10 %.

## 5. Ordering Information

5.1 The purchaser shall specify any supplementary optional physical requirements.

5.2 The purchaser shall indicate which procedure, A or B, shall be used when specifying requirements for effectiveness in contribution to sulfate resistance under Table 3.

## 6. Chemical Composition

6.1 Fly ash and natural pozzolans shall conform to the requirements as to chemical composition prescribed in Table 1.

## 7. Physical Properties

7.1 Fly ash and natural pozzolans shall conform to the physical requirements prescribed in Table 2. Supplementary optional physical requirements are shown in Table 3.

## 8. Methods of Sampling and Testing

8.1 Sample and test the mineral admixture in accordance

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

with the requirements of Test Methods C 311.

8.2 Use cement of the type proposed for use in the work and, if available, from the mill proposed as the source of the cement, in all tests requiring the use of hydraulic cement.

### 9. Storage and Inspection

9.1 The mineral admixture shall be stored in such a manner as to permit easy access for proper inspection and identification of each shipment.

9.2 Inspection of the material shall be made as agreed upon by the purchaser and the seller as part of the purchase contract.

### 10. Rejection

10.1 The purchaser has the right to reject material that fails to conform to the requirements of this specification. Rejection shall be reported to the producer or supplier promptly and in writing.

10.2 The purchaser has the right to reject packages varying more than 5 % from the stated weight. The purchaser also has the right to reject the entire shipment if the average weight of

the packages in any shipment, as shown by weighing 50 packages taken at random, is less than that specified.

10.3 The purchaser has the right to require that mineral admixture in storage prior to shipment for a period longer than 6 months after testing be retested. The purchaser has the right to reject such material if it fails to meet the fineness requirements.

### 11. Packaging and Package Marking

11.1 When the mineral admixture is delivered in packages, the class, name, and brand of the producer, and the weight of the material contained therein, shall be plainly marked on each package. Similar information shall be provided in the shipping invoices accompanying the shipment of packaged or bulk mineral admixture.

### 12. Keywords

12.1 fly ash; mineral admixtures; natural pozzolan; pozzolans

## SUMMARY OF CHANGES

This section identifies the location of changes to this specification that have been incorporated since the last issue.

(1) Revised sections 5 and 6.

(2) The Table previously titled “Supplementary Optional

Chemical Requirements” was deleted.

TABLE 1 Chemical Requirements

	Mineral Admixture Class		
	N	F	C
Silicon dioxide (SiO <sub>2</sub> ) plus aluminum oxide (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) plus iron oxide (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), min, %	70.0	70.0	50.0
Sulfur trioxide (SO <sub>3</sub> ), max, %	4.0	5.0	5.0
Moisture content, max, %	3.0	3.0	3.0
Loss on ignition, max, %	10.0	6.0 <sup>A</sup>	6.0

<sup>A</sup>The use of Class F pozzolan containing up to 12.0 % loss on ignition may be approved by the user if either acceptable performance records or laboratory test results are made available.

TABLE 2 Physical Requirements

	Mineral Admixture Class		
	N	F	C
<i>Fineness:</i>			
Amount retained when wet-sieved on 45 µm (No. 325) sieve, max, % <sup>A</sup>	34	34	34
<i>Strength activity index:</i> <sup>B</sup>			
With portland cement, at 7 days, min, percent of control	75 <sup>C</sup>	75 <sup>C</sup>	75 <sup>C</sup>
With portland cement, at 28 days, min, percent of control	75 <sup>C</sup>	75 <sup>C</sup>	75 <sup>C</sup>
Water requirement, max, percent of control	115	105	105
<i>Soundness:</i> <sup>D</sup>			
Autoclave expansion or contraction, max, %	0.8	0.8	0.8
<i>Uniformity requirements:</i>			
The density and fineness of individual samples shall not vary from the average established by the ten preceding tests, or by all preceding tests if the number is less than ten, by more than:			
Density, max variation from average, %	5	5	5
Percent retained on 45-µm (No. 325), max variation, percentage points from average	5	5	5

<sup>A</sup>Care should be taken to avoid the retaining of agglomerations of extremely fine material.

<sup>B</sup>The *strength activity index* with portland cement is not to be considered a measure of the compressive strength of concrete containing the mineral admixture. The mass of mineral admixture specified for the test to determine the *strength activity index* with portland cement is not considered to be the proportion recommended for the concrete to be used in the work. The optimum amount of mineral admixture for any specific project is determined by the required properties of the concrete and other constituents of the concrete and is to be established by testing. *Strength activity index* with portland cement is a measure of reactivity with a given cement and may vary as to the source of both the mineral admixture and the cement.

<sup>C</sup>Meeting the 7 day or 28 day *strength activity index* will indicate specification compliance.

<sup>D</sup>If the mineral admixture will constitute more than 20 % by weight of the cementitious material in the project mix design, the test specimens for autoclave expansion shall contain that anticipated percentage. Excessive autoclave expansion is highly significant in cases where water to mineral admixture and cement ratios are low, for example, in block or shotcrete mixes.

TABLE 3 Supplementary Optional Physical Requirements

NOTE 1—These optional requirements apply only when specifically requested.

	Mineral Admixture Class		
	N	F	C
Multiple factor, calculated as the product of loss on ignition and fineness, amount retained when wet-sieved on 45-µm (No. 325) sieve, max, % <sup>A</sup>	...	255	...
Increase of drying shrinkage of mortar bars at 28 days, max, difference, in %, over control <sup>B</sup>	0.03	0.03	0.03
<i>Uniformity Requirements:</i>			
In addition, when air-entraining concrete is specified, the quantity of air-entraining agent required to produce an air content of 18.0 vol % of mortar shall not vary from the average established by the ten preceding tests or by all preceding tests if less than ten, by more than, %	20	20	20
<i>Effectiveness in Controlling Alkali-Silica Reaction:</i> <sup>C</sup>			
Expansion of test mixture as percentage of low-alkali cement control, at 14 days, max, %	100	100	100
<i>Effectiveness in Contributing to Sulfate Resistance:</i> <sup>D</sup>			
<i>Procedure A:</i>			
Expansion of test mixture:			
For moderate sulfate exposure after 6 months exposure, max, %	0.10	0.10	0.10
For high sulfate exposure after 6 months exposure, max, %	0.05	0.05	0.05
<i>Procedure B:</i>			
Expansion of test mixture as a percentage of sulfate resistance cement control after at least 6 months exposure, max, %	100	100	100

<sup>A</sup>Applicable only for Class F mineral admixtures since the loss on ignition limitations predominate for Class C.

<sup>B</sup>Determination of compliance or noncompliance with the requirement relating to increase in drying shrinkage will be made only at the request of the purchaser.

<sup>C</sup>Mineral admixtures meeting this requirement are considered as effective in controlling alkali aggregate reactions as the use of the low-alkali control cement used in the evaluation. However, the mineral admixture shall be considered effective only when the mineral admixture is used at percentages by mass of the total cementitious material equal to or exceeding that used in the tests and when the alkali content of the cement to be used with the mineral admixture does not exceed that used in the tests by more than 0.05 %. See Appendix XI, Test Methods C 311.

<sup>D</sup>Fly ash or natural pozzolan shall be considered effective only when the fly ash or natural pozzolan is used at percentages, by mass, of the total cementitious material within 2 % of those that are successful in the test mixtures or between two percentages that are successful, and when the C<sub>3</sub>A content of the project cement is less than, or equal to, that which was used in the test mixtures. See Appendix X2 of Test Method C 311.

*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*



---

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

---

NTP 334.090  
2011

---

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI  
Calle De la Prosa 104. San Borja (Lima 41) Apartado 145  
Lima, Peru

---

## CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos

CEMENT. Standard Specification for Blended Hydraulic Cements

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C595/C595M-10 Standard Specification for Blended Hydraulic Cements, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2011-02-02  
3ª Edición

R.0002-2011/CNB-INDECOPI. Publicada el 2011-03-12

Precio basado en 25 páginas

I.C.S.: 91.100.10

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Cemento adicionado Portland, cemento con ceniza volante, cemento hidráulico, cemento Portland con escoria de alto horno, cemento Portland Puzolánico, cemento Puzolánico, escoria, escoria granulada de alto horno



## ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETIVO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	4
4. DEFINICIONES	4
5. CLASIFICACIÓN	5
6. INFORMACIÓN PARA LA ORDEN DE COMPRA	7
7. MATERIALES Y FABRICACIÓN	8
8. REQUISITOS QUÍMICOS	12
9. REQUISITOS FÍSICOS	12
10. MUESTREO	15
11. MÉTODOS DE ENSAYO	16
12. REQUISITOS DE TIEMPOS PARA ENSAYOS	19
13. INSPECCIÓN	19
14. RECEPCIÓN	19
15. CERTIFICACIÓN	20
16. ENVASE Y ROTULADO	21
17. ALMACENAMIENTO	21
18. ANTECEDENTES	22
ANEXO A	23

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Cementos, cales y yesos, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de junio a agosto de 2010, utilizando como antecedente a la norma ASTM C 595/C 595 M-10 Standard Specification for Blended Hydraulic Cements.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Cementos, cales y yesos presentó a la Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias -CNB, con fecha 2010-10-20, el PNTP 334.090:2011, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2010-11-28. No habiéndose presentado observaciones fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 334.090:2010 CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos, 3ª Edición, el 12 de marzo de 2011.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la Norma Técnica Peruana NTP 334.090:2007 CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos y fue tomada en su totalidad de la norma ASTM C 595/C 595 M-10. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Asociación de Productores de Cemento - ASOCEM
Presidente	Manuel Gonzáles de la Cotera Scheirmüller – ASOCEM
Secretaria	Vanna Guffanti Parra
<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
Cemento Andino S.A.	Víctor Cisneros Ricardo Ramírez

Cementos Lima S.A	Rubén Gilvonio César Zanabria
Cementos Pacasmayo S.A.A.	Rosaura Vásquez
Yura S.A	Silvino Quispe
Cemento Sur S.A.	José Ramírez
Agregados Calcáreos S.A.	Gonzalo Roselló Luis Valdera
ARPL Tecnología Industrial S.A.	Hugo Lazo Lucio Argüelles
ASOCEM	Manuel Gonzáles de la Cotera
Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Civil	Carlos Barzola Rafael Cachay
Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Departamental de Lima	Enrique Rivva
Pontificia Universidad Católica del Perú – Facultad de Ciencias e Ingeniería	Juan Harman I.
SENCICO	Vanna Guffanti Oliver Cornejo
Ministerio de la Producción	Manuel Alvarez Ferdinan Prada
Ministerio de Transportes y Comunicaciones	Jhonny Figueres
CONSULTOR INDEPENDIENTE	Juan Ávalo
CONSULTOR INDEPENDIENTE	Ana Biondi
FIRTH INDUSTRIES PERÚ S.A.	Violeta Noriega
SIKA PERÚ S.A.	Gari Medina
UNICON S.A.	Aleksey Beresovsky
PREMIX S.A.	Carlos Forero
CONSULTOR	Hernán La Jara

---oooOooo---

## CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos

### 1. OBJETIVO

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos que deberán cumplir los cementos Portland adicionados, sus aplicaciones generales y especiales, utilizando escoria o puzolana, o ambas, con cemento Portland o clinker de cemento Portland o escoria con cal.

NOTA 1: Esta NTP prescribe ingredientes y dosificaciones, con algunos requisitos de desempeño mientras que la norma de desempeño NTP 334.082 es una norma de cemento Portland en la cual sólo los criterios de desempeño gobiernan los productos y su aceptación.

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

#### 2.1 Normas Técnicas Peruanas

- |       |                                |  |
|-------|--------------------------------|--|
| 2.1.1 | PNTP 334.001:2010 <sup>1</sup> | CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura  |
| 2.1.2 | NTP 334.002:2003               | CEMENTOS. Determinación de la finura expresada por la superficie específica (Blaine) |

<sup>1</sup> En etapa de estudio, Proyecto correspondiente al Plan de Trabajo del Segundo Semestre del 2010



2.1.3	NTP 334.004:2008	CEMENTOS. Ensayo en autoclave para determinar la estabilidad de volumen
2.1.4	NTP 334.005:2001	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la densidad del cemento Pórtland
2.1.5	NTP 334.006:2003	CEMENTOS. Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat
2.1.6	PNTP 334.007:2010 <sup>2</sup>	CEMENTOS. Muestreo e inspección
2.1.7	NTP 334.009:2005	CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos
2.1.8	NTP 334.045:1998	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la finura por tamizado húmedo con tamiz normalizado 45 $\mu$ m (Nº 325)
2.1.9	NTP 334.048:2003	CEMENTOS. Determinación del contenido de aire en morteros de cemento hidráulico
2.1.10	NTP 334.051:2006	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado
2.1.11	NTP 334.064:2009	CEMENTOS. Método para determinar el calor de hidratación de cementos Portland. Método por disolución
2.1.12	NTP 334.067:2001	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la reactividad potencial alcalina de

---

<sup>2</sup> En etapa de estudio. Proyecto correspondiente al Plan de Trabajo del Segundo Semestre del 2010

		combinaciones cemento-agregado. Método de la barra de mortero
2.1.13	NTP 334.074:2004	CEMENTOS. Determinación de la consistencia normal
2.1.14	NTP 334.075:2004	CEMENTOS. Cemento Portland. Método de ensayo normalizado para optimizar el SO3 usando resistencia a la compresión a las 24 horas
2.1.15	NTP 334.078:2004	CEMENTOS. Cemento Portland hidratado Método de ensayo normalizado para el Sulfato soluble en el agua en el mortero endurecido de cemento Portland hidratado
2.1.16	NTP 334.082:2008	CEMENTOS. Cemento Portland. Especificación de la Performance
2.1.17	NTP 334.084:2009	CEMENTOS. Especificación normalizada para aditivos funcionales a usarse en la producción de cementos Portland
2.1.18	NTP 334.085:2005	CEMENTOS. Aditivos de proceso a usarse en la producción de cementos Portland
2.1.19	NTP 334.086:2008	CEMENTOS. Método para el análisis químico del cemento
2.1.20	NTP 334.094:2009	CEMENTOS. Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas

- 2.1.21 NTP 334.127:2002 CEMENTOS. Adiciones minerales del cemento y hormigón (concreto). Puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante. Método de ensayo
- 2.1.22 NTP 334.144:2004 CALES. Cal hidratada para su uso con puzolanas. Requisitos
- 2.1.23 NTP 334.165: 2007 CEMENTOS. Método de ensayo normalizado para cambios de longitud de morteros y concretos con cemento Portland endurecido

## 2.2 Normas Técnicas de Asociación

- ASTM C 226 - 07 Standard Specification for Air-Entraining Additions for Use in the Manufacture of Air-Entraining Hydraulic Cement

## 3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta NTP se aplica a los cementos Portland adicionados.

## 4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones, así como las definidas en la NTP 334.001:

- 4.1 **cemento adicionado binario:** Un cemento adicionado hidráulico que consiste en cemento Portland con cemento de escoria, o cemento Portland con una puzolana.

4.2 **cemento adicionado ternario:** Un cemento adicionado hidráulico que consiste en cemento Portland con una combinación de dos puzolanas diferentes, o cemento Portland con cemento de escoria y una puzolana.

## 5. CLASIFICACIÓN

5.1 La presente NTP se aplica a los siguientes tipos de cemento adicionado que generalmente son concebidos para el uso indicado.

5.1.1 Cementos Portland adicionados para construcción de concreto en general.

5.1.1.1 **Tipo IS:** Cemento Portland con escoria de alto horno.

5.1.1.2 **Tipo IP:** Cemento Portland puzolánico.

5.1.1.3 **Tipo I(PM):** Cemento Portland puzolánico modificado.

5.1.1.4 **Tipo IT:** Cemento adicionado ternario.

5.1.1.5 **Tipo ICo:** Cemento Portland compuesto.

### 5.2 Denominación

5.2.1 La práctica a seguir para designar a los cementos adicionados debe ser agregar el sufijo (X) a la designación de tipo según 5.1.1, donde (X) es igual al porcentaje de escoria o puzolana en el producto que figura en el envase, expresado como un número entero por masa, del producto final adicionado, dentro de la variación admisible indicada en 15.3.

5.2.2 La práctica a seguir para designar a los cementos adicionados ternarios debe ser agregar los sufijos (AX) y (BY) a la designación de Tipo IT según 5.1.1, donde:

A es "S" para cemento de escoria, o "P" para puzolana, el que esté presente en mayor cantidad por masa, y

X es el porcentaje en masa del constituyente A indicado en el envase, y B



es “S” para cemento de escoria, o “P” para puzolana e Y es el porcentaje en masa del constituyente B indicado en el envase.

Ambos valores X e Y están expresados como un número entero en masa del producto final adicionado, dentro de la variación permisible establecida en 15.3. Si X e Y son iguales, el orden es intercambiable.

NOTA 2: A continuación se muestran ejemplos de la práctica a seguir para designar según 5.2.1 y 5.3 (todos los porcentajes en masa):

Cemento adicionado binario con 80 % de cemento Portland y 20 % de cemento de escoria = IS(20).

Cemento adicionado binario con 85 % de cemento Portland y 15 % de puzolana = I(PM)(15).

Cemento adicionado ternario con 70 % de cemento Portland, 20 % de cemento de escoria y 10 % de puzolana = IT(S20)(P10).

Cemento adicionado ternario con 65 % de cemento Portland, 25 % de una puzolana y 10 % de otra puzolana = IT(P25)(P10).

5.2.3 En esta NTP se usa una práctica simplificada para designar en forma sencilla y clara cuando se refiere a requisitos específicos para cementos adicionados binarios y ternarios que son aplicables a un rango de productos, o en cementos adicionados ternarios cuando los requisitos son aplicables a sólo un constituyente dentro de un rango específico (%). (Véase la Nota 3).

NOTA 3. A continuación se muestran ejemplos de las prácticas simplificadas para designar según 5.2.3:

1) En la Tabla 1 se puede encontrar un ejemplo en el que los requisitos son aplicables a un rango de productos, donde el contenido máximo de 3% del  $SO_3$ , se aplica a: cementos adicionados binarios con contenidos de cemento de escoria < 70 %, indicados como IS(<70); cementos adicionados ternarios con un contenido de puzolana menor que el contenido de cemento de escoria, y donde el contenido de cemento de escoria es menor que 70%, se designa como IT(P<S<70).

2) En 9.2 se puede encontrar un ejemplo en el cual los requisitos son aplicables a un único constituyente dentro de un rango específico (%) de este constituyente, donde se requiere ensayo sólo cuando el contenido de cemento de escoria es < 25%. Ya que el requisito está basado sólo en el contenido de cemento de escoria, sin relación con el contenido de puzolana, se emplea una práctica simplificada para nombrar y el rango de cementos adicionados ternarios son indicados como Tipo IT(S<25).

## 5.3 Propiedades especiales

5.3.1 Cuando se solicite, se debe especificar cemento con aire incorporado agregando el sufijo (A), a cualquiera de los tipos anteriores. Donde se requiere, la

opción de incorporación de aire se especifica en combinación con cualquiera de las otras propiedades.

NOTA 4. Una masa dada de cemento adicionado, tiene un volumen absoluto mayor que la misma masa de cemento Portland. Esto debe considerarse en la compra de cementos y en la dosificación de las mezclas de concreto.

5.3.2 Cuando se solicite, se debe especificar moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación, o ambos, agregando el sufijo (MS) o (MH), respectivamente, al tipo de cemento indicado en 5.1.1.

5.3.3 Cuando se solicite, se debe especificar alta resistencia a los sulfatos, agregando el sufijo (HS) al tipo de cemento indicado en 5.1.1.

NOTA 5: Las características especiales atribuibles a la escoria o a la puzolana variarán en base a las cantidades contenidas dentro de los cementos adicionados.

5.3.4 Cuando se solicite, se debe especificar bajo calor de hidratación, agregando el sufijo (LH), al tipo de cemento indicado en 5.1.1.

## 6. INFORMACIÓN PARA LA ORDEN DE COMPRA

6.1 Las órdenes de compra del cemento sujeto a esta NTP deben incluir lo siguiente:

6.1.1 Número de esta NTP,

6.1.2 tipo o tipos de cementos requeridos,

6.1.2.1 porcentaje admisible de escoria o puzolana, máximo o mínimo, o ambos, si se requiere.

6.1.3 si se requiere propiedades especiales opcionales indicar (Véase 5.3):

6.1.3.1 MS si se requiere moderada resistencia a los sulfatos;



- 6.1.3.2 HS si se requiere alta resistencia a los sulfatos;
- 6.1.3.3 MH si se requiere moderado calor de hidratación;
- 6.1.3.4 LH si se requiere bajo calor de hidratación;
- 6.1.3.5 A si se requiere incorporación de aire;
- 6.1.3.6 aditivos acelerantes, si se requiere;
- 6.1.3.7 aditivos retardadores, si se requiere;
- 6.1.3.8 aditivos reductores de agua, si se requiere; y
- 6.1.3.9 aditivos reductores de agua y retardadores, si se requiere
- 6.1.4 Certificado, si se desea (Véase Sección 15).

NOTA 6: Es importante controlar la disponibilidad de distintas opciones. Algunas opciones múltiples son mutuamente incompatibles o imposibles de obtener.

## 7. MATERIALES Y FABRICACIÓN

7.1 **Escoria de alto horno:** Es el producto no metálico, que consiste esencialmente de silicatos y aluminio silicatos de calcio y otras bases, que se obtiene en estado fundido, con impurezas de hierro, en los altos hornos.

7.2 **Escoria granulada de alto horno:** Es el material granular vítreo formado cuando la escoria de alto horno fundida es rápidamente enfriada en agua.

7.3 **Cemento de escoria:** Véase la NTP 334.001.

7.4 **Cemento Portland:** Véase la NTP 334.001. Para los fines de esta NTP, el cemento Portland que cumple los requisitos de la 334.086 o la NTP 334.009 es aplicable. No se prohíbe la utilización de cemento Portland u otros materiales hidráulicos, o ambos, que contengan alta cal libre mientras se cumplan los límites de

ensayo en autoclave para el cemento adicionado.

**7.5 Clinker de cemento Portland:** El clinker de cemento Portland debe ser clinker parcialmente fundido que consiste primordialmente en silicatos de calcio hidráulicos.

**7.6 Puzolana:** Es un material silíceo o silíceo y aluminoso, que por sí mismo puede tener poco o ningún valor cementicio pero que, finamente dividido y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio, a temperaturas comunes, para formar compuestos que poseen propiedades cementicias.

**7.7 Cal hidratada:** La cal hidratada utilizada como parte de un cemento adicionado debe cumplir los requisitos de la NTP 334.144, pero cuando es molida en forma conjunta en el proceso de producción, no debe haber ningún requisito de finura mínima.

**7.8 Aditivo incorporador de aire:** Cuando se especifique cemento con aire incorporado, se debe utilizar un aditivo que cumpla con los requisitos de la norma ASTM C 226.

**7.9 Aditivos de proceso:** Los aditivos de proceso utilizados en la fabricación del cemento, deben demostrar que cumplen con los requisitos de la NTP 334.085 cuando se usen en las cantidades formuladas o mayores, (Véase apartado 15.2).

**7.10 Aditivos funcionales:** Cuando son incorporados en la fabricación del cemento (sólo a opción del comprador) deben demostrar que cumplen con los requisitos de la NTP 334.084 cuando son ensayados con el cemento a utilizar, en las cantidades formuladas o mayores (Véase apartado 15.2).

**7.11 Otros aditivos:** Los cementos cubiertos por esta NTP no deben contener otros aditivos, excepto los señalados anteriormente y agua o sulfato de calcio (Véase definiciones NTP 334.001) o ambos, los cuales pueden ser añadidos en cantidades tales que no se excedan los límites mostrados en la Tabla 1. para sulfato reportado como  $SO_3$  y para pérdida por ignición.



**7.12 Cemento adicionado binario:** Es un cemento hidráulico que consiste en una mezcla íntima y uniforme (Véase Nota 7), producida ya sea por la molienda conjunta de clinker de cemento Portland con una puzolana o una escoria granulada de alto horno, o un cemento de escoria, o, por la mezcla conjunta de cemento Portland con una puzolana o un cemento de escoria, o mediante un proceso combinado de molienda y mezclado. Se deben aplicar los requisitos máximos para los constituyentes indicados en los apartados 7.14 y 7.16.

**7.13 Cemento adicionado ternario:** Es un cemento hidráulico que consiste en una mezcla íntima y uniforme (Véase Nota 7), producida ya sea por la molienda conjunta de clinker de cemento Portland con 1) dos puzolanas diferentes, 2) escoria granulada de alto horno o cemento de escoria y una puzolana; o por el mezclado de cemento Portland con 1) dos puzolanas diferentes o 2) cemento de escoria y una puzolana, o 3) un proceso combinado de molienda y mezclado. Se deben aplicar los requisitos máximos para los constituyentes indicados en los apartados 7.14 y 7.16.

**7.14 Cemento Portland de escoria de alto horno:** Es un cemento hidráulico en el cual el cemento de escoria constituyente está presente hasta el 95% en masa, de la masa total del cemento adicionado. Se permite que un cemento adicionado, binario o ternario, con un contenido de cemento de escoria igual o mayor al 70% en masa, contenga cal hidratada.

NOTA 7: Es difícil obtener una mezcla íntima y uniforme de dos o más tipos de materiales finos. Consecuentemente, el fabricante debe proveer equipo y controles adecuados. Los compradores deberían asegurarse por sí mismos de la idoneidad de la operación de mezclado.

TABLA 1 – Requisitos químicos

REQUISITOS QUÍMICOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPOS DE CEMENTO <sup>A,B</sup>			
		IS(<70) IT(P<S<70)	IS(≥70) IT(S≥70)	IP, I(PM) IT(P>S)	ICo
Oxido de magnesio (MgO), máx. %	334.086	...	...	6,0	6,0
Azufre como trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), máx. <sup>C</sup> %	334.086	3,0	4,0	4,0	4,0
Azufre (S), máx. %	334.086	2,0	2,0	...	....
Residuo insoluble, máx. %	334.086	1,0	1,0	...	....
Pérdida por ignición, máx.%	334.086	3,0	4,0	5,0	...

*A* Los requisitos químicos en esta tabla son aplicables a todos los cementos con aire incorporado equivalentes.

*B* Los requisitos del Tipo IT(P>S) se deben aplicar a los cementos adicionados ternarios con contenidos iguales de puzolana y de cemento de escoria.

*C* Cuando se verifique mediante el método de la NTP 334.075, que el SO<sub>3</sub> óptimo presenta un valor de 0,5% menor que el límite de esta NTP, puede permitirse una cantidad adicional de SO<sub>3</sub> a condición que se haya demostrado mediante el método de ensayo de la NTP 334.078, que el sulfato de calcio en el mortero hidratado a 24 h ± 1/4 h y expresado como SO<sub>3</sub> no exceda de 0,5 g/l. El comprador podrá solicitar al fabricante la información sustentatoria.

**7.15 Cemento Portland de escoria de alto horno con aire incorporado:** Es un cemento Portland de escoria de alto horno, al cual se ha agregado suficiente aditivo incorporador de aire, de modo que el producto resultante cumple con los requisitos de contenido de aire del mortero.

**7.16 Cemento Portland puzolánico:** Es un cemento hidráulico en el cual la puzolana constituyente está presente entre el 20% y 40% en masa, de la masa total del cemento adicionado.

**7.17 Cemento Portland puzolánico modificado:** Es una mezcla íntima y uniforme de cemento Portland y puzolana finamente dividida. El producto se obtiene por la pulverización conjunta de clinker de cemento Portland y puzolana o, por la mezcla conjunta de cemento Portland y puzolana finamente molida o una combinación de molienda y mezclado. En el producto final la puzolana estará presente en no más del 20% en masa, de la masa total del cemento Portland puzolánico.

**7.18 Cemento Portland puzolánico con aire incorporado:** Es un cemento Portland puzolánico al cual se ha agregado suficiente aditivo incorporador de aire de modo que el producto resultante cumple con los requisitos de contenido de aire del mortero.

**7.19 Cemento Portland compuesto Tipo ICo:** Es un cemento Portland obtenido por la pulverización conjunta de clinker Portland, materias calizas y/o inertes hasta un máximo de 30%.



## 8. REQUISITOS QUÍMICOS

8.1 Los cementos definidos en esta NTP deben cumplir los requisitos químicos prescritos en la Tabla 1.

8.2 Si el comprador solicita al fabricante declarar por escrito la composición del cemento adicionado, la composición del cemento comercializado deberá cumplir con lo que figura en la declaración, dentro de las siguientes tolerancias (Véase Nota 8).

REQUISITOS	TOLERANCIA ± %
Dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ )	3
Óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	2
Óxido de calcio ( $\text{CaO}$ )	3

NOTA 8: Esto significa que si la declaración de composición del fabricante dice " $\text{SiO}_2$ : 32 %", el resultado del ensayo debe encontrarse entre 29 y 35 % de  $\text{SiO}_2$ .

## 9. REQUISITOS FÍSICOS

9.1 **Cemento Portland adicionado:** El cemento adicionado del tipo especificado deberá cumplir con los requisitos físicos prescritos en la Tabla 2.

9.2 **Puzolana o escoria:** La puzolana o escoria granulada de alto horno o cemento de escoria que será adicionado con el cemento, deberá ser ensayada en el mismo estado de finura que aquélla a la cual será combinada. La puzolana deberá cumplir con los requisitos de finura y de índice de actividad indicados en la Tabla 3. La escoria que va a ser utilizada para la fabricación de cementos Portland de escoria de alto horno Tipo IS(<25), o cementos adicionados ternarios Tipo IT(S<25), deberá cumplir con el requisito de índice de actividad de la escoria de la Tabla 3. La puzolana o escoria granulada de alto horno, o cemento de escoria que van a molerse conjuntamente con el clinker de cemento Portland, se ensayarán primero para verificar el cumplimiento con los requisitos de la Tabla 3, y serán molidas en el laboratorio hasta conseguir una finura similar a la que tendrá en el cemento adicionado. Es responsabilidad del fabricante

decidir sobre la finura a la cual se van a llevar a cabo los ensayos, y cuando sea solicitado por el comprador, deberá presentar la información en la que se basa esta decisión.

9.3 La puzolana utilizada en la fabricación de cemento Portland puzolánico, Tipo I(PM), Tipo I(PM)-A y cementos adicionados ternarios Tipo IT(P<15) y Tipo IT(P<15)-A, deberá cumplir los requisitos de la Tabla 3, cuando se ensaye para determinar la expansión de morteros de puzolana, según el método descrito en 11.1.13. Si el contenido de álcalis del clinker a utilizar para la producción de los lotes cambia en más del 0,20% del total como  $\text{Na}_2\text{O}$  equivalente, calculado como  $\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$ , respecto al del clinker con el cual se llevaron a cabo los ensayos de aceptación, la puzolana deberá ser reensayada para demostrar que cumple con los requisitos de la Tabla 3.



TABLA 2 - Requisitos Físicos

REQUISITOS FÍSICOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPOS DE CEMENTO <sup>A,B</sup>				
		IS(<70), IP, I(PM) IT(P<S<70) IT(P>S) ICo	IS(<70)(MS) IP(MS) IT(P<S<70)(MS) IT(P>S)(MS)	IS(<70)(HS) IT(P<S<70)(HS) IP(HS) IT(P>S)(HS)	IS(≥70) IT(S≥70)	IP(LH), <sup>C</sup> IT(P>S)(LH) <sup>C</sup>
Finura	334.002/334.045	D	D	D	D	D
Expansión en autoclave, max. %	334.004	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Contracción en autoclave, max. % <sup>E</sup>	334.004	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Tiempo de fraguado, ensayo Vicat. <sup>F</sup>	334.006					
Fraguado, minutos, no menos de		45	45	45	45	45
Fraguado, horas, no más de		7	7	7	7	7
Contenido de aire del mortero, volumen %, max. <sup>A</sup>	334.048	12	12	12	12	12
Resistencia a compresión, min <sup>A</sup> . MPa	334.051					
3 días		13,0	11,0	11,0	...	...
7 días		20,0	18,0	18,0	5,0	11,0
28 días		25,0	25,0	25,0	11,0	21,0
Calor de hidratación, kJ/kg (Cal/g). <sup>G</sup> máx.	334.064					
7 días		290(70)	290(70)	290(70)	...	250(60)
28 días		330(80)	330(80)	330(80)	...	290(70)
Requerimiento de agua, % en peso del cemento. max.	334.051/334.165	...	...	...	...	64
Contracción por secado, % max.	334.067	...	...	...	...	0,15
Expansión del mortero: <sup>H</sup>						
14 días, % max.		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
8 semanas, % max.		0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Resistencia a los sulfatos, max. % <sup>I</sup>						
Expansión a los 180 días, % max.	334.094	(0,10) <sup>J</sup>	0,10	0,05 0,10		(0,10) <sup>J</sup>
Expansión a 1 año						

<sup>A</sup> Los cementos con aire incorporado deben tener un contenido de aire del mortero de  $19\% \pm 3\%$  en volumen y la resistencia a compresión mínima no debe ser menor al 80 % de la del tipo de cemento sin aire incorporado comparable.

<sup>B</sup> Los requisitos del Tipo IT(P>S), incluyendo MS, HS, o LH, según sea apropiado, se deben aplicar a cementos adicionados ternarios con contenidos iguales de puzolana y cemento de escoria.

<sup>C</sup> Aplicable solo cuando no se requieren mayores resistencias a edades tempranas o cuando se requiere bajo calor.

<sup>D</sup> Se deben informar tanto la cantidad retenida por tamizado por vía húmeda del concreto fresco en tamiz 45- $\mu$ m (No. 325) como la superficie específica por el aparato de permeabilidad de aire, en  $m^2/kg$ , en todos los informes de ensayos en fábrica requeridos según 15.4.

<sup>E</sup> Los especímenes deben permanecer firmes y duros y no mostrar señales de distorsión, agrietamiento, rajaduras, picaduras, o desintegración cuando son sometidos al ensayo de expansión en autoclave.

<sup>F</sup> El tiempo de fraguado se refiere al tiempo de fraguado inicial en el método de ensayo NTP 334.006. El tiempo de fraguado de cementos que contienen un aditivo funcional de tipo acelerador o retardador requerido por el usuario, no necesita cumplir con los límites de esta tabla, pero debe ser declarado por el fabricante.

<sup>G</sup> Aplicable sólo cuando se especifique un moderado (MH) o bajo (LH) calor de hidratación, en cuyo caso los requisitos de resistencia deben ser el 80 % de los valores mostrados en la tabla.

<sup>H</sup> El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional a ser aplicado sólo a pedido del comprador y no es requerido a menos que el cemento vaya a ser utilizado con agregado álcali-reactivo.

<sup>I</sup> En el ensayo de cemento HS, no se requiere ensayar a un año cuando el cemento cumple el límite de 180 días. No se debe rechazar un cemento HS que no cumple el límite de 180 días a menos que tampoco cumpla el límite de un año.

<sup>J</sup> Criterio opcional de la resistencia a los sulfatos que se aplica solo si es invocado específicamente

## 10. MUESTREO

10.1 Muestrear el material de acuerdo con los siguientes métodos:

10.1.1 Muestreo de Cementos Adicionados. NTP 334.007.

10.1.1.1 Cuando el comprador solicite que el cemento sea muestreado y ensayado para verificar el cumplimiento con esta NTP, el muestreo y el ensayo deben realizarse acuerdo a la NTP 334.007.



10.1.1.2 La NTP 334.007 no está orientada para control de calidad de fabricación, por tanto no es requerida para el certificado del fabricante.

10.1.2 **Muestreo de la puzolana:** Para lo establecido en la NTP 334.127, se debe tomar una muestra de 2 kg por aproximadamente cada 360 Mg [400 ton] de puzolana.

## 11. MÉTODOS DE ENSAYO

11.1 Se determinan los requisitos aplicables enumerados en esta NTP de acuerdo con los siguientes métodos de ensayo:

11.1.1 **Análisis Químico:** NTP 334.086, con las disposiciones especiales aplicables a ensayos de cemento adicionado.

11.1.2 **Finura por Tamizado:** NTP 334.045.

11.1.3 **Finura utilizando el aparato de permeabilidad (Blaine) al aire:** NTP 334.002.

**TABLA 3 - Requisitos para la puzolana a utilizar en cementos adicionados y para la escoria a utilizar en cemento Portland con escoria de alto horno Tipo IS (< 25) y cemento adicionado ternario Tipo IT(S<25)**

Puzolana y Escoria, según sea aplicable	Método de ensayo aplicable	Requisitos
Finura: Cantidad retenida en tamizado por vía húmeda en tamiz 45 $\mu\text{m}$ (N <sup>o</sup> 325). máx. %	NTP 334.045	20,0
Reactividad alcalina de la puzolana para utilizar en Tipos I(PM) (< 15); IT(P<15) e I(PM) (< 15)-A; seis ensayos de expansión de barra de mortero a 91 días. máx. %	NTP 334.067	0,05

Indice de actividad con cemento Portland, a 28 días. mín. %	Véase Anexo A1	75
---	----------------	----

**11.1.4 Expansión en Autoclave:** NTP 334.004, excepto que, en el caso de cemento Portland con escoria de alto horno IS ( $\geq 70$ ) o cemento adicionado ternario IT( $S \geq 70$ ), los especímenes de ensayo deben permanecer en el gabinete de curado por un período de 48 h antes de medir su longitud, y que el tiempo de mezclado de la pasta de cemento debe ser no menos de 3 minutos ni más de 3,5 minutos.

**11.1.5 Tiempo de fraguado.** Método de Ensayo NTP 334.006.

**11.1.6 Contenido de aire del mortero:** NTP 334.048, utilizando la gravedad específica del cemento, si esta difiere de 3,15 en más de 0,05, en el cálculo del contenido de aire.

**11.1.7 Resistencia a compresión.** NTP 334.051.

**11.1.8 Calor de hidratación:** NTP 334.064.

**11.1.9 Consistencia normal.** Método de Ensayo NTP 334.074, excepto que en el caso de cemento Portland con escoria de alto horno IS ( $\geq 70$ ) o cemento adicionado ternario IT( $S \geq 70$ ), la pasta debe ser mezclada durante no menos de 3 min ni más de 3,5 min.

**11.1.10 Densidad:** NTP 334.005.

**11.1.11 Requerimiento de agua:** La masa de agua de mezclado adicionada a la requerida para la preparación de los seis cubos, debe cumplir con la NTP 334.051, y expresarse como un porcentaje del total del total de los ingredientes cementantes.

**11.1.12 Expansión de mortero de cemento adicionado:** NTP 334.067, utilizando como agregado vidrio pyrex N° 7740 triturado, y gradado de acuerdo a lo prescrito en la Tabla 4.



**TABLA 4 - Requisitos de granulometría de agregados para el ensayo de expansión de mortero**

Tamaño del tamiz		Peso %
Pasa	Retenido	
4,75 mm (N° 4)	2.36 mm ( N° 8)	10
2,36 mm (N° 8)	1,18 mm (N° 16)	25
1,18 mm (N° 16)	600 µm (N° 30)	25
600 µm (N° 30)	300 µm ( N° 50)	25
300 µm (N° 50)	150 µm ( N° 100)	15

**11.1.13 Expansión de mortero de puzolana para uso en cemento Portland puzolánico Tipos I(PM) y I(PM)-A o cemento adicionado ternario Tipos IT(P<15) e IT(P<15)-A:** Utilizando la puzolana y el clinker o el cemento que va a ser usado conjuntamente en la producción del cemento adicionado, se preparan los cementos Portland puzolánicos tipos I(PM) y I(PM)-A o Cemento Adicionado Ternario IT(P<15) e IT(P<15)-A que contengan 2,5, 5, 7,5, 10, 12,5 y 15 % en masa de la puzolana. Estas combinaciones deben ser ensayadas de acuerdo con la NTP 334.067 utilizando una arena no reactiva. La expansión de las barras de mortero debe ser medida a los 91 días, y las seis mezclas deben cumplir los requisitos de expansión de la Tabla 3.

**11.1.14 Contracción por secado:** NTP 334.165. Se preparan tres especímenes utilizando la siguiente dosificación de materiales secos: 1 parte de cemento y 2,75 partes de arena de Ottawa graduada según el Método de Ensayo NTP 334.051. Se utiliza un periodo de curado de 6 días y un periodo de almacenamiento en aire de 28 días. Se informa la contracción lineal durante el almacenamiento en aire, basándose en una medición inicial, luego del periodo de 6 días de curado en agua.

**11.1.15 Índice de actividad con cemento Portland:** De acuerdo con el Anexo A.

**11.1.16 Resistencia a los sulfatos:** NTP 334.094.

## 12. REQUISITOS DE TIEMPOS PARA ENSAYOS

12.1 No deberán exceder los siguientes periodos desde el momento del muestreo hasta completar los ensayos:

Tiempos de ensayo	Plazo de término
Ensayo a 3 días	8 días
Ensayo a 7 días	12 días
Ensayo a 14 días	19 días
Ensayo a 28 días	33 días
Ensayo a 8 semanas	61 días

## 13. INSPECCIÓN

13.1 Se deberá proporcionar al comprador todas las facilidades para realizar la inspección y muestreo del cemento materia del contrato de compra. La inspección y el muestreo del cemento se deben realizar en la fábrica o en el sitio de distribución controlado por el fabricante, o en el lugar que acuerden el comprador y el vendedor.

13.2 El fabricante deberá proveer instalaciones adecuadas para permitir al inspector verificar las masas relativas de los constituyentes utilizados, y la operación de molienda conjunta o combinación utilizada para producir el cemento adicionado. Las instalaciones en planta para molienda conjunta o combinación e inspección deben ser adecuadas para asegurar el cumplimiento con las disposiciones de esta especificación.

## 14. RECEPCIÓN

14.1 El lote de cemento deberá cumplir con los requisitos establecidos en esta NTP y según la NTP 334.007.

14.2 Es opción del comprador realizar un nuevo reensayo al cemento antes de usarse, si éste ha permanecido almacenado a granel por más de seis meses o embolsado en un almacén custodiado por el vendedor, por más de tres meses después de haber



completado todos sus ensayos, debiendo cumplir con los requisitos especificados en esta NTP de acuerdo a los requerimientos de la NTP 334.007.

14.3 En los envases se identificará la masa contenida como peso neto. Se aceptarán individualmente los envases cuya masa tenga una variación del 2% menor a la masa especificada.

14.4 El lote de cemento será admitido, si una muestra de 50 envases, obtenida según la NTP 334.007, tiene una masa promedio igual a la especificada.

## 15. CERTIFICACIÓN

15.1 A solicitud del comprador, el fabricante debe declarar por escrito la fuente, cantidad, y composición de los constituyentes esenciales utilizados en la fabricación del cemento acabado y la composición del cemento adicionado comprado.

15.2 A solicitud del comprador, el fabricante debe declarar por escrito la naturaleza, cantidad, e identificación de cualquier aditivo de proceso, funcional, o incorporador de aire utilizado; y también, si se requiere, debe suministrar los datos de ensayo mostrando el cumplimiento de cualquiera de tales aditivos de proceso con las disposiciones de la NTP 334.085 y de cualquiera de los aditivos funcionales con las disposiciones de la NTP 334.084 y de cualquiera de los aditivos incorporadores de aire con las disposiciones de la Especificación ASTM C 226.

15.3 A pedido del comprador, el fabricante debe también declarar por escrito que la cantidad de puzolana o escoria en el cemento acabado no variará más de  $\pm 5,0\%$  en masa del cemento acabado de un lote a otro lote o dentro de un lote.

15.4 A pedido del comprador en el contrato u orden de compra, se debe proveer una certificación del fabricante indicando que el material ha sido ensayado durante la producción o transferencia de acuerdo con esta especificación y que cumple con esta especificación, y se debe suministrar un informe de los resultados de ensayo al momento del embarque (incluyendo tanto la cantidad retenida en el tamiz  $45\ \mu\text{m}$  (Nº 325) como la superficie específica por el método de permeabilidad de aire).

## 16. ENVASE Y ROTULADO

16.1 El cemento será recibido en el envase original de fábrica, sea en bolsas o a granel.

16.2 Cuando el cemento sea embolsado, deberá tener un contenido neto de 42,5 kg.

16.3 La bolsa que sirve de envase deberá incluir en el rotulo:

16.3.1 La palabra cemento Portland y el tipo correspondiente.

16.3.2 Nombre o símbolo del fabricante.

16.3.3 El contenido neto del cemento, en kg.

16.3.4 De ser el caso, el tipo de aditivo funcional

Similar información debe ser provista en los documentos de carga que acompañan el cargamento de cemento envasado o a granel. Todos los envases deben estar en buenas condiciones al momento de la inspección.

## 17. ALMACENAMIENTO

17.1 El cemento deberá ser almacenado de forma tal que permita un fácil acceso para la inspección e identificación de cada cargamento, y en una edificación, contenedores o empaques adecuados que protejan al cemento de la humedad y minimice el fraguado en almacenamiento.



18. ANTECEDENTES

- 18.1 ASTM C 595/C595M - 10 Standard Specification for Blended Hydraulic Cements
- 18.2 NTP 334.090:2007 CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos

## ANEXO A (NORMATIVO)

### A1. ÍNDICE DE ACTIVIDAD CON CEMENTO PORTLAND

#### A1.1 Preparación del espécimen

A1.1.1 Moldear, curar y ensayar los especímenes de una mezcla de control y de una mezcla en ensayo de acuerdo con el método de ensayo NTP 334.051. El cemento Portland utilizado en la mezcla de control deberá cumplir los requisitos de la NTP 334.009, y deberá ser del Tipo I, y si hay disponible, de la marca de cemento a utilizar en el trabajo. Preparar la mezcla para tres cubos como sigue: (Para 6 ó 9 cubos, duplicar o triplicar, respectivamente, las cantidades de los ingredientes secos)

##### A1.1.1.1 Mezcla de control:

250 g de cemento Portland  
687,5 g de arena graduada de Ottawa  
X mL de agua requerida para una fluidez de 100 a 115

##### A1.1.1.2 Mezcla de ensayo de puzolana:

162,5 g de cemento Portland  
g de puzolana:  
 $87,5 \times \text{gravedad específica de la muestra} / \text{gravedad específica del cemento Portland}$   
687,5 g de arena graduada de Ottawa  
Y mL de agua requerida para una fluidez de 100 a 115

##### A1.1.1.3 Mezcla de ensayo de escoria:

75 g de cemento Portland  
g de escoria:  
 $175 \times \text{gravedad específica de la escoria} / \text{gravedad específica del cemento Portland}$   
687,5 g de arena graduada de Ottawa



Z mL de agua requerida para una fluidez de 100 a 115

## A1.2 Almacenamiento de los especímenes

A1.2.1 Luego de moldear, coloque los especímenes y moldes (sobre tres placas base) en el cuarto o gabinete húmedo a  $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$  durante 20 h a 24 h. Mientras esté en el cuarto o gabinete húmedo, proteja la superficie del goteo de agua. Retire los moldes del cuarto o gabinete húmedo y saque los cubos de los moldes. Coloque los cubos en contenedores metálicos o de vidrio con cierre ajustado (Nota A1.1), selle los contenedores herméticos al aire, y almacene a  $38,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$  durante 27 días. Deje que los especímenes se enfríen a  $23\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$  antes de ensayar.

NOTA A1.1: Utilizar cualquier contenedor metálico que tenga capacidad para los tres cubos y que pueda ser sellado herméticamente. Se ha encontrado que los contenedores de lámina metálica con estañado liviano con dimensiones internas de 52 por 52 por 160 mm son satisfactorios. Los recipientes Mason de boca ancha de 1 L de capacidad son satisfactorios, siempre que se tenga cuidado en prevenir la rotura de los mismos.

(**Advertencia:** Las mezclas cementosas hidráulicas frescas son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas a la piel y los tejidos bajo una exposición prolongada.)

## A1.3 Ensayo de resistencia a compresión

A1.3.1 Determinar la resistencia a compresión de los tres especímenes de la mezcla de control y de la mezcla de ensayo a una edad de 28 días de acuerdo con la NTP 334.051.

## A1.4 Cálculos

A1.4.1 Calcular el índice de actividad con cemento Portland como se indica a continuación:

$$\text{Índice de actividad con cemento Portland} = (A/B) \times 100 \quad (A1.1)$$

Donde:

- A* = Resistencia a compresión media de los cubos de mezcla de ensayo, MPa. y  
*B* = Resistencia a compresión media de los cubos de mezcla de control, MPa.

#### A1.5 Precisión y sesgo

A1.5.1 **Precisión:** La precisión de un único operador, sobre cementos adicionados utilizando ceniza volante es esencialmente la misma que sobre combinaciones de ceniza volante/cemento en investigaciones realizadas y se ha encontrado que tiene un coeficiente de variación de 3,8 % (1s %). Esto indica que no se espera que los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador difieran en más de 10,7 % (d2s) de la media de los dos resultados. Como el ensayo es realizado únicamente con el propósito de la certificación del fabricante de la calidad de la materia prima, no es aplicable la precisión entre diferentes laboratorios.

A1.5.2 **Sesgo:** Como no existen materiales normalizados de referencia, el sesgo no puede ser determinado.





AREQUIPA-PERU

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

**CONSTANCIA**

La que suscribe, **Ing. Milagros Guillén Málaga**, Coordinadora del Laboratorio de Suelos y Concreto del Programa Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa,

**HACE CONSTAR**

Que los señores Bachilleres en Ingeniería Civil:

**PAULA GONZALES DELGADO**

**ISAAC MENDOZA RODRIGUEZ**

Código N° 1999221192

Código N° 2002601241

Han realizado los ensayos de Laboratorio de Concreto y Materiales de Construcción para complementar su trabajo de tesis para optar el título de Ingeniero Civil cuyo Título es: **“EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO CON EL USO DE LAS CENIZAS VOLANTES COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”**.

Los ensayos efectuados por los señores tesisistas fueron los siguientes:

- 02 Análisis Granulométrico por Tamizado de agregados.
- 02 Ensayos de Peso Unitario suelto
- 02 Ensayos de Peso Unitario suelto
- 02 Contenido de Humedad de agregados
- 02 Ensayo de Gravedad específica
- 01 Ensayo de desgaste por Abrasión-Maquina de los ángeles.
- 506 Elaboración y ensayos de resistencia a la compresión. Probetas de concreto, incluido Slump, temperatura y olla Washington.

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Concreto, han sido realizados entre el 11/11/2015 y el 12/01/2016.

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que estimen conveniente.

Arequipa, 20 de Abril del 2016

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

ING. MILAGROS GUILLÉN MALAGA  
COORDINADORA LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

Arequipa, 29 de Abril del 2016

## CONSTANCIA

Por intermedio de la presente se deja constancia que la señorita **Paula González Delgado** con DNI 40701090, y el señor **Isaac Mendoza Rodriguez** con DNI 4159652, bachiller de la Universidad Católica Santa María han realizado sus ensayos de laboratorio en nuestras instalaciones para la elaboración de la tesis; **"Evaluación de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"**. Con el uso de cenizas volantes como la sustitución parcial del cemento en la ciudad de Arequipa.

Se emite el presente documento a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Atentamente

