

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**“INFLUENCIA DE LA CENIZA DE HOJA DE MAÍZ, CÁSCARA DE CEBADA Y
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (MATERIALES PUZOLÁNICOS
ARTIFICIALES), COMO SUSTITUTOS PARCIALES DEL CEMENTO EN LA
RESISTENCIA DEL CONCRETO PARA DISEÑOS: $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$,
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ EN LA CIUDAD DE
AREQUIPA”**

Tesis presentada por las Bachilleres:

Apaza Lazo, Elizabeth Verónica

Salcedo Tejeda, Joselynn Lisset

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil.

Asesor: Ing. Ugarte Calderón, Enrique Alfonso

AREQUIPA – PERÚ

2019

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

"INFLUENCIA DE LA CENIZA DE HOJA DE MAÍZ, CASCARA DE CEBADA Y
BAGAJO DE CAÑA DE AZÚCAR (MATERIALES PUZOLANICOS ARTIFICIALES),
COMO SUSTITUTOS PARCIALES DEL CEMENTO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PARA
DISEÑOS: $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ Y $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):

APAZA LAZO, ELIZABETH VERÓNICA

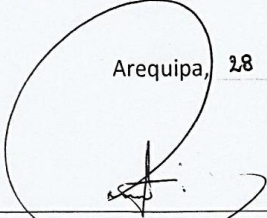
SALCEDO TEJEDA, JOSÉ LYNN LISSET

Nuestro DICTAMEN es:

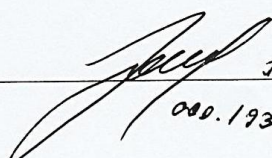
APROBADO

OBSERVACIONES:

Arequipa, 28 de Diciembre del 2018


COD 1949


COD 2778


COD. 1938

ACTO QUE DEDICO A

Dios, nuestro padre

Por haberme dado el don de la vida

Mis padres

Juan y Emilia por brindarme un hogar lleno de amor y valores, por haberme dado la mejor educación. Este triunfo se los debo a ellos.

Mis hermanos

Mónica y Juan Jesús por brindarme su amor incondicional, por apoyarme en mis decisiones y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Mi abuelita

Jesús por brindarme su amor incondicional, por apoyarme en el desarrollo de mi carrera profesional.

Bach. Joselynn Lisset Salcedo Tejeda

ACTO QUE DEDICO A

Dios, nuestro Señor

Por protegerme y amarme por sobre todas las cosas

Mis padres

José Alberto y Yolanda, que con su amor infinito supieron guiarme en cada momento de mi vida y son ejemplo de fortaleza, perseverancia y amor incondicional.

Mis hermanas

Laura y Pamela que son mi motor para nunca rendirme, son mis amigas, confidentes y consejeras incondicionales.

Mis tíos

Fabián y Alodia, quienes han sido padres, guías y amigos para mí y me llevaron a conocer este gran mundo de la Construcción.

Bach. Elizabeth Verónica Apaza Lazo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la sabiduría y el amor que me brinda siempre.

A mis padres Emilia y Juan, por sus consejos que me brindan y por confiar en mí. Todos mis logros son para ustedes.

A mis hermanos Mónica y Juan Jesús, por brindarme su apoyo incondicional, por llenar de alegría mis días.

A mi abuelita Jesús por apoyarme siempre en cada paso que doy y guiarme por el mejor camino.

A mi asesor de tesis Ing. Alfonso Ugarte, por el apoyo y el tiempo dedicado a que esta investigación se realice.

A mis amigos Sthiward, Diego y Elizabeth, por su apoyo importante en la presente investigación, por brindarme su cariño y comprensión.

A Bolton, Jesús y Marco, por brindarme su amistad incondicional y ser unas excelentes personas.

A mis docentes por impartirme conocimientos de calidad, ser su alumna fue un honor.

Al Ing. Yuri Romero y señor Ricardo Torres, trabajadores de los laboratorios de suelos y concretos de la UCSM, por su amistad y apoyo en la presente investigación.

A la Universidad Católica de Santa María y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por darme la oportunidad de formarme como un profesional competente.

¡Muchas Gracias!

Bach. Joselynn Lisset Salcedo Tejeda

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, nuestro Señor por la vida, la salud y por hacer de mí una persona afortunada.

A mis padres, José Alberto y Yolanda quienes son muestra de constancia y que con sus sabios consejos pudieron guiarme por el mejor camino.

A mis hermanas, Laura y Pamela que me apoyan siempre y no me juzgan sino por el contrario me aman por sobre todas las cosas.

A mis tíos, Fabián y Alodia, quienes me apoyaron durante el transcurso de mi carrera y de quienes he aprendido mucho.

A mi familia, primos, tíos, abuelos quienes siempre tuvieron una palabra de aliento y que de alguna forma me ayudaron a ser la persona que soy

A mi asesor de tesis el Ing. Enrique A. Ugarte C. quien con sus consejos nos apoyó para lograr culminar la presente investigación.

A mis amigos Sthiward y Joselynn quienes me apoyaron durante el desarrollo de la presente y de los cuales siempre obtuve la mayor comprensión.

A mis compañeros de trabajo que me apoyaron en parte de la preparación de mis materiales para realizar mis ensayos.

A los ingenieros que nos dieron educación de primera y nos impartieron sus conocimientos haciendo de nosotros profesionales capaces de afrontar cualquier desafío.

A Malú, Santiago y Olenka quienes más que amigos se convirtieron en hermanos para mí.

A la gente que conocí dentro de la universidad, Bolton, Richard, entre otros que son grandes personas con un corazón inmenso de los cuales aprendí mucho.

A la Universidad Católica de Santa María, mi Alma Mater, lugar donde aprendí y me formé profesionalmente con los mejores maestros.

A muchas otras personas que en algún momento durante el transcurso de la realización de este trabajo aportaron en algo no solo con sus consejos sino también colaborando en el proceso.

Bach. Elizabeth Verónica Apaza Lazo

INTRODUCCIÓN

El cemento es un material que ha sido utilizado durante varias décadas para la construcción de diferentes estructuras de concreto armado y otros, como puentes, edificios, veredas, etc. Sin embargo su proceso de fabricación implica un alto consumo de recursos naturales y una gran cantidad de emisiones de CO₂, es por ese motivo que en este trabajo se busca reemplazar el uso del cemento sustituyéndolo en diferentes porcentajes por tres tipos de puzolanas artificiales los cuales han logrado mejorar la resistencia del concreto.

Las puzolanas artificiales resultan ser sustitutos ecológicos y económicos del cemento, que según estudios realizados al mezclarse con el agua reaccionan químicamente logrando obtener propiedades cementantes gracias a su alto contenido de sílice y alúmina.

En el presente trabajo se hizo uso de las cenizas de cáscara de cebada, hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar los cuales son productos agrícolas de la Región Arequipa y fueron traídas de Cerro Colorado (Arequipa), Pedregal (Majes) y Chucarapi (Islay) respectivamente, para su estudio correspondiente. Estos productos agroindustriales generan residuos como es el caso de la cebada, con la cáscara; en el maíz, la hoja y en la caña, el bagazo.

El uso de los residuos es limitado según la zona a la que pertenecen por ejemplo la cáscara de cebada en Arequipa es utilizado para hacer morón y el resto desechado, la hoja de maíz en Pedregal es utilizado como alimento del ganado, sin embargo en Camaná lo desechan por no tener ningún otro uso en particular y el bagazo es utilizado como material para los calderos donde se produce el azúcar obteniendo la ceniza que será utilizada en los campos de cultivo como abono.

Por tal motivo es que se hizo un breve análisis de los costos que se generarían en el proceso de obtención de los recursos y transformarlos a cenizas, al igual que el costo por m³ del concreto sustituyendo el cemento por estos productos en diferentes porcentajes; logrando comprobar que al igual que la resistencia resultan viables económicamente.

RESUMEN

El presente trabajo lleva como título “INFLUENCIA DE LA CENIZA DE HOJA DE MAÍZ, CÁSCARA DE CEBADA Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (MATERIALES PUZOLÁNICOS ARTIFICIALES), COMO SUSTITUTOS PARCIALES DEL CEMENTO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PARA DISEÑOS: $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”, la investigación tiene como objetivo determinar si resulta conveniente la sustitución parcial del cemento portland tipo IP por puzolana artificial y aplicarlos a las diferentes resistencias.

En primer lugar se realizó la calcinación supervisada, con la finalidad de obtener las cenizas, del bagazo de caña de azúcar, la cáscara de cebada y de la hoja de maíz, para luego realizar la molienda de dicho producto con la ayuda de un molino casero, y después ser tamizado por la malla Nro.50. Con este procedimiento transformamos las cenizas en material puzolánico artificial y podremos evaluar su comportamiento en la resistencia a la compresión; para lo cual, se elaboró y curó probetas patrón y probetas en donde se sustituyó el cemento portland tipo IP por puzolana artificial en los porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% utilizando el método de diseño de mezclas desarrollado por el comité 211 del American Concrete Institute y el método del Módulo de Fineza de la combinación de los agregados, para así determinar el diseño con el mejor comportamiento ante los esfuerzos.

Finalmente se procedió a realizar el análisis de costos unitarios de cada diseño y de cada puzolana artificial y determinar quien obtuvo un costo óptimo.

Los resultados del presente trabajo indican que sí es posible el uso de cenizas de bagazo de caña de azúcar, cáscara de cebada y de hoja de maíz con las características físicas mostradas, como sustituto parcial del cemento Portland tipo IP en mezclas de concreto para diseños de 175 kgf/cm^2 , 210 kgf/cm^2 , 280 kgf/cm^2 y 350 kgf/cm^2 para uso estructural en la Ciudad de Arequipa.

Palabras Claves: puzolana, concreto, ceniza

ABSTRACT

The present work is titled “INFLUENCE OF THE MAIZE LEAF ASH, BARLEY SHELL AND SUGAR CANE BAGASSE (PUZOLANIC ARTIFICIAL SUBSTITUTES), AS PARTIAL SUBSTITUTES OF THE CEMENT IN THE RESISTANCE OF THE CONCRETE FOR DESIGNS: $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ and $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ IN THE CITY OF AREQUIPA”, the research aims to determine if it is convenient to partially replace the cement portland type IP for artificial pozzolana and apply them to the different resistances.

In the first place the supervised calcination was carried out, with the purpose of obtaining the ashes, of the bagasse of sugarcane, the husk of barley and of the corn leaf, to later realize the milling of said product with the help of a homemade mill, and then be sifted through the mesh No. 50. With this procedure we transform the ashes into artificial pozzolanic material and we can evaluate its behavior in the resistance to compression; for which, standard test tubes and specimens were elaborated and cured where IP portland cement was replaced by artificial pozzolan in the percentages of 5%, 10%, 15% and 20% using the mixture design method developed by the committee 211 of the American Concrete Institute and the method of the Fineness Module of the combination of the aggregates, in order to determine the design with the best behavior before the efforts.

Finally, the analysis of the unit costs of each design and each artificial pozzolan was carried out to determine who obtained the optimum cost.

The results of the present work indicate that it is possible to use bagasse ash from sugar cane, barley husk and corn husk with the physical characteristics shown, as a partial substitute of Portland type IP concrete in concrete mixtures for industrial designs. 175 kgf/cm^2 , 210 kgf/cm^2 , 280 kgf/cm^2 and 350 kgf/cm^2 for structural use in the City of Arequipa.

Key words: pozzolan, concrete, ash

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Formulación del problema	1
1.1.2. Desarrollo de la problemática	1
1.2. Objetivo de la investigación.	1
1.2.1. Objetivo general.....	1
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Hipótesis.....	2
CAPÍTULO 2 MARCO TEORICO.....	3
2.1. Bases teóricas.	3
2.1.1. Cemento Portland	3
2.1.2. Puzolanas	6
2.1.3. Residuos Agroindustriales	9
2.1.4. Ceniza de la hoja de maíz (CHM).....	9
2.1.5. Ceniza de la cáscara de cebada (CCC)	16
2.1.6. Ceniza del bagazo de la caña de azúcar (CBCA)	21
2.1.7. Propiedades químicas de la CBCA, CHM y CCC	25
2.1.8. Propiedades del concreto fresco.....	28
2.1.9. Propiedades del concreto endurecido.....	30
CAPÍTULO 3 MATERIAL Y MÉTODOS.....	31
3.1. Tipo de diseño de investigación.	31
3.2. Material.....	31
3.2.1. Unidad de estudio	31
3.2.2. Población y muestra.....	31
3.3. Métodos.	33
3.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos.....	33
3.3.2. Procedimientos.....	33
CAPÍTULO 4 DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO CON CENIZA DE HOJA DE MAÍZ (CHM), CÁSCARA DE CEBADA (CCC) Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBC)	36
4.1. Estudio de los materiales para el diseño de mezcla del CHM, CCC Y CBC.	36
4.1.1. Ceniza de la hoja de maíz (CHM).....	36
4.1.1.1. Análisis granulométrico	36
4.1.1.2. Peso específico y absorción	38

4.1.1.3.	Contenido de humedad	41
4.1.2.	Ceniza de la cáscara de cebada (CCC)	42
4.1.2.1.	Análisis granulométrico	42
4.1.2.2.	Peso específico y absorción	44
4.1.2.3.	Contenido de humedad	47
4.1.3.	Ceniza del bagazo de la caña de azúcar (CBCA).	49
4.1.3.1.	Análisis granulométrico	49
4.1.3.2.	Peso específico y absorción	51
4.1.3.3.	Contenido de humedad	54
4.1.4.	Agregado grueso	56
4.1.4.1.	Análisis granulométrico (NTP 400. 012:2001).....	56
4.1.4.2.	Módulo de fineza (NTP 400.011:2008).....	62
4.1.4.3.	Peso específico y absorción (NTP 400. 021:2002/ASTM C-127).....	63
4.1.4.4.	Contenido de humedad (NTP 339.185:2002/ ASTM C 566:1997)	67
4.1.4.5.	Pesos unitarios seco sueltos y seco compactado (NTP 400.018:2002/ASTM C 29).....	68
4.1.4.6.	Abrasión (NTP 400.019/ASTM C131 – C535)	72
4.1.5.	Agregado fino	76
4.1.5.1.	Análisis granulométrico (NTP 400. 012:2001 / ASTM C-136-96a).	76
4.1.5.2.	Módulo de fineza (NTP 400.011:2008).....	80
4.1.5.3.	Peso específico y absorción (NTP 400.022:2002 /ASTM C128).	81
4.1.5.4.	Contenido de humedad (NTP 339.185:2002/ ASTM C 566:1997)	86
4.1.5.5.	Pesos unitarios seco sueltos y seco compactado (N.T.P.400.017: 1999 / ASTM C 29).	87
4.1.6.	Cemento.....	91
4.1.7.	Agua.....	91
4.1.8.	Aditivos.....	92
4.2.	Descripción del método de diseño de concreto	94
4.2.1.	Método ACI 211.	94
4.2.2.	Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los agregados.....	100
4.3.	Cálculos y diseños para las muestras a analizar.	106
4.3.1.	Diseño de Mezclas Método ACI 211 y Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	106
CAPÍTULO 5	RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL CONCRETO CON CHM, CCC y CBCA	133
5.1.	Ensayos del concreto en estado fresco	133
5.1.1.	Asentamiento del Concreto (Slump) (NTP 339.035/ ASTM C143).....	133
5.1.2.	Peso unitario o peso específico (NTP 220.046/ASTM C138).....	136
5.1.3.	Control de la Temperatura (NTP 339.184/ASTM C1064)	141
5.1.4.	Contenido de Aire (NTP 339.080/ ASTM C-231).....	143
5.2.	Ensayos del concreto en estado endurecido	147
5.2.1.	Resistencia a la Compresión (NTP 339.034/ ASTM C 39-39M-2005e2)	147

5.3.	Análisis de resultados obtenidos mediante los ensayos en concreto fresco y endurecido.....	154
5.3.1.	Comparación General del Asentamiento o Slump del Concreto Fresco.....	154
5.3.2.	Comparación general de la temperatura del concreto fresco	158
5.3.3.	Comparación general del peso unitario del concreto fresco	162
5.3.4.	Comparación general del contenido de aire del concreto en estado fresco.....	166
5.3.5.	Comparación General de la Densidad del Concreto en estado endurecido	170
5.4.	Análisis de resultados de la resistencia a la compresión	171
5.4.1.	Comparación general de la resistencia a la compresión en 7, 14 y 28 días	171
5.4.1.1.	Comparación general a los 7 días de curado.....	171
5.4.1.2.	Comparación general a los 14 días de curado.....	175
5.4.1.3.	Comparación general a los 28 días de curado.....	179
5.4.2.	Comparación Detallada entre materiales Puzolánicos Artificiales a los 7, 14 y 28 días	183
5.4.2.1.	Resistencia a la Compresión de concretos con 5% de materiales puzolánicos para diseños por el Método ACI 211	183
5.4.2.2.	Resistencia a la Compresión de concretos con 10% de materiales puzolánicos para diseños por el Método ACI 211	187
5.4.2.3.	Resistencia a la Compresión de concretos con 15% de materiales puzolánicos para diseños por el Método ACI 211	191
5.4.2.4.	Resistencia a la Compresión de concretos con 20% de materiales puzolánicos para diseños por el Método ACI 211	195
5.4.2.5.	Resistencia a la Compresión de concretos con 5% de materiales puzolánicos para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	199
5.4.2.6.	Resistencia a la Compresión de concretos con 10% de materiales puzolánicos para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	203
5.4.2.7.	Resistencia a la Compresión de concretos con 15% de materiales puzolánicos para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	207
5.4.2.8.	Resistencia a la Compresión de concretos con 20% de materiales puzolánicos para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	211
5.5.	Influencia de los materiales puzolánicos artificiales en las propiedades mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido.	215
CAPÍTULO 6	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS.....	216
6.1.	Análisis de costos de la ceniza de Bagazo de la Caña de Azúcar.....	216
6.1.1.	Resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211	216
6.1.2.	Resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.....	218
6.1.3.	Resistencia a la compresión de 210 kgf/cm^2 por el Método ACI 211	219
6.1.4.	Resistencia a la compresión de 210 kgf/cm^2 por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	221
6.1.5.	Resistencia a la compresión de 280 kgf/cm^2 por el Método ACI 211	223
6.1.6.	Resistencia a la compresión de 280 kgf/cm^2 por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	224
6.1.7.	Resistencia a la compresión de 350 kgf/cm^2 por el Método ACI 211	226

6.1.8.	Resistencia a la compresión de 350 kgf/cm ² por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	228
6.2.	Análisis de costos de la Ceniza de Cáscara de Cebada	229
6.2.1.	Resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211	230
6.2.2.	Resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.....	231
6.2.3.	Resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211	232
6.2.4.	Resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.....	234
6.2.5.	Resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211	235
6.2.6.	Resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.....	236
6.2.7.	Resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211	238
6.2.8.	Resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211	239
6.3.	Análisis de costos de la ceniza de hoja de maíz	240
6.3.1.	Resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211	240
6.3.2.	Resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.....	241
6.3.3.	Resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211	243
6.3.4.	Resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.....	244
6.3.5.	Resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211	245
6.3.6.	Resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.....	246
6.3.7.	Resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211	247
6.3.8.	Resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.....	248
6.4.	Comparación de costos de los diferentes diseños para las Resistencias $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ por los Métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	250
6.4.1.	Comparación de costos de los diseños con el método ACI 211	250
6.4.2.	Comparación de costos de los diseños con el método del Módulo del Fineza de la Combinación de los Agregados	254
CONCLUSIONES		258
RECOMENDACIONES.....		262
BIBLIOGRAFIA		263
INDICE DE TABLAS		265
INDICE DE FIGURAS.....		272
INDICE DE ILUSTRACIONES		273
INDICE DE GRÁFICOS.....		274
ANEXOS		277



CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Formulación del problema

Con nuestra investigación buscamos la respuesta a las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Cómo influye la sustitución del cemento en diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar, hoja de maíz y afrecho de cebada en la resistencia a la compresión del concreto para diseños $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$?
- ✓ ¿Cuál de los tres componentes resulta más beneficioso en el aumento de la resistencia del concreto?

1.1.2. Desarrollo de la problemática

El cemento Portland de la marca Yura, componente principal del concreto, en la actualidad posee un costo elevado con respecto a las marcas de cemento: Wari y Frontera, que se utilizan en la ciudad de Arequipa para las diferentes obras de construcción.

A pesar que las cementeras en el Perú en su proceso de obtención del cemento manejan políticas de mitigación de contaminación, surge la posibilidad de que con la utilización de las puzolanas artificiales (ceniza de hoja de maíz, cáscara de cebada y bagazo de caña de azúcar) como sustitución parcial del cemento para la obtención del concreto, ayuden a mitigar aún más los riesgos de contaminación.

1.2. Objetivo de la investigación.

1.2.1. Objetivo general

- Determinar el grado de influencia en la resistencia del concreto para diseños $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$, sustituyendo el cemento en 5%, 10%, 15% y 20% por ceniza de hoja de maíz, cáscara de cebada y bagazo de caña de azúcar como material puzolánico artificial.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar el diseño de mezcla utilizando el método del ACI 211 para resistencias de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$.
- Realizar el diseño de mezcla utilizando el método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados para resistencias de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$.
- Evaluar las propiedades físicas del concreto en estado fresco (Slump, Temperatura, Peso unitario y Contenido de aire)
- Evaluar la resistencia a la compresión del concreto para diseños $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ para edades de curado de 7, 14 y 28 días.
- Evaluar la resistencia a la compresión del concreto para resistencias $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ con sustitución de 5%, 10%, 15% y 20% de cemento, por ceniza de: bagazo de caña de azúcar, hoja de maíz y cáscara de cebada para edades de curado de 7, 14 y 28 días.
- Comparación de costos entre un concreto convencional y un concreto con la utilización de ceniza de hoja de maíz, cáscara de cebada y bagazo de caña de azúcar.

1.3. Hipótesis.

Con la sustitución parcial del cemento por puzolanas artificiales (ceniza de hoja de maíz, cáscara de cebada y bagazo de caña de azúcar) en cantidades del 5%, 10%, 15% y 20% se obtendrá concretos más económicos en costos y se mejorará su resistencia.

CAPÍTULO 2

MARCO TEORICO

2.1. Bases teóricas.

2.1.1. Cemento Portland

El cemento Portland (denominado así por la semejanza con las rocas que se encuentran en la isla de Portland), es un material inorgánico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada hormigón, la cual conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua. Suele poseer un color gris pizarra intenso o bien un color marfil pálido (en cuyo caso se hace llamar cemento blanco). (IECA, 2018)

Se obtiene por calentamiento incipiente (aproximadamente 1300°C) de una mezcla de minerales finamente molidos, formados por piedra caliza y arcilla, efectuados en hornos giratorios levemente inclinados de 3 m de diámetro y 100 m de largo. El Material obtenido denominado “Clinker” se muele finamente adicionándole un 2% a 3% de yeso para evitar que fragüe instantáneamente. (CETESA, 2018)

Hay dos tipos de cementos dependiendo de su origen: arcilloso, logrado a partir de arcilla y piedra caliza; y puzolánico, que contiene puzolana, un material alúmino-silíceo. La mencionada puzolana puede provenir de volcanes o de un origen orgánico. (Gomá, 1979).

a) Composición Química

Se encuentra compuesta por varios elementos como son:

- Óxido de calcio (CaO) aportado por la cal.
- Dióxido de silicio (SiO_2), el cual se encuentra en la arcilla junto con el óxido de aluminio (Al_2O_3) y el óxido de hierro (Fe_2O_3),
- Yeso, el cual contiene trióxido de azufre (SO_3).

Según información proporcionada por Cemento Tequendama, 2017: “Durante la fabricación del clínker, se produce el 95% de los componentes principales de dicho material, llamados minerales por las impurezas de las materias primas. Al silicato tricálcico se le conoce como Alita (C_3S), al silicato dicálcico se le denomina Belita (C_2S), el ferrito aluminato tetracálcico (C_4AF) es la Ferrita y Celita al aluminato tricálcico (C_3A)”.

El motivo de añadir yeso al cemento es para retardar (controlar) el fraguado, ya que si solo se muele el clínker, al mezclarlo con el agua fraguaría casi inmediatamente, y no permitiría ni su manipulación ni su instalación. La retardación de la hidratación inicial del cemento depende de la presencia de los iones SO_4 . (Cementos Tequendama, 2017).

b) Tipos de cemento

Según Pasquel, (1992) tenemos los siguientes tipos:

- **TIPO I:** Es el más utilizado en las obras de concreto, y en las que no especifica el tipo de cemento como por ejemplo: Edificios, estructuras industriales, conjuntos habitacionales, etc. Es el que libera mayor calor de hidratación.
- **TIPO II:** Destinado a obras de concreto en general con menor calor de hidratación y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos como por ejemplo: Puentes, tuberías de concreto.
- **TIPO III:** Alta resistencia inicial, como cuando se necesita que la estructura de concreto reciba carga lo antes posible o cuando es necesario desencofrar a los pocos días del vaciado.
- **TIPO IV:** Se requiere bajo calor de hidratación en que no deben producirse dilataciones durante el fraguado (Presas).
- **TIPO V:** Para resistencias sometidas a la acción concentrada de los sulfatos (canales, alcantarillas, obras portuarias).

Algunos cementos adicionados derivados del portland tipo I, nos dice Gomá (1979) son los siguientes:

- **TIPO ICO:** Contiene hasta 30% de filler calizo u otro material.
- **TIPO IMS:** Se emplea donde sean importantes las precauciones contra el ataque moderado por los sulfatos, tales como en estructuras de drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en el agua subterráneo son mayores que lo normal pero no llegan a ser severas.
- **TIPO IHS:** Usado en concretos expuestos a la acción severa de los sulfatos principalmente donde el suelo o el agua subterránea tienen altas concentraciones de sulfato.
- **TIPO GU:** Adecuado para todas las aplicaciones donde las propiedades especiales de los otros tipos de cemento no sean necesarias. Su uso en concreto incluye pavimentos, pisos, edificios en concreto armado, puentes, tubería, entre otros.

c) Hidratación del cemento

Se da cuando el cemento se transforma en un agente aglomerante por los procesos químicos del Clinker con el agua. La masa resultante dependerá de las condiciones de hidratación, (temperatura, humedad) y conformará un sistema dinámico que cambia con el tiempo. Alrededor de un grano de Clinker (aprox. 50 micras) se forma una sustancia gelatinosa, denominada gel inestable, que acaba absorbiendo la totalidad del agua, el cual se encuentra formado por compuestos cristalinos que precisan de agua para desarrollarse que poco a poco va perdiendo para transformarse en un gel estable; el cual en su mayoría es el responsable de las propiedades mecánicas de los cementos. (Bernal, 2012).

Según Bernal este proceso consta de distintas fases:

- La Primera, dada en los primeros minutos cuando se produce una rápida disolución de sulfatos y aluminatos. Se hidrata el C_3S (Alita) y se forma la etringita (compuesto químico); en este proceso las temperaturas aumentan rápidamente y se produce un cambio en la composición de la fase líquida.
- En la segunda fase o periodo de inducción (4 primeras horas del fraguado), se disminuye la concentración de silicatos pero aumenta la de iones Ca hasta alcanzar un nivel de súper-saturación. Se forman los núcleos de CH y

C-S-H los cuales pueden alterar el fraguado y la trabajabilidad, disminuyendo a su vez la temperatura.

- En la tercera fase o etapa de aceleración (3-12h) se produce una rápida reacción química de los silicatos de Ca para formar C-S-H y CH, por lo que disminuye la concentración de calcio. La masa pasa de plástica a rígida subiendo nuevamente la temperatura y la formación de hidratos provoca un descenso de la porosidad.
- En la última fase o etapa de post-aceleración se siguen formando los productos de hidratación CH y C-S-H. La etringita cristaliza en monosulfato y se produce la polimerización de posibles silicatos, la temperatura nuevamente se ralentiza, y se produce un continuo desarrollo de la resistencia.

2.1.2. Pozolanas

La norma NTP 334.090 define como pozolana a cualquier material silíceo o alúmino-silíceo que es capaz de reaccionar con cal en presencia de agua para generar un producto con características cementantes.

La utilización de las pozolanas, como material de construcción, tiene su antecedente más lejano en el Imperio Romano de hace 2000 años, donde se emplearon productos piroclásticos de la actividad volcánica del Vesubio, para construir grandes obras públicas, como el Panteón Romano, el Coliseo y los Sistemas de Acueductos, entre otras. (Chipana, 2014).

a) Tipos de pozolanas

Se puede encontrar en la naturaleza una variedad de materiales rocosos que pueden ser calificados como pozolanas, se considera como material pozolánico algunas rocas de origen volcánico como la piedra pómez, las tobas, las cenizas volcánicas, entre otras, también rocas de origen sedimentario como la calcedonia, el ópalo y algunas arcillas. (Águilar Arboláez & Sosa Griffin, 2005)

Al inicio solo se utilizaban puzolanas de origen natural en la producción industrial de cementos Portland puzolánicos, pero se han realizado investigaciones donde se han utilizado materiales artificiales, comúnmente desechos de producciones industriales y agrícolas, para la obtención de materiales puzolánicos con la posibilidad de utilizarla en la construcción, entre los residuos industriales más utilizadas están las cenizas volantes de la siderúrgica, los escorias de alto horno y la micro sílice, entre las cenizas de desechos agrícolas como la cascarilla de arroz, cascarilla de trigo, la hoja de maíz y el bagazo de caña destacan como fuentes comprobadas de material puzolánico. (Águilar Arboláez & Sosa Griffin, 2005)

- **Puzolanas naturales**

Las puzolanas naturales tienen dos orígenes, uno orgánico y otro mineral; los de origen mineral son producto del cambio del polvo y “cenizas” volcánicas que por una acción atmosférica (meteorización) se transformaron en tobas, como en piedras volcánicas, parcialmente solidificadas. (Salazar, 2002).

Las puzolanas naturales de origen orgánico son rocas sedimentarias ricas en sílice hidratada e integradas en yacimientos que al inicio fueron marítimos, por depósito de caparzones y esqueletos silíceos de animales (infusorios radiolarios) o vegetaciones (planta acuática diatomeas). (Salazar, 2002).

- **Puzolanas artificiales**

Este tipo de puzolana es obtenida debido a un tratamiento térmico adecuado se resalta dos grupos, el primero integrado por componentes nativos silicatados de naturaleza esquistosa y arcillosa. (Salazar, 2002).

Las cenizas de residuos agrícolas (ceniza de cascarilla de arroz, ceniza del bagazo y la paja de la caña de azúcar o de algunos residuos agrícolas), cuando son quemados convenientemente, se obtiene un residuo mineral

rico en sílice y alúmina, cuya estructura depende de la temperatura de combustión. (Snelling, Mertens, & Elsen, 2012)

b) Propiedades de la puzolana

Se prefiere puzolanas con composición química tal que la presencia de los tres principales óxidos (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) sea mayor del 70%. Se trata que la puzolana tenga una estructura amorfa. (ASTM C 618.03)

En el caso de las puzolanas obtenidas como desechos de la agricultura (cenizas de la caña de azúcar, hoja de maíz, arroz entre otras), la forma más viable de mejorar sus propiedades es realizar una quema controlada en incineradores rústicos, donde se controla la temperatura de combustión, y el tiempo de residencia del material.

Si la temperatura de combustión está en el rango entre 400-760 °C, hay garantía de que la sílice se forma en fases amorfas.

(Snelling, Mertens, & Elsen, 2012)

c) Uso de la puzolana

Utilización de las puzolanas en el concreto:

- Por su excelente porosidad, se convierte en un colador natural.
- Fabricación de hormigones de baja densidad.
- Aislante térmico ($0.21 \text{ kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).
- Abrasivo. Usado como ingrediente en algunos detergentes abrasivos.
- Durabilidad en aumento en la impermeabilidad.
- Aumenta la resistencia al ataque de sulfatos y la resistencia mecánica a edades avanzadas.
- Reduce la reacción álcali - agregado, obteniendo un beneficio económico al disminuir el consumo de Cemento Portland para la misma resistencia mecánica, por lo mismo, ahorrando energía y produciendo menores emisiones de CO_2 a la atmósfera.

Por las razones anteriormente mencionadas, es de importancia estudiar estos materiales para contribuir a disminuir los consumos de energía de la industria cementera y producir materiales sustentables. (Snelling, Mertens, & Elsen, 2012)

2.1.3. Residuos Agroindustriales

Los residuos agroindustriales poseen un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos, de los cuales se mencionan 5 categorías: la primera, obtención de bioenergéticas (bioetanol, biodiesel, biogás, biomasa energética), la segunda, en el proceso de compostaje; tercera aprovechamiento en la producción de alimentos para animales, cuarta en la elaboración de otros productos de interés (ladrillos, composites, estibas, entre otros) y finalmente su uso en la recuperación de medios abióticos contaminados (remoción de colorantes, metales pesados e hidrocarburos). (Vargas & Pérez, 2018).

En el presente trabajo se evalúan las potencialidades de uso de la hoja de maíz, cáscara de cebada, bagazo de caña de azúcar, convertidos en cenizas como componente adicional en el concreto, siendo un sustituto parcial del cemento, logrando de esta manera disminuir en un porcentaje el desecho de este material y probando que es un componente que ayuda a alcanzar e incluso superar las resistencias previstas.

2.1.4. Ceniza de la hoja de maíz (CHM)

a) Concreto con la utilización de ceniza de hoja de maíz

En este caso se trata de determinar las potencialidades de la hoja del maíz con este mismo fin, aunque la cantidad de sílice en la ceniza de esta última es muy inferior a la cascarilla de arroz y bagazo de caña (Tabla N° 1).

La hoja del maíz, si bien no ha sido investigada en la ciudad de Arequipa hasta la fecha, sí se conoce que tiene un porcentaje alto de sílice en su ceniza de 62 a 65% (Tabla N° 1), lo cual la hace un buen candidato a ser investigado.

Tabla N° 1: Contenido de ceniza y sílice en residuos agrícolas

Residuos Agrícolas	Contenido de Ceniza (%)	Contenido de Sílice en Ceniza (%)
Cascarilla de arroz	18-25	85-95
Vaina de trigo	8-11	88-91
Paja de arroz	13-15	80-84
Bagazo de caña de azúcar	13-15	70-75
Hoja del maíz	10-13	62-65
Nodo del bambú	1-2	56-58
Tallo y hoja del girasol	10-12	24-26

Fuente: VISVESVARAYA, H.C. Recycling of agricultural wastes with special emphasis on Rice Husk Ash. In Use of vegetable plants and their fibers as building materials, Joint Symposium. (p.E5)

Aunque estos valores no se pueden generalizar, pues corresponden a una investigación con materiales específicos de un lugar y pueden variar para otras zonas, reflejan que la ceniza de hoja de maíz posee un contenido de sílice superior a 60%. Y es precisamente el motivo que nos inspira hacer un trabajo como éste, con el cual se pretende demostrar que la producción de cemento puzolánico es una alternativa real de utilización de un desecho de la producción del maíz, como es su hoja.

b) Hoja de maíz

Según el Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA), su producción en el Perú, periodo 2016-2017 fue de 256.7 miles de hectáreas de maíz y 33.1 miles de hectáreas de maíz- chala, donde el mes de mayor producción fue en Setiembre-2016 con 41.2 miles de hectáreas de maíz y 3.1 miles de hectáreas de maíz-chala. En la región de Arequipa en el mes de Junio del 2017 su producción fue de 3,378 toneladas de diferentes variedades de maíz, y 85,946 toneladas de maíz-chala teniendo mayor producción en las provincias de Caravelí, Castilla y Caylloma según SIEA.

Debido a la gran producción de maíz, obtenemos una considerable cantidad de hoja (chala) dejada por este, la cual se va incrementando gradualmente tanto nacional como departamentalmente.

Si bien la hoja del maíz no siempre se desecha, porque es común que se utilice en otras funciones como la alimentación animal, no es menos cierto que importantes cantidades de hoja se pierden cada año en los campos y que un programa bien dirigido en este sentido puede permitir recuperar parte de este material y utilizarlo en la producción de un generoso sustituto de cemento, con su consiguiente aporte económico y ecológico.

Para esta investigación nuestra hoja de maíz (chala) es proveniente del Pedregal, localidad ubicada en la región de Arequipa, provincia de Caylloma, distrito de Majes, donde la plantación de maíz-chala es la principal actividad productiva de esta localidad.



Ilustración N° 1: Ubicación de la localidad: El Pedregal

Fuente: Google Maps



Figura N° 1: Plantación de Maíz ubicado en la localidad del Pedregal

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 2: Plantación de Maíz ubicado en la localidad de Arequipa

Fuente: Elaboración propia

c) Obtención de la Ceniza de Hoja de maíz

Para transformar la hoja de maíz (chala) en material puzolánico artificial se debe realizar 4 procesos esenciales:

- **Secado de la hoja de maíz**

Las hojas de maíz deben estar lo menos húmedo posible con el fin de lograr una incineración en forma óptima, en la medida en que el material está más seco, más rápido culmina el proceso de incineración, lo cual genera una ceniza con mayor reactividad puzolánica, así que nuestro material fue extendido en un lugar expuesto al sol. Este periodo de secado duró 14 días.

Para este estudio se obtuvo 1,357 kg de hoja de maíz (chala) húmeda que al secar nos dio aproximadamente la mitad de dicho peso.



Figura N° 4: Secado de la hoja de maíz

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 3: Hoja de maíz completamente húmeda

Fuente: Elaboración propia

- **Incineración de la hoja de maíz**

Se debe mantener una temperatura entre 400° y 700°C, para que ocurra la combustión de todo el material, eliminando la mayor cantidad de carbono; como muestra de ello la ceniza debe estar lo más blanca posible, a su vez evitar la cristalización de la sílice presente en la hoja de maíz.

La incineración se realizó en los hornos de la azucarera Chucarapi – Pampa Blanca, ubicado en el Distrito de Cocachacra, Provincia de Islay, en el Departamento de Arequipa.



Figura N° 6: Traslado de la hoja de maíz a Chucarapi-Pampa Blanca para la incineración

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 5: Material (Hoja de Maíz) después de la incineración

Fuente: Elaboración propia

- **Molienda de la ceniza de hoja de maíz**

Nuestra ceniza debe tener una excelente finura, ya que al incrementar la finura aumenta la capacidad de reacción de la sílice. Este procedimiento se realizó con la ayuda de un molino local.



Figura N° 8: Molienda de la hoja de maíz

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 7: Ceniza de la hoja de maíz después de la molienda

Fuente: Elaboración propia

- **Tamizado de la ceniza de hoja de maíz**

Para esta investigación, la ceniza fue tamizada hasta que pase más del 95% por el tamiz Nro.50.



Figura N° 9: Tamizado de la ceniza de hoja de maíz por la malla N° 50

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 10: Ceniza de hoja de maíz

Fuente: Elaboración propia

2.1.5. Ceniza de la cáscara de cebada (CCC)

a) Concreto con la utilización de ceniza de cáscara de cebada

Para utilizar este producto primero se debe realizar la incineración logrando de esta manera ceniza rica en Sílice para posteriormente realizar la mezcla con el cemento, sin embargo es importante mencionar que el contenido de Sílice en los materiales varía dependiendo de las condiciones ambientales, de la variedad de fuente utilizada y de las condiciones de cultivo.

A través de ensayos químicos trataremos de comprobar que la ceniza de cáscara de cebada contiene un alto porcentaje de silicio en forma de dióxido de silicio (SiO_2), y de esa manera considerarlo como un material puzolánico pues según (Álvarez, 2010) “las puzolanas son aquellos materiales de composición rica en SiO_2 , y por ende pueden ser empleados como reemplazo parcial del cemento Portland y algunos como reemplazo total”

Tabla N° 2: Comparación de composiciones químicas de cenizas obtenidas en diferentes estudios

Elemento/compuesto	Paja de cebada	Cascarilla de arroz	Hoja de maíz	Bagazo de caña
SiO ₂	27.5	80.33	47.62	36.52
Al ₂ O ₃	0.18	0	0	0
Fe ₂ O ₃	1.73	0.85	1.58	1.53
CaO	7.61	1.24	5.16	2.69
MgO	2.91	0.43	4.12	4.16
SO ₃	4.9	0.31	0.9	3.35
K ₂ O	30.77	1.87	9.51	22.04
Na ₂ O	0.38	0.33	0.33	0.27

Fuente: Autores basados en (Wang et al., 2014) y (Águila, et al. 2008)

b) Cebada

Según información del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en agosto del 2018, el índice de la producción agropecuaria registró un incremento de 7.51% con relación al mismo mes del 2017, precisó que esa actividad se desarrolló en un entorno favorable con adecuadas condiciones climáticas que permitieron mayores niveles de cosecha en la mayoría de cultivos, dentro de los productos agrícolas que más incidieron al alza se encuentra la cebada con 9.57%.



Figura N° 11: Cultivo de cebada, ubicado en el distrito de Chuquibamba, Provincia de Condesuyo

Fuente: Elaboración propia

c) Obtención de la ceniza de cáscara de cebada

La cáscara de cebada utilizada en la presente investigación fue obtenida de Río Seco en el Distrito de Cerro Colorado, Departamento de Arequipa. En este lugar se comercializa el afrecho de cebada, el cual es resultado de pasar la cebada por una máquina para pilar, para posteriormente ser colocado en sacos de 35 kg y ser comercializado cada uno independientemente.

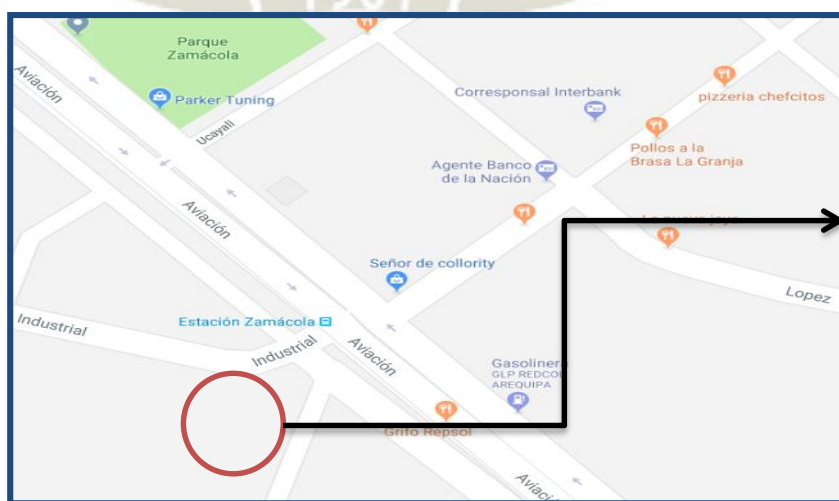


Ilustración N° 2: Ubicación del Molino donde se adquirió la cáscara de cebada

Fuente: Google Maps



Figura N° 12: Molino donde se almacena la cáscara de cebada

Fuente: Elaboración propia

- **Incineración de la cáscara de cebada**

La calcinación del material se realizó a una temperatura que superaba los 600°C para poder eliminar el carbono y poder lograr que la ceniza contenga la mayor cantidad de sílice posible, lo cual se muestra a través del color blanquecino.

Para lograr que nuestros productos sean homogéneos se realizó el proceso en los hornos de la azucarera Chucarapi – Pampa Blanca, ubicado en el Distrito de Cocachacra, Provincia de Islay, en el Departamento de Arequipa.



Figura N° 13: Ceniza de cáscara de cebada

Fuente: Elaboración propia

- **Molienda de la ceniza de la cáscara de cebada**

Se requiere que la ceniza tenga las partículas del tamaño lo más parecido posible al del cemento, es decir que sea lo más fino posible; por tal motivo se hizo uso de un molino local.



Figura N° 14: Molienda de la cáscara de cebada

Fuente: Elaboración propia

- **Tamizado de la ceniza de la cáscara de cebada**

Para realizar nuestra tesis tamizamos la ceniza con una malla Nro.50, logrando que pase más del 90%.



Figura N° 15: Tamizado de la ceniza de cáscara de cebada

Fuente: Elaboración propia

2.1.6. Ceniza del bagazo de la caña de azúcar (CBCA)

a) Concreto con la utilización de ceniza del bagazo de la caña de azúcar

La ceniza de bagazo de caña de azúcar es un subproducto industrial, obtenido del proceso de la elaboración de azúcar y derivados, cuando es incinerado adecuadamente, se obtiene un residuo mineral rico en sílice y alúmina, cuyas propiedades puzolánicas depende principalmente de la temperatura de combustión, que debe oscilar entre 400°C – 700°C.

Hasta la fecha en la ciudad de Arequipa, la ceniza del bagazo de la caña de azúcar no ha sido investigada, pero se ha realizado estudios en países como Brasil, India, Alemania y Venezuela, donde nos muestran resultados significativos al intentar crear un cemento puzolánico para modificar las propiedades del cemento, ya que contiene un porcentaje alto de sílice (SiO_2), de 70 a 75% (Tabla N° 1) siendo

superior a la ceniza de la hoja de maíz, material el cual también será estudiado en la presente investigación.

b) Caña de Azúcar

El Perú es un país productor de caña de azúcar desde el siglo XVI, cuando fue introducida con la llegada de los españoles, en el año 2016 se alcanzó una producción de 9 832 526 toneladas.

Según el DGPA (Dirección General De Políticas Agrarias) y DEEIA (Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria) nos muestra la Tabla N° 3 donde se observa la evolución de la producción de caña de azúcar en el periodo 2010 – 2016, materia prima para la elaboración de azúcar de caña en el Perú.

Tabla N° 3: Perú Producción de caña de azúcar

Años	Producción (tonelada)	Superficie Cosechada (hectárea)
2010	9 660 895	76 983
2011	9 884 936	80 069
2012	10 368 866	81 126
2013	10 992 240	82 205
2014	11 389 617	90 357
2015	10 211 856	84 574
2016	9 832 526	87 696

Fuente: DGESEP-DEA

Algunos de los ingenios azucareros son: Agroindustrias San Jacinto S.A.A., Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A., Complejo Agroindustrial Cartavio S.A.A., Empresa Agroindustrial Laredo S.A.A., Agro Pucala S.A.A., Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., Empresa Agroindustrial Tumán S.A.A., Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A., Agro Industrial Paramonga S.A.A. y Central Azucarera Chucarapi – Pampa Blanca.

c) Obtención de la Ceniza del Bagazo de la Caña de Azúcar

Para esta investigación nuestra ceniza de bagazo es proveniente de Central Azucarera Chucarapi – Pampa Blanca, ubicado en el Distrito de Cocachacra, Provincia de Islay, en el Departamento de Arequipa.

Esta azucarera según su memoria anual del año 2017 tuvo una producción de 52,223.586 toneladas, se cosecharon 569.18 hectáreas alcanzando un rendimiento de 91.75 Tm/Ha. y 80.07 Tm/Ha/Año.

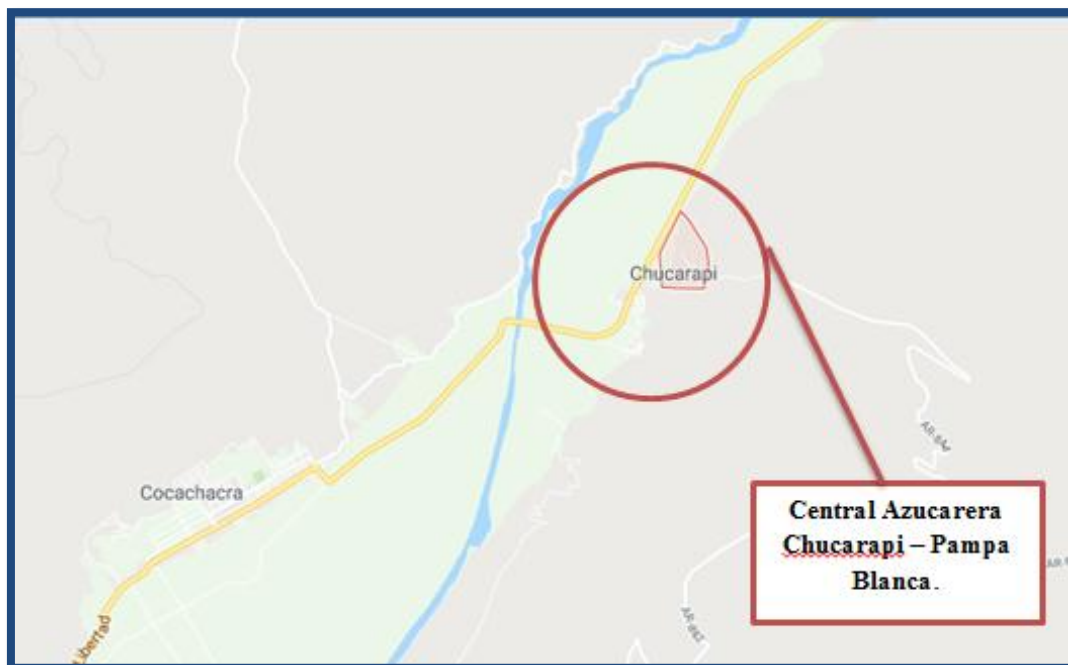


Ilustración N° 3: Ubicación de la central Azucarera Chucarapi-Pampa Blanca

Fuente: Google Maps

El proceso de obtención de la CBCA en la central Azucarera Chucarapi-Pampa Blanca empieza con la extracción del jugo de la caña de azúcar, este procedimiento se realiza generalmente en un molino que se encarga de exprimir los tallos. El residuo sólido fibroso se llama bagazo y es usado como combustible, (El bagazo es quemado en las calderas)

De las calderas se obtiene la ceniza de bagazo de caña de azúcar, como un residuo que es almacenado en pozas, para luego ser transportado en volquetes a los campos de sembrío para ser usado como fertilizante, o en ocasiones son desechados.

La Azucarera Central Azucarera Chucarapi – Pampa Blanca genera anualmente enormes cantidades de residuos (ceniza del bagazo de caña-CBC).

- **Molienda de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar**

Es esencial que nuestra ceniza tenga una excelente finura, ya que al incrementar la finura aumenta la capacidad de reacción de la sílice. Este procedimiento se realizó con la ayuda de un molino local.



Figura N° 16: Molienda de la ceniza de bagazo de la caña de azúcar

Fuente: Elaboración propia

- **Tamizado de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar**

Para esta investigación, la ceniza fue tamizada hasta que pase más del 95% por el tamiz Nro.50.



Figura N° 17: Tamizado del bagazo de caña de azúcar

Fuente: Elaboración propia

2.1.7. Propiedades químicas de la CBCA, CHM y CCC

Según la norma ASTM C618-12, nuestras cenizas son clase N, ya que su proceso de obtención fue mediante la calcinación.

Los análisis de composición química de las cenizas de bagazo de la caña, hoja de maíz y cáscara de cebada, se realizaron en Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L, ubicado en el Parque industrial Rio Seco C-1, Cerro Colorado, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N° 4: Resultados del Análisis Químicos para la CBCA, CHM Y CCC

Ensayos		Bagazo de la caña de azúcar (%)	Hoja de maíz (%)	Cáscara de cebada (%)
*2043	Mn	0.365	0.437	0.4
	Mn ₂ O ₃	0.525	0.628	0.57
*2049	Mg	0.49	2.22	2.69
	MgO	0.81	3.67	4.46
*511	Al	3.303	3.325	0.876
	Al ₂ O ₃	6.240	6.283	1.655
*517	Ca	0.146	2.08	2.56
	CaO	0.204	2.91	3.58
*531	SiO ₂	67.02	31.22	49.62
*545	Fe	1.74	2.55	2.69
	Fe ₂ O ₃	2.48	3.65	3.84
*569	Na	1.26	2.68	3.72
	Na ₂ O	1.70	3.61	5.01
*570	K	9.89	15.92	16.14
	K ₂ O	11.91	19.18	19.45
*582	LOI	2.895	18.255	5.12
*2043 Método de Ensayo para Manganese por Fusión Alcalina-Absorción Atómica *2049 Método de Ensayo para Magnesio por Fusión Alcalina-Absorción Atómica *511 Método de Ensayo para Aluminio por Fusión Alcalina-Absorción Atómica *517 Método de Ensayo para Calcio por Digestión Ácida-Absorción Atómica *531 Método de Ensayo para Sílice por Fusión Alcalina-Absorción Atómica *545 Método de Ensayo para Hierro por Fusión Alcalina-Absorción Atómica *569 Método de Ensayo para Sodio por Digestión -Absorción Atómica *570 Método de Ensayo para Potasio por Digestión -Absorción Atómica *582 Determinación de pérdidas de calcinación por gravimetría (LOI)				

Fuente: Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Indicaciones de la ASTM C-618 y NTP 334.104 para obtener resultados favorables:

- La suma de los porcentajes de Dióxido de silicio (SiO₂) + óxido de aluminio (Al₂O₃) + óxido de hierro (Fe₂O₃) debe ser como mínimo 70%, de la tabla anterior, observamos:

- ✓ Para la Ceniza de bagazo de la caña de azúcar analizada, la suma de estos componentes nos da como resultado 75.74% cumpliendo con lo establecido en dichas normas.
- ✓ Para la ceniza de hoja de maíz analizada, la suma de estos componentes nos da como resultado 41.153% incumpliendo con lo establecido en dichas normas.
- ✓ Para la ceniza de cáscara de cebada analizada la suma de estos componentes nos da como resultado 55.115% incumpliendo con lo establecido en dichas normas.
- El contenido de humedad debe ser como máximo el 3%:
 - ✓ De la Tabla N° 20 el contenido de humedad obtenido de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar analizada es 0.37%, cumpliendo con lo establecido en dichas normas.
 - ✓ De la Tabla N° 10 el contenido de humedad obtenido de la ceniza de hoja de maíz analizada es 0.65%, cumpliendo con lo establecido en dichas normas.
 - ✓ De la Tabla N° 15 el contenido de humedad obtenido de la ceniza de cáscara de cebada analizada es 1.19%, cumpliendo con lo establecido en dichas normas.
- La pérdida por calcinación (LOI) debe ser como máximo 10%, de la tabla anterior observamos:
 - ✓ Para la ceniza de bagazo de la caña de azúcar analizada, su pérdida por calcinación (LOI) es 2.895%, cumpliendo con lo establecido en dichas normas.
 - ✓ Para la ceniza de hoja de maíz analizada, su pérdida por calcinación (LOI) es 18.255%, incumpliendo con lo establecido en dichas normas.
 - ✓ Para la ceniza de cáscara de cebada analizada, su pérdida por calcinación (LOI) es 5.12%, cumpliendo con lo establecido en dichas normas.

2.1.8. Propiedades del concreto fresco

a) Trabajabilidad

Se encuentra definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Por lo general un concreto es trabajable, cuando durante su desplazamiento mantiene una película de mortero de al menos 1/4" sobre el agregado grueso.

(Pasquel, 1992).

En el libro Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Enrique Pasquel (1992) nos dice: “El método tradicional para medir la trabajabilidad ha sido el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, sin embargo debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad, pues se pueden obtener concretos con igual Slump pero trabajabilidades notablemente diferentes”.

Pasquel (1992), menciona que para lograr un dato más aproximado en la trabajabilidad es que se debe analizar lo siguiente:

- **Estabilidad:** Es el desplazamiento del concreto sin ninguna fuerza externa, el cual se cuantifica por medio de la exudación y la segregación.
- **Compactabilidad:** Es la facilidad con la que puede compactarse el concreto fresco.

Tabla N° 5: Trabajabilidad, revenimiento y factor de compactación de concretos con tamaño máximo de agregado de ¾” a 1 ½” (19 mm a 38 mm)

Grado de Trabajabilidad	Revenimiento		Factor de compactación		Uso Adecuado del Concreto
	mm	pulg	Aparato Pequeño	Aparato Grande (*)	(*) El aparato grande no se usa normalmente
Muy Pequeño	0 a 25	0 a 1	0.78	0.80	El concreto podrá compactarse en ciertos casos con máquinas operadas manualmente
Pequeño	25 a 50	1 a 2	0.85	0.87	El concreto podrá compactarse manualmente en pavimentos que empleen agregados de forma redonda o irregular.
Medio	50 a 100	2 a 4	0.92	0.935	Losas planas usando agregados triturados compactadas manualmente.
Alto	100 a 175	4 a 7	0.95	0.96	Para secciones congestionadas de refuerzo. No adecuado para vibrarse.

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Enrique Pasquel Carbajal (1992 – 1993)

- **Movilidad:** Facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de trabajo externo.

b) Segregación

Es causada por la diferencia en las densidades entre los diferentes componentes del concreto, tendiendo a descender las partículas más pesadas. (Pasquel, 1992).

c) Exudación

Referido a cuando el agua de la mezcla se separa del conglomerado y sube hacia la superficie del concreto. (Pasquel, 1992). La prueba estándar para medir la exudación está definida por la norma ASTM C – 232, necesitándose una pipeta.

d) Contracción

Denominado contracción por secado la cual es responsable de la mayor cantidad de problemas de fisuración, puesto que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido, previniéndose reponiendo el agua perdida por secado. (Pasquel, 1992).

2.1.9. Propiedades del concreto endurecido**a) Elasticidad**

Capacidad del concreto a deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. (Pasquel, 1992).

b) Resistencia

Capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de concreto. Un factor indirecto importante en la resistencia, lo constituye el curado, ya que es el complemento del proceso de hidratación, sin él no se llega a desarrollar las características resistentes del concreto. (Pasquel, 1992).

c) Extensibilidad

Capacidad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurra fisuración. (Pasquel, 1992).

CAPÍTULO 3

MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Tipo de diseño de investigación.

El tipo de investigación es: Experimental

3.2. Material.

3.2.1. Unidad de estudio

- ✓ Ceniza del bagazo de la caña de azúcar.
- ✓ Ceniza de cáscara de cebada.
- ✓ Ceniza de la hoja de maíz.

3.2.2. Población y muestra

- ✓ Se obtuvo la ceniza de la hoja de maíz, cuyo producto es proveniente del Pedregal una localidad ubicada en la Región de Arequipa, Provincia de Caylloma, Distrito de Majes.
- ✓ Se obtuvo la ceniza del bagazo de caña de azúcar, cuyo producto es proveniente del Distrito de Cocachacra, ubicado en la Provincia de Islay, en el Departamento de Arequipa.
- ✓ Se obtuvo la ceniza de la cáscara de cebada, cuyo producto es proveniente de Río Seco localidad ubicada en el Distrito de Cerro Colorado, Departamento de Arequipa.
- ✓ Los agregados fueron obtenidos de la cantera la Poderosa ubicada en el Distrito de Uchumayo, Departamento de Arequipa.
- ✓ De acuerdo a la NTP 339.183 (2003) en el ítem 5.5. nos dice: “El número mínimo de especímenes elaborados es de tres (03) especímenes para cada edad”. Para esta investigación se ensayaron un total de 936 probetas las cuales son descritas a continuación:
 - **9 probetas patrón (diseño sin ceniza).** De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días por cada resistencia ($f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$,

$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$), tanto para el Método del Comité 211 del ACI y el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.

- **9 probetas sustituyendo cemento por ceniza (diseño con 5% de ceniza).** De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días por cada resistencia ($f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$), tanto para el Método del Comité 211 del ACI y el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados. Tener en cuenta que la sustitución del cemento es con los 3 tipos de cenizas (CHM, CCC y CBCA).
- **9 probetas sustituyendo cemento por ceniza (diseño con 10% de ceniza).** De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días por cada resistencia ($f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$), tanto para el Método del Comité 211 del ACI y el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados. Tener en cuenta que la sustitución del cemento es con los 3 tipos de cenizas (CHM, CCC y CBCA).
- **9 probetas sustituyendo cemento por ceniza (diseño con 15% de ceniza).** De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días por cada resistencia ($f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$), tanto para el Método del Comité 211 del ACI y el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados. Tener en cuenta que la sustitución del cemento es con los 3 tipos de cenizas (CHM, CCC y CBCA).
- **9 probetas sustituyendo cemento por ceniza (diseño con 20% de ceniza).** De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días por cada resistencia ($f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$), tanto para el Método del Comité 211 del ACI y el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados. Tener en cuenta que la sustitución del cemento es con los 3 tipos de cenizas (CHM, CCC y CBCA).

3.3. Métodos.

3.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

Para poder elaborar nuestro diseño de mezclas base de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ se determinaron primero las características físico-mecánicas de los agregados (fino y grueso) y con ello se procedió a realizar dos diseños uno por el Método ACI 211 y el otro por Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.

Al definir ambos diseños para nuestro concreto base, se procedió a realizar los mismos diseños pero sustituyendo parcialmente el cemento por cenizas de hoja de maíz, cáscara de cebada y bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% con las mismas resistencias establecidas en el diseño patrón de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

La recolección de datos para comparar nuestras resistencias con las diferentes cenizas y porcentajes se realizará con la elaboración de testigos de concreto, los mismos que serán ensayados a compresión a los 7, 14 y 28 días según lo establecido en la norma ASTM C39, para verificar si la sustitución parcial del cemento por las diferentes cenizas en sus diversos porcentajes influyen o no en la resistencia de este concreto. Siendo procesados finalmente en hojas de cálculo establecidas para una correcta toma de datos.

3.3.2. Procedimientos

a) Recolección de datos:

- **Primero:** Los agregados fino y grueso fueron obtenidos de la cantera La Poderosa, la que se encuentra ubicada en el Distrito de Uchumayo, Departamento de Arequipa; y fueron llevados al laboratorio de la Universidad Católica de Santa María para poder determinar sus propiedades Físicas y Mecánicas.
- **Segundo:** Se obtuvo la hoja de maíz del Pedregal, distrito de Majes, Provincia de Caylloma, el bagazo de caña de azúcar del distrito de Cocachacra, Provincia de Islay y la Cáscara de cebada de Rio Seco del

Distrito de Cerro Colorado, todos del Departamento de Arequipa, para posteriormente realizar la calcinación en los hornos de la Azucarera Chucarapi en el Distrito de Cocachacra, Provincia de Islay.

- **Tercero:** Se realizaron los siguientes ensayos a los materiales (fino y grueso):
 - Granulometría del agregado fino y grueso según la norma NTP 400.012/ASTM C-136
 - Contenido de humedad del agregado fino y grueso según la norma NTP 339.185/ASTM C-566
 - Peso unitario del agregado fino y grueso según la norma NTP 400.017/ASTM C-29
 - Peso específico del agregado grueso según la norma NTP 400.021/ASTM C-127.
 - Peso específico del agregado fino según la norma NTP 400.022/ASTM C-128.
 - Finalmente se verificó que los agregados cumplan con la norma NTP 400.037/ASTM C-33 los cuales indican las especificaciones normalizadas para agregados en hormigón.
- **Cuarto:** Luego de obtener las propiedades de los agregados se procedió a realizar el diseño de mezclas patrón (sin sustitución de ceniza) para las resistencias $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ usando el método del ACI 211 y del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.
- **Quinto:** Luego de que hemos obtenido nuestra ceniza en el paso 2, procedemos a la molienda y tamizado por la malla N° 50 para lograr la fineza requerida.
- **Sexto:** Luego de tener la cenizas ya preparadas y tamizadas se realizaron los siguientes ensayos:
 - Granulometría
 - Contenido de humedad
 - Peso específico
 - Absorción

- **Séptimo:** Al tener los resultados se procede a realizar los diseños de Mezclas por el método del ACI 211 y del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados para las mismas resistencias de nuestro diseño patrón pero con la sustitución parcial del cemento en 5%, 10%, 15% y 20% con las diferentes cenizas de hoja de maíz, cáscara de cebada y bagazo de caña de azúcar.
- **Octava:** Luego de tener los diseños listos, se procedió a realizar 9 testigos de concreto según la norma NTP 339.183/ASTM C-192M, por cada diseño y resistencia. Estos fueron desencofrados y curados según norma NTP 339.183/ASTM C-192.
- **Novena:** Los testigos fueron ensayados a compresión a los 7, 14 y 28 días según la norma NTP 339.034/ASTM C-39.

b) Metodología para el análisis de información:

Todos los datos obtenidos en los ensayos fueron analizados en gabinete, siendo ordenados y analizados mediante hojas de cálculo y gráficos comparativos.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO CON CENIZA DE HOJA DE MAÍZ (CHM), CÁSCARA DE CEBADA (CCC) Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBC)

4.1. Estudio de los materiales para el diseño de mezcla del CHM, CCC Y CBC.

4.1.1. Ceniza de la hoja de maíz (CHM)

4.1.1.1. Análisis granulométrico

- Se tomó una muestra de 500 gramos completamente seca
- Se limpió y se verificó el orden de colocación de los tamices según el tamaño de abertura Nro. 60, Nro. 80, Nro. 100 y la Nro. 200.
- Se realizó el tamizado manualmente.
- Pesar el material retenido en cada tamiz y anotar el resultado.



Figura N° 18: Análisis Granulométrico de la CHM

Fuente: Elaboración propia

- Los resultados se muestran en la siguiente Tabla N° 6 los cuales serán utilizados para la elaboración de las probetas de concreto.

Tabla N° 6: Datos del análisis granulométrico de la CHM

Peso Inicial		500.00 g	
Tamices	Peso Retenido (g)	Error (g)	Error (%)
Nro. 60	37.5	4.00	0.80
Nro. 80	131.5		
Nro. 100	161		
Nro. 200	128.50		
Fondo	37.50		
Total	496.00		

Fuente: Elaboración propia

- Se obtuvo un error de 4.00 gramos lo que corresponde a un 0.80 %, se realiza una corrección a dicho resultado obteniendo así los cálculos finales.

Tabla N° 7: Resultados corregidos del análisis granulométrico de la CHM

Tamices	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acu. (%)	Porcentaje Pasante (%)
Nro. 60	38.3	7.66	7.66	92.34
Nro. 80	132.3	26.46	34.12	65.88
Nro. 100	161.8	32.36	66.48	33.52
Nro. 200	129.3	25.86	92.34	7.66
Fondo	38.3	7.66	100.00	0.00
Total	500	100.000		

Fuente: Elaboración propia

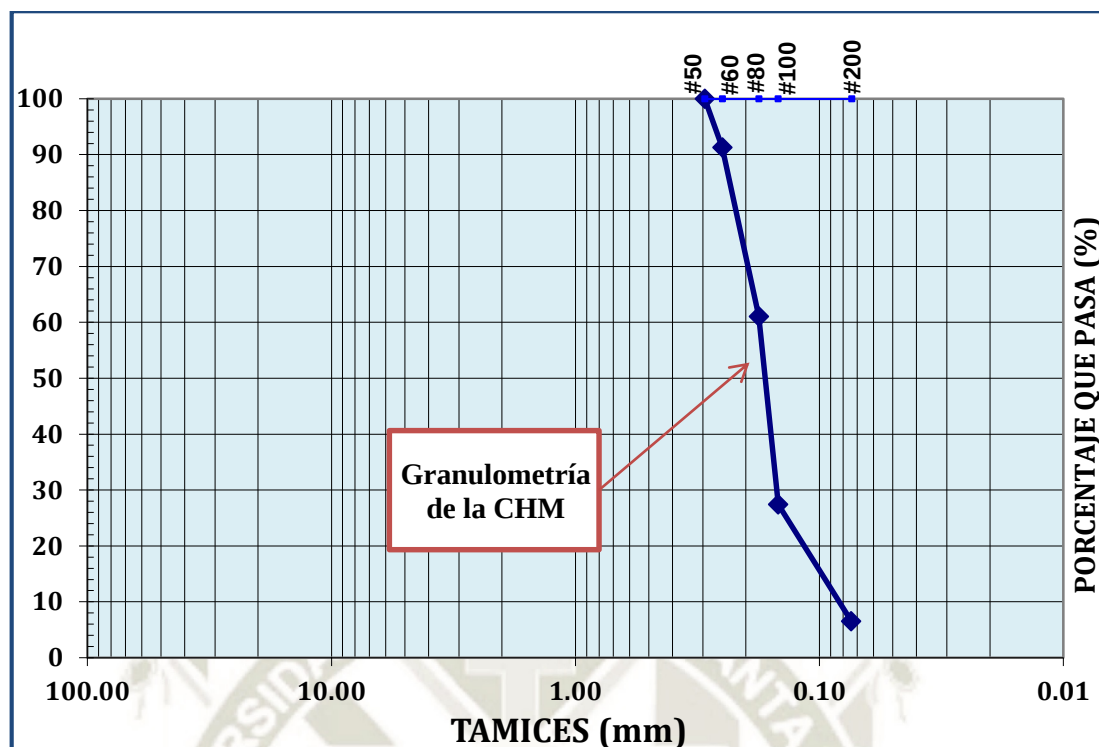


Figura N° 19: Curva granulométrica de la ceniza de hoja de maíz

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.2. Peso específico y absorción

- Se saturó por 24 horas, 300 gramos de muestra.
- Esparcimos sobre una bandeja, con la ayuda de la estufa obtenemos la muestra en condición superficialmente seca (SSS).



Figura N° 20: Secado de la muestra de CHM con la estufa

Fuente: Elaboración propia

- Para verificar que la muestra esté en condición superficialmente seca (SSS), se echa el material al cono, con la barra compactadora damos 25 golpes según la norma NTP 400.022 desde una altura pequeña, al levantar el cono si observamos que la muestra se desmorona parcialmente significa que la muestra está superficialmente seca (SSS).



Figura N° 21: Comprobación si la muestra de CHM se encuentra en condiciones (SSS)

Fuente: Elaboración propia

- Se tomó 200 gramos de muestra en condición superficialmente seca (SSS) e introducimos la muestra en la fiola (pesar la fiola antes de echar la muestra).
- Luego llenamos con agua hasta un nivel que nos permita agitar la fiola sin rociar el agua, este procedimiento se realiza por 15 a 20 minutos con la finalidad de eliminar las burbujas.
- Después de agitar la fiola por 15 a 20 minutos llenamos en su totalidad la probeta con agua y lo pesamos.
- Retiramos la muestra de la fiola y lo llevamos al horno por 24 horas.
- Una vez transcurrida las 24 horas, retiramos la muestra, dejamos que enfríe y tomamos nota del peso.
- Los datos se muestran en la Tabla N° 8, los cuáles serán utilizados para la elaboración de las probetas de concreto.

Tabla N° 8: Datos para obtener el peso específico y absorción de la CHM

Nomenclatura	Denominación	Muestra 1
A	Peso de la Muestra Seca (g)	190.00
B	Peso de la Muestra en la condición de SSS (g)	200.00
C	Peso de la Fiola (g)	160.00
D	Peso de la fiola + muestra + Agua Añadida (g)	730.00
V	Capacidad de la Fiola (cm ³)	500.00
W	Agua Añadida a la Fiola (cm ³)	370.00

Fuente: Elaboración propia

- Los resultados para obtener los pesos específicos de la CHM se muestran en la Tabla N° 9

Tabla N° 9: Resultados de los pesos específicos de la CHM

Resultados	Fórmula	Muestra 1
Peso Específico Corriente (g/cm ³)	$\frac{A}{(V - W)}$	1.46
Peso Específico Aparente (g/cm ³)	$\frac{A}{(V - W) - (B - A)}$	1.58
Peso Específico en condición de SSS (g/cm ³)	$\frac{B}{(V - W)}$	1.54

Fuente: Elaboración propia

- Absorción de la CHM.

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

$$\text{Absorción} = 5.26\%$$

4.1.1.3. Contenido de humedad

- Tomamos 3 muestras de CHM y anotamos sus pesos.
- Secar las muestras en el horno por 24 horas.
- Retiramos las muestras, dejar que enfríen y pesarlas.



Figura N° 22: Peso de la muestra seca de CHM

Fuente: Elaboración propia

- Con la siguiente ecuación obtenemos el porcentaje de contenido de humedad de la ceniza de hoja de maíz:

$$\text{Contenido de humedad(\%)} = \frac{\text{Peso húmedo(g)} - \text{Peso seco(g)}}{\text{Peso seco(g)}}$$

- En la Tabla N° 10 se muestra los resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad:

Tabla N° 10: Contenido de humedad de la CHM

Muestra	Peso Muestra húmeda (g)	Peso de la bandeja (g)	Peso muestra seca + bandeja (g)	Peso muestra seca (g)	Humedad (%)
1	61.07	121.01	181.68	60.67	0.66
2	60.62	120.39	180.63	60.24	0.63
3	61.00	121.00	181.60	60.60	0.66
Promedio					0.65

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Ceniza de la cáscara de cebada (CCC)

4.1.2.1. Análisis granulométrico

- Se tomó una muestra de 500.00 gramos completamente seca.
- Se limpió y se verificó el orden de colocación de los tamices según el tamaño de abertura Nro. 60, Nro. 80, Nro. 100 y la Nro. 200.
- Se realizó el tamizado manualmente.
- Pesó el material retenido en cada tamiz y anotar el resultado.



Figura N° 23: Análisis Granulométrico de la CCC

Fuente: Elaboración propia

- Los resultados se muestran en la Tabla N° 11 descrita líneas abajo, los cuales serán utilizados para la elaboración de las probetas de concreto.

Tabla N° 11: Datos del análisis granulométrico de la CCC

Peso Inicial		500.00 g	
Tamices	Peso Retenido (g)	Error (g)	Error (%)
Nro.60	127.50	1.00	0.20
Nro.80	194.50		
Nro.100	97.00		
Nro.200	63.00		
Fondo	17.00		
Total	499.00		

Fuente: Elaboración propia

- Como se obtuvo un error de 1.00 gramo lo que corresponde a 0.20%, se realiza una corrección a dicho resultado obteniendo así los cálculos finales.

Tabla N° 12: Resultados corregidos del análisis granulométrico de la CCC

Tamices	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acu. (%)	Porcentaje Pasante (%)
Nro.60	127.70	25.54	25.54	74.46
Nro.80	194.70	38.94	64.48	35.52
Nro.100	97.20	19.44	83.92	16.08
Nro.200	63.20	12.64	96.56	7.66
Fondo	17.20	3.44	100.00	0.00
Total	500.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia

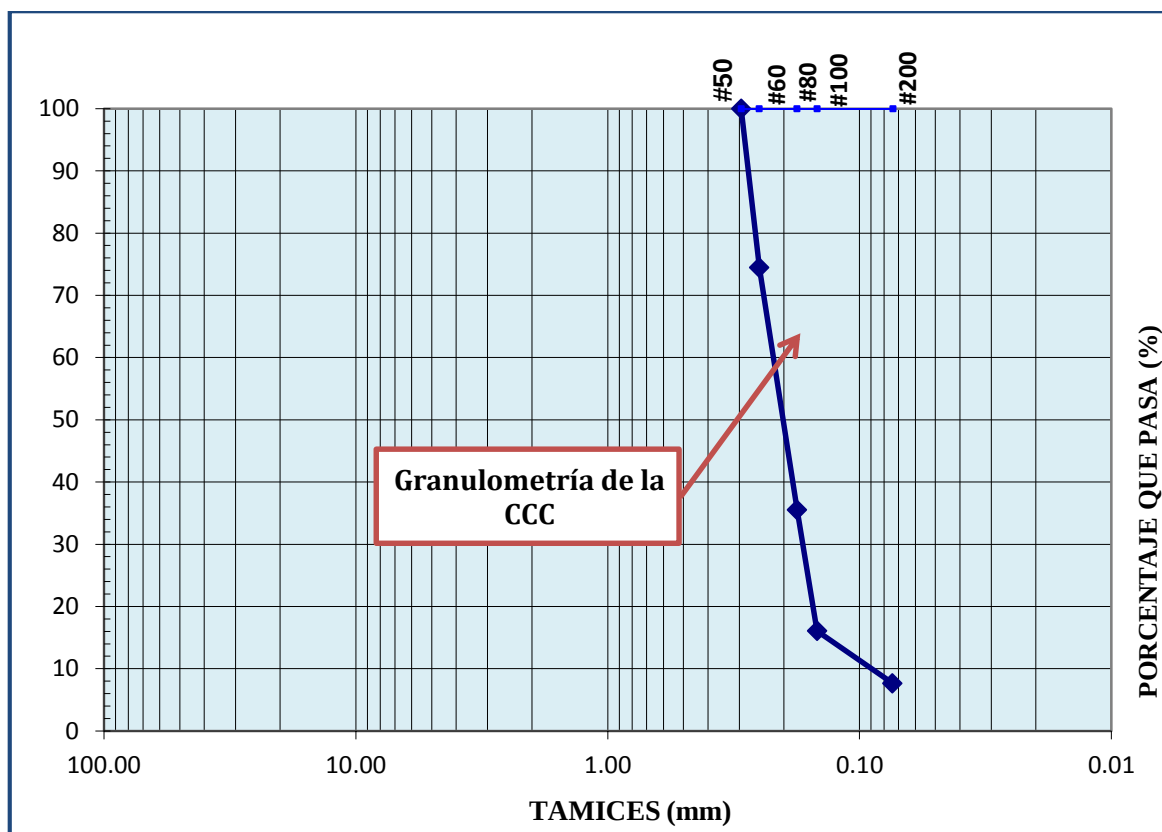


Figura N° 24: Curva granulométrica de la ceniza de cáscara de cebada

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.2. Peso específico y absorción

- Se saturó por 24 horas 400 gramos de muestra, esparcidos en una bandeja.
- Con la ayuda de una estufa obtenemos la muestra en condición superficialmente seca (SSS).



Figura N° 25: Secado de la muestra de CCC con la estufa

Fuente: Elaboración propia

- Para verificar que la muestra se encuentre en condición superficialmente seca (SSS) se echa el material en un molde cónico y con una barra compactadora damos 25 golpes sobre la muestra según la norma NTP 400.022 desde una altura pequeña. Si luego al levantar el cono observamos que la muestra se desmorona parcialmente significa que ya se encuentra en la condición deseada.



Figura N° 26: Comprobación si la muestra de CCC se encuentra en condiciones (SSS)

Fuente: Elaboración propia

- Se tomó 200 gramos de la muestra (SSS) y la introducimos en una fiola previamente pesada.
- Luego le agregamos agua hasta la marca que contiene la fiola y empezamos a agitar durante 15 a 20 minutos con la finalidad de eliminar las burbujas.
- Transcurrido ese tiempo veremos que la cantidad de agua ha disminuido puesto que ha ocupado los vacíos, y entonces procedemos a llenarla nuevamente en su totalidad y procedemos a pesarla.
- Luego de pesada la muestra con el agua y la fiola, retiramos la muestra cuidadosamente de que no se pierda material y lo llevamos al horno por 24 horas.



Figura N° 27: Peso de la fiola con la muestra después de eliminar el aire por 20 minutos

Fuente: Elaboración propia

- Pasado el tiempo previsto, retiramos la muestra, dejamos que enfríe y pesamos.
- Los datos se muestran en la Tabla N° 13 los cuáles serán utilizados para la elaboración de los diseños.

Tabla N° 13: Datos para obtener el peso específico y absorción de la CCC

Nomenclatura	Denominación	Muestra 1
A	Peso de la Muestra Seca (g)	195
B	Peso de la Muestra en la condición de SSS (g)	200
C	Peso de la Fiola (g)	130
D	Peso de la fiola + muestra + Agua Añadida (g)	735
V	Capacidad de la Fiola (cm ³)	500
W	Agua Añadida a la Fiola (cm ³)	405

Fuente: Elaboración propia

- Los resultados para obtener los pesos específicos de la CCC se muestran en la Tabla N° 14

Tabla N° 14: Pesos específicos de la CCC

Resultados	Fórmula	Muestra 1
Peso Específico Corriente (g/cm ³)	$\frac{A}{(V - W)}$	2.05
Peso Específico Aparente (g/cm ³)	$\frac{A}{(V - W) - (B - A)}$	2.17
Peso Específico en condición de SSS (g/cm ³)	$\frac{B}{(V - W)}$	2.11

Fuente: Elaboración propia

- Absorción de la CCC.

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

$$\text{Absorción} = 2.56\%$$

4.1.2.3. Contenido de humedad

- Tomamos 3 muestras de CCC y anotamos sus pesos.
- Colocar las muestras en el horno por 24 horas.
- Retiramos las muestras, dejamos enfriar y pesamos.
- Con la siguiente ecuación obtenemos el porcentaje de contenido de humedad de las muestras:

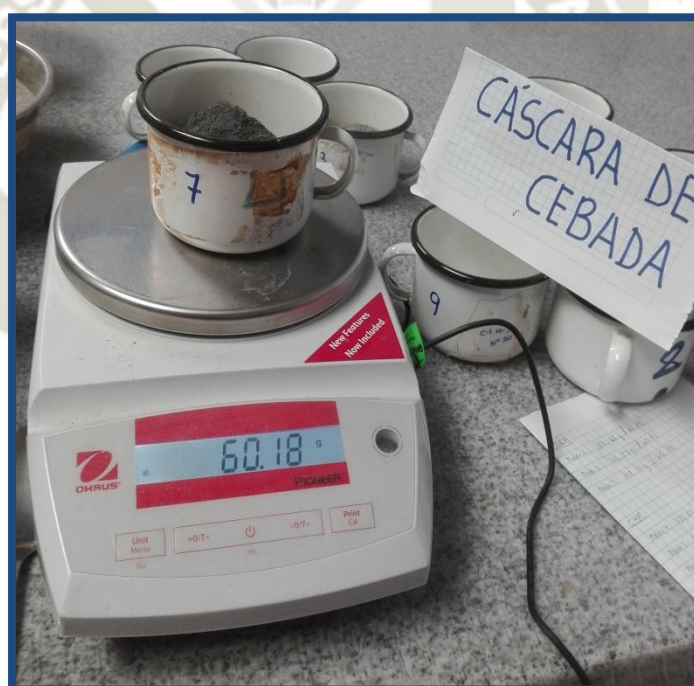
$$\text{Contenido de humedad(\%)} = \frac{\text{Peso húmedo(g)} - \text{Peso seco(g)}}{\text{Peso seco(g)}}$$

- A continuación se muestra la Tabla N° 15 con los resultados obtenidos en el ensayo:

Tabla N° 15: Contenido de humedad de la CCC

Muestra	Peso Muestra húmeda (g)	Peso de la bandeja (g)	Peso muestra seca + bandeja (g)	Peso muestra seca (g)	Humedad (%)
1	60.18	123.64	183.19	59.55	1.06
2	60.93	118.10	178.23	60.13	1.33
3	60.64	114.46	173.45	58.99	2.80
				Promedio	1.19

Fuente: Elaboración propia


Figura N° 28: Peso de la muestra seca de CCC

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Ceniza del bagazo de la caña de azúcar (CBCA).

4.1.3.1. Análisis granulométrico

- Se tomó una muestra de 160.50 gramos completamente seca
- Se limpió y se verificó el orden de colocación de los tamices según el tamaño de abertura Nro. 60, Nro. 80, Nro. 100 y la Nro. 200.
- Se realizó el tamizado manualmente.
- Pesó el material retenido en cada tamiz y anotó el resultado.



Figura N° 29: Análisis Granulométrico de la CBCA

Fuente: Elaboración propia

- Los resultados se muestran en la siguiente Tabla N° 16 los cuales serán utilizados para la elaboración de las probetas de concreto.

Tabla N° 16: Datos del análisis granulométrico de la CBCA

Peso Inicial		160.50 g	
Tamices	Peso Retenido (g)	Error (g)	Error (%)
Nro. 60	13.5	2.50	1.56
Nro. 80	48		
Nro. 100	53.5		
Nro. 200	33.00		
Fondo	10.00		
Total	158.00		

Fuente: Elaboración propia

- Como se obtuvo un error de 2.50 gramos lo que corresponde a un 1.56 %, se realiza una corrección a dicho resultado obteniendo así los cálculos finales.

Tabla N° 17: Resultados corregidos del análisis granulométrico de la CBCA

Tamices	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acu. (%)	Porcentaje Pasante (%)
Nro.60	14.00	8.72	8.72	91.28
Nro.80	48.50	30.22	38.94	61.06
Nro.100	54.00	33.64	72.59	27.41
Nro.200	33.50	20.87	93.46	6.54
Fondo	10.50	6.54	100.00	0.00
Total	160.50	100.000		

Fuente: Elaboración propia

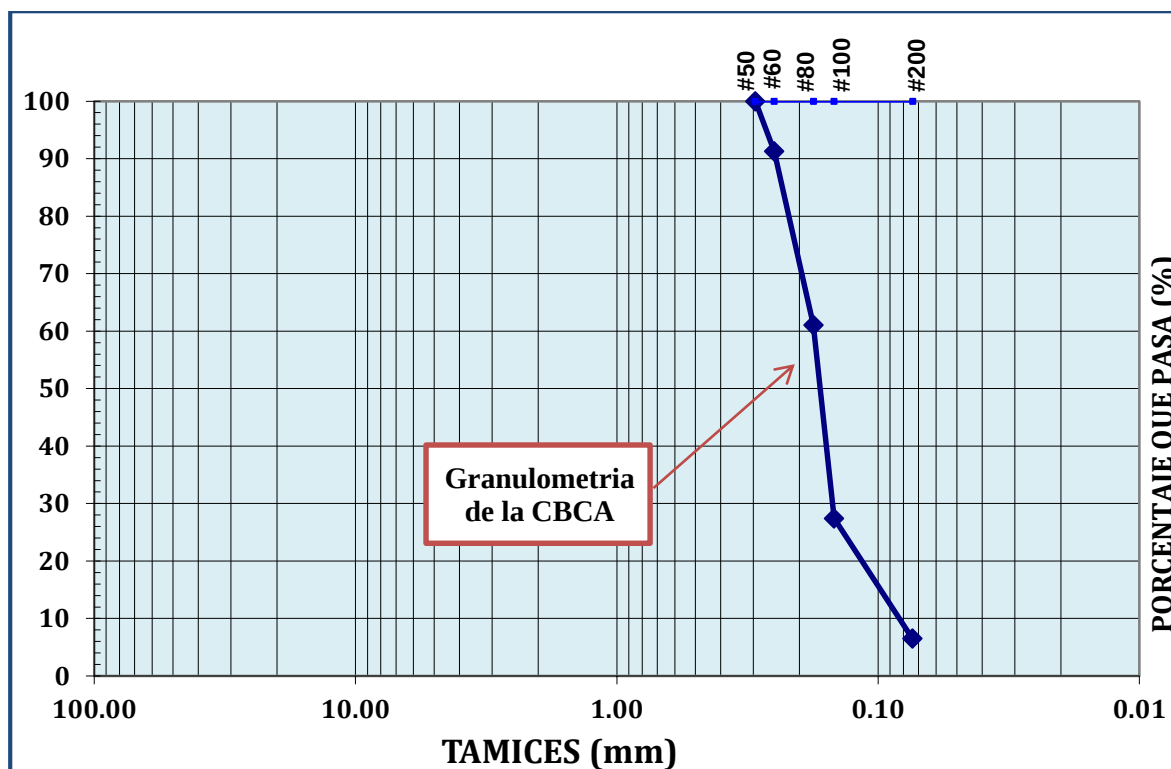


Figura N° 30: Curva de la ceniza de caña de azúcar

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2. Peso específico y absorción

- Se saturó por 24 horas 300 gramos de muestra.
- Esparcimos sobre una bandeja, con la ayuda de la estufa obtenemos la muestra en condición superficialmente seca (SSS).



Figura N° 31: Secado de la muestra de CBCA con la estufa

Fuente: Elaboración propia

- Para verificar que la muestra este en condición superficialmente seca (SSS), se echa el material al cono, con la barra compactadora damos 25 golpes según la norma NTP 400.022 desde una altura pequeña, al levantar el cono si observamos que la muestra se desmorona parcialmente significa que la muestra está superficialmente seca (SSS).



Figura N° 32: Comprobación si la muestra de CBCA se encuentra en condiciones (SSS)

Fuente: Elaboración propia

- Se tomó 200 gramos de muestra en condición superficialmente seca (SSS) e introducimos la muestra en la probeta (pesar la probeta antes de echar la muestra).
- Luego llenamos con agua hasta un nivel que nos permita agitar la probeta sin rociar el agua este procedimiento se realiza por 15 a 20 minutos con la finalidad de eliminar las burbujas.
- Después de agitar la probeta por 15 a 20 minutos llenamos en su totalidad la probeta con agua y lo pesamos.
- Retiramos la muestra de la probeta y lo llevamos al horno por 24 horas.
- Una vez transcurrido las 24 horas retiramos la muestra, dejamos que enfríe y se toma peso.



Figura N° 33: Peso de la probeta con la muestra después de eliminar el aire por 20 minutos

Fuente: Elaboración propia

- Los datos se muestran en la Tabla N° 18 los cuáles serán utilizados para la elaboración de las probetas de concreto.

Tabla N° 18: Datos para obtener el peso específico y absorción de la CBCA

Nomenclatura	Denominación	Muestra 1
A	Peso de la Muestra Seca (g)	199.5
B	Peso de la Muestra en la condición de SSS (g)	200.00
C	Peso de la Probeta (g)	130.00
D	Peso de la Probeta + muestra + Agua Añadida (g)	740.00
V	Capacidad de la Probeta (cm ³)	500.00
W	Agua Añadida a la Probeta (cm ³) (D-(B+C))	410.00

Fuente: Elaboración propia

- Los resultados para obtener el peso específico de la CBCA se muestran en la Tabla N° 19

Tabla N° 19: Resultados de los pesos específicos de la CBCA

Resultados	Fórmula	Muestra 1
Peso Específico Corriente (g/cm ³)	$\frac{A}{(V - W)}$	2.22
Peso Específico Aparente (g/cm ³)	$\frac{A}{(V - W) - (B - A)}$	2.23
Peso Específico en condición de SSS (g/cm ³)	$\frac{B}{(V - W)}$	2.22

Fuente: Elaboración propia

- Absorción de la CBCA.

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

$$\text{Absorción} = 0.25\%$$

4.1.3.3. Contenido de humedad

- Tomamos 3 muestras de ceniza de BCA y las pesamos.
- Secar las muestras en el horno por 24 horas.
- Retiramos las muestras, dejar que enfrien y pesarlas.



Figura N° 34: Peso de la muestra seca de CBCA

Fuente: Elaboración propia

- Con la siguiente ecuación obtenemos el porcentaje de contenido de humedad de la CBCA:

$$\text{Contenido de humedad(\%)} = \frac{\text{Peso húmedo(g)} - \text{Peso seco(g)}}{\text{Peso seco(g)}}$$

- En la Tabla N° 20 se muestran los resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad

Tabla N° 20: Contenido de humedad de la CBCA

Muestra	Peso Muestra húmeda (g)	Peso de la bandeja (g)	Peso muestra seca + bandeja (g)	Peso muestra seca (g)	Humedad (%)
1	60.14	113.65	173.56	59.91	0.38
2	60.41	115.87	176.06	60.19	0.37
3	61.16	118.10	178.04	59.94	0.37
				Promedio	0.37

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Agregado grueso

El agregado grueso consistirá en grava, piedra chancada, concreto reciclado o la combinación de ellos y se encuentra retenido en el Tamiz Nro. 4.75mm (Nro. 4); la cual es quien separa el agregado fino del grueso. (Norma NTP 400.037, 2014).

4.1.4.1. Análisis granulométrico (NTP 400. 012:2001).

a. Descripción:

Según Pasquel (1992), nos dice que como sería complicado medir el volumen de los diferentes tamaños de las partículas, se utiliza una manera indirecta, la cual resulta ser el tamizado por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos refiriéndolos en porcentajes con respecto al total.

Según la ASTM C-33/NTP 400.037, el agregado grueso deberá contener ciertos límites (husos) establecidos en la Norma.

Tabla N° 21: Límites para el análisis granulométrico del agregado grueso

N° ASTM	Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4")	90 mm (3½")	75 mm (3")	63 mm (2½")	50 mm (2")	37.5 mm (1½")	25 mm (1")	19 mm (¾")	12.5 mm (½")	9.5 mm (¾")	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	4.75 µm (N° 50)
1	90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	0	25 a 60	0	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0
2	63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")	0	0	100	9 a 100	35 a 70	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0
3	50 mm a 25 mm (2" a 1")	0	0	0	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0
357	50 mm a 4.75 mm (2" a N° 4)	0	0	0	100	95 a 100	0	35 a 70	0	10 a 30	0	0 a 5	0	0	0
4	37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0
467	37.5 mm a 4.75 mm (1½" a N° 4)	0	0	0	0	100	95 a 100	0	35 a 70	0	10 a 30	0 a 5	0	0	0
5	25 mm a 12.5 mm (1" a ½")	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	0	0	0	0
56	25 mm a 9.5 mm (1" a ¾")	0	0	0	0	0	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	0	0	0
57	25 mm a 4.75 mm (1" a N° 4)	0	0	0	0	0	100	95 a 100	0	25 a 60	0	0 a 10	0 a 5	0	0
6	19 mm a 9.5 mm (¾" a ¾")	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	0	0	0
67	19 mm a 4.75 mm (¾" a N° 4)	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	0	20 a 55	0 a 10	0 a 5	0	0
7	12.5 mm a 4.75 mm (½" a N° 4)	0	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	0	0
8	9.5 mm a 2.36 mm (¾" a N° 8)	0	0	0	0	0	0	0	0	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	0
89	9.5 mm a 1.18 mm (¾" a N° 16)	0	0	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

b. Equipos y Herramientas:

- Balanza electrónica: Con aproximación a 0.5 g o 0.1% de la masa de la muestra. (NTP 400.037, 2012)
- Tamices: Los cuales cumplen con la norma NTP 350.001 siendo los siguientes 1½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼" y Nro. 4
- Agitador mecánico de tamices: equipo que al realizar movimientos verticales y laterales ocasiona el movimiento de las partículas.
- Bandejas, cucharas, espátulas, etc.

c. Procedimiento:

- La cantidad de muestra de ensayo del agregado será conforme se detalla en la tabla siguiente:

Tabla N° 22: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal		Cantidad Mínima de la Muestra de Ensayo (kg)
Mm	Pulg	
9.5	3/8	1.00
12.5	½	2.00
19.0	¾	5.00
25.0	1	10.00
37.5	1½	15.00
50	2	20.00
63	2½	35.00
75	3	60.00
90	3½	100.00
100	4	150.00
125	5	300.00

Fuente: Norma Técnica Peruana, NTP 400.012

- Realizamos el cuarteo de nuestro agregado y según la Tabla N° 22 pesamos 5 kg de muestra para realizar nuestro tamizado.

- Se ordenaron los tamices como se detalló en la lista de materiales, aumentando solo el fondo y la tapa.
- Se colocaron los tamices en el tamizador mecánico y se dejó durante un periodo de 3 minutos.
- Al término del tiempo se procede a retirar los tamices y se pesa el material retenido en cada uno de los tamices y se procede a tomar nota de los resultados.



Figura N° 35: Material (agregado grueso) retenido en la malla $\frac{3}{4}$ "

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 36: Análisis granulométrico del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

d. Cálculos y Resultados:

- Los datos obtenidos serán reflejados en la tabla siguiente:

Tabla N° 23: Datos del análisis granulométrico del agregado grueso

Peso Inicial		5,000.00 g	
Tamices	Peso Retenido (g)	Error (g)	Error (%)
1½"	0.00	2.00	0.04
1"	16.00		
¾"	465.00		
½"	2,002.50		
3/8"	1,086.50		
¼"	923.50		
Nro. 4	328.00		
Nro. 8	140.50		
Nro. 16	9.50		
Nro. 30	3.00		
Nro. 50	6.50		
Nro. 100	7.50		
Nro. 200	5.50		
Fondo	4.00		
Total	4,998.00		

Fuente: Elaboración propia

- Como se obtuvo un error de 2.00 gramos lo que corresponde a 0.04%, se realiza una corrección a dicho resultado obteniendo así los cálculos finales.

Tabla N° 24: Resultados corregidos del análisis granulométrico del agregado grueso

Tamices	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acu. (%)	Porcentaje Pasante (%)
1½"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	16.15	0.32	0.32	99.68
¾"	465.15	9.30	9.63	90.37
½"	2,002.65	40.05	49.68	50.32
3/8"	1,086.65	21.73	71.41	28.59
¼"	923.65	18.47	89.89	10.12
Nro. 4	328.15	6.56	96.45	3.55
Nro. 8	140.65	2.81	99.26	0.74
Nro. 16	9.65	0.19	99.45	0.55
Nro. 30	3.15	0.06	99.52	0.48
Nro. 50	6.65	0.13	99.65	0.35
Nro. 100	7.65	0.15	99.80	0.20
Nro. 200	5.65	0.11	99.92	0.08
Fondo	4.20	0.08	100.00	0.00
Total	5,000.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia

- Antes de realizar nuestra curva granulométrica debemos conocer los límites establecidos por la norma ASTM C-33

Tabla N° 25: Límites y husos del agregado grueso

HUSO 6 – ASTM C 33		
1"	100	100
¾"	90	100
½"	55	90
3/8"	20	55
¼"	0	20
Nro. 4	0	10

Fuente: American Society for Testing Materials (ASTM C 33, 2003)

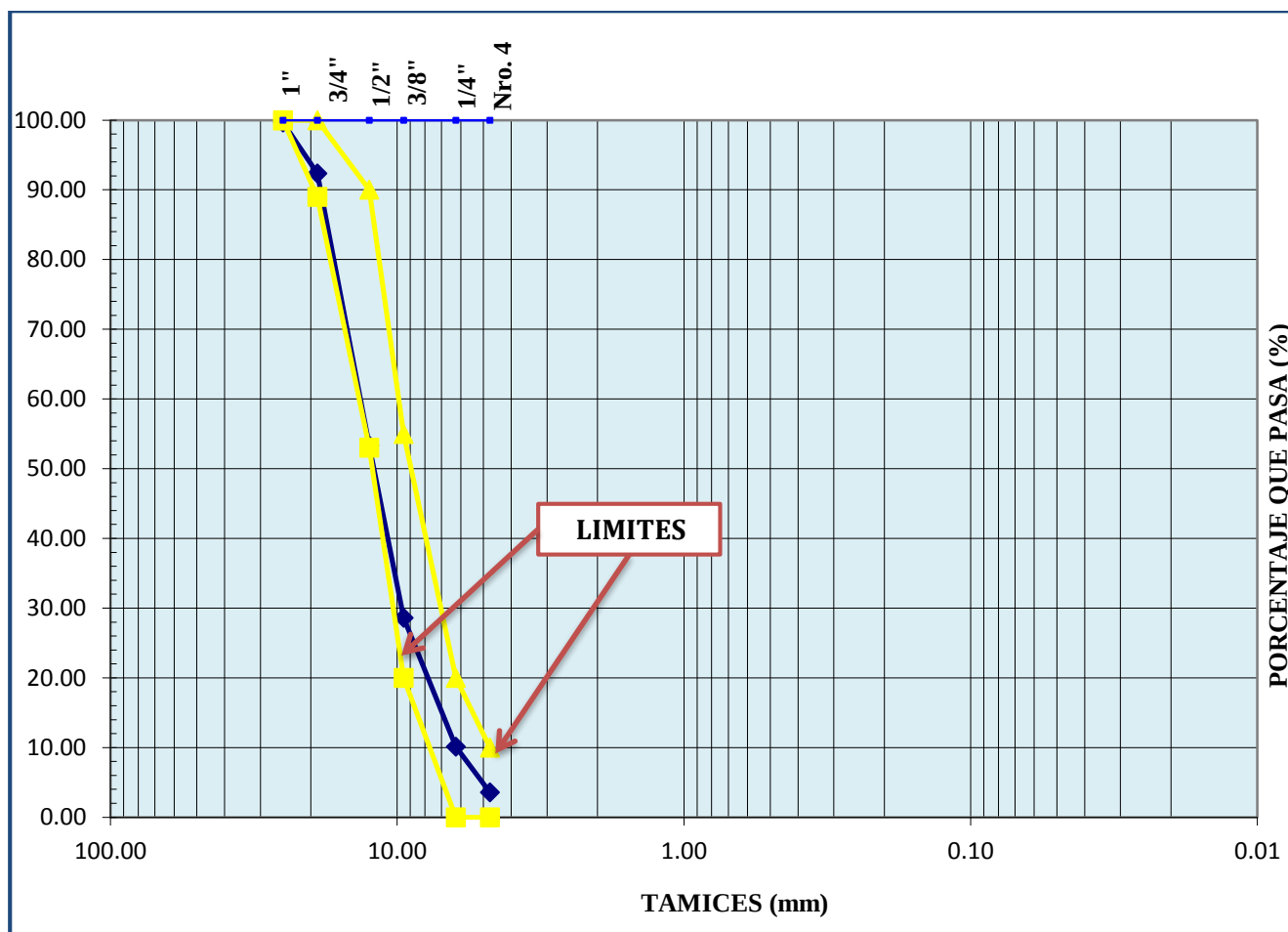


Figura N° 37: Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.2. Módulo de fineza (NTP 400.011:2008)

a. Descripción:

Es la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices estándar y dividiendo la suma entre 100. El sustento matemático del Módulo de Fineza reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica. Debe tenerse muy en claro que es un criterio que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pues es general y sirve para caracterizar cada agregado independientemente o la mezcla de agregados en conjunto. (Pasquel, 1992-1993).

b. Cálculos y Resultados.

El módulo de fineza del agregado grueso se obtuvo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$M_f = \frac{\sum \% \text{ acumulado retenido } (1 \frac{1}{2}'' + 3 \frac{3}{4}'' + 3 \frac{3}{8}'' + \text{Nro. 4} + \text{Nro. 8} + \text{Nro. 16} + \text{Nro. 30} + \text{Nro. 50} + \text{Nro. 100})}{100}$$

$$M_f = \frac{0 + 9.63 + 71.41 + 96.45 + 99.26 + 99.45 + 99.52 + 99.65 + 99.80}{100}$$

$$M_f = 6.75$$

4.1.4.3. Peso específico y absorción (NTP 400. 021:2002/ASTM C-127)

a. Descripción:

La Norma Técnica Peruana (NTP 400.021:2002), establece un procedimiento para determinar el peso específico seco, saturado con superficie seca, el aparente y la absorción (después de 24 h) y así poder determinar valores de cálculo y correcciones de diseño.

La norma NTP 400.021: 2002 nos indica que una muestra de agregado se sumerge en agua por 24 h para llenar los poros. Luego se retira del agua, se seca la superficie de las partículas y se pesa. La muestra también debe ser pesada mientras se encuentra sumergida en el agua. Luego de esto se procede a colocar la muestra en el horno por 24 h, transcurrido ese tiempo se pesa nuevamente, de esta manera hallaremos tres tipos de peso específico y de absorción.

b. Equipos y Herramientas:

- Balanza: Sensible a 0.5 g deberá poseer un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con la malla de alambre en el recipiente de agua.
- Cesta con malla de alambre: Con abertura correspondiente al tamiz Nro.6 o menor.
- Depósito de agua: donde deberá haber agua estancada y se podrá sumergir la cesta con el alambre y se suspenderá con la balanza.

- Tamices: Un tamiz Nro.4 u otros según norma NTP 350.001
- Estufa: Capaz de sostener temperaturas de 110 °C
- Horno eléctrico, bandeja, cucharón, etc.

c. Procedimiento:

- Primero realizamos el cuarteo hasta obtener 3 kg aproximadamente de agregado grueso.
- Para saturar la muestra se deja sumergida en agua durante 24 h
- Pasadas las 24 horas, se extrae la muestra sumergida y se procede a secarla superficialmente utilizando algún elemento absorbente (SSS).



Figura N° 38: Secado superficialmente seco del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

- De la muestra superficialmente seca, extraer 2 kg y colocar en una bandeja previamente pesada, tomar nota del peso de la muestra (B).
- Sujetamos un alambre a la balanza electrónica por la parte inferior, y atamos a este una canastilla para el agregado y luego se procede a pesarla estando sumergida (E).
- Coloque la muestra en la cesta y determine el peso de la cesta más la muestra sumergida (D).



Figura N° 39: Balanza hidrostática

Fuente: Elaboración propia

- Retire la muestra de la cesta y deposítela en una bandeja, seguidamente introdúzcala al horno por un periodo de 24 h.
- Transcurridas las 24 horas, se retira la muestra del horno y se deja enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, una vez alcanzada se determina el peso de la grava seca.

d. Cálculos y Resultados:

Los datos se muestran en la Tabla N° 26 los cuáles serán utilizados para la elaboración de nuestros diseños.

Tabla N° 26: Datos para obtener los pesos específicos y absorción del agregado grueso

Nomenclatura	Denominación	Muestra
A	Peso de la Muestra Seca (g)	1,946.00
B	Peso de la Muestra en la condición de SSS (g)	1,963.50
C	Peso de la Muestra Sumergida (g) = D – E	1,255.00
D	Peso de la muestra sumergida + Cesta (g)	1,950.00
E	Peso de la Cesta Sumergida (g)	695.00

Fuente: Elaboración propia

- Los pesos específicos del agregado grueso se muestran en la tabla siguiente:

Tabla N° 27: Resultados de los pesos específicos del agregado grueso

Resultados	Fórmula	Muestra
Peso Específico Corriente (g/cm ³)	$\frac{A}{(B - C)}$	2.75
Peso Específico Aparente (g/cm ³)	$\frac{A}{A - C}$	2.82
Peso Específico en condición de SSS (g/cm ³)	$\frac{B}{(B - C)}$	2.77

Fuente: Elaboración propia

- La Absorción del agregado grueso se muestra en la tabla siguiente:

Tabla N° 28: Absorción del agregado grueso

Resultados	Fórmula	Muestra
Absorción (%)	$\frac{B - A}{A} * 100$	0.90

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.4. Contenido de humedad (NTP 339.185:2002/ ASTM C 566:1997)

a. Descripción:

La Norma Técnica Peruana NTP 339.185:2002/ASTM C 566 nos dice que este ensayo nos muestra la cantidad de agua que posee el agregado en un determinado momento; este valor puede ser mayor o menor que la absorción.

b. Equipos y Herramientas:

- Balanza: con un porcentaje de error de 0.1 g
- Cocina eléctrica: la cual debe ser capaz de mantener temperaturas de 110 °C.
- Horno eléctrico
- Recipiente, cucharón

c. Procedimiento:

- Se coloca la muestra sobre una bandeja y se procede a pesar solo la bandeja y la muestra húmeda con la bandeja.
- Se lleva la muestra a un horno por 24 h con una temperatura constante de 110°C.
- Transcurrido las 24 h se retira la bandeja del horno y se pesa la muestra con la bandeja.
- Finalmente se determina la cantidad de agua evaporada.

d. Cálculos y Resultados:

- Con la ecuación que se detalla a continuación podremos obtener el porcentaje de contenido de humedad del agregado grueso:

$$\text{Contenido de humedad(\%)} = \frac{\text{Peso húmedo(g)} - \text{Peso seco(g)}}{\text{Peso seco(g)}}$$

- En la Tabla N° 29 se muestra los resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad:

Tabla N° 29: Contenido de humedad del agregado grueso

Muestra	Peso Muestra húmeda (g)	Peso de la bandeja (g)	Peso muestra seca + bandeja (g)	Peso muestra seca (g)	Humedad (%)
1	1,063.50	545.00	1,604.50	1,059.50	0.38
2	2,040.00	375.00	2,407.50	2,032.50	0.37
3	2,035.50	337.50	2,368.00	2,030.50	0.25
				Promedio	0.33

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.5. Pesos unitarios seco sueltos y seco compactado (NTP 400.018:2002/ ASTM C 29)

a. Descripción:

La Norma Técnica Peruana NTP 400.018/ASTM C29 hace referencia que este método se utiliza para hallar el peso unitario por algunos métodos de diseño de mezcla. Puede a su vez determinar la relación masa/volumen para conversiones.

b. Equipos y Herramientas:

- Balanza electrónica: con una aproximación de 1.0 g
- Barra compactadora: Recta de acero liso de 5/8" de diámetro y 0.60 m de longitud con punta semiesférica.
- Molde o recipiente cilíndrico de acero con los siguientes requisitos dimensionales:

Tabla N° 30: Requisitos de moldes cilíndricos

Tamaño máximo del agregado		Capacidad del recipiente			Diámetro interior	Altura Interior
pulg	mm	pie ³	L	m ³	cm	cm
½	12.5	1/10	2.8	0.0028	15.25	15.50
1	25.0	1/3	9.3	0.0093	20.35	29.10
1½	37.5	½	14	0.014	25.40	27.90
4	100	1	28	0.028	35.60	28.50

Fuente: ASTM C – 29

- Pala, cucharón, horno.

c. Procedimiento:

- Determinación del peso unitario seco suelto

- Seleccione una muestra por cuarteo del agregado grueso.
- La muestra debe haber sido secada al horno 24 h antes para proceder a realizar el ensayo.
- Pesar el recipiente seleccionado de acuerdo al tamaño del agregado y tomar nota.
- En el recipiente llenar del material granular con ayuda de un cucharón desde una altura constante no mayor a 5 cm
- Luego de llenar el recipiente proceder a enrazar con los dedos de la mano.
- Finalmente pesar el molde con el material y tomar nota.
- Realizaremos este procedimiento tres veces como mínimo.



Figura N° 40: Peso unitario seco suelto del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

- Determinación del Peso Unitario Seco Compactado

- Seleccione una muestra por cuarteo del agregado grueso.

- La muestra debe haber sido secada al horno 24 h antes para proceder a realizar el ensayo.
- Pesarse el recipiente seleccionado de acuerdo al tamaño del agregado y tomar nota.
- En el recipiente llenar del material granular con ayuda de un cucharón desde una altura constante no mayor a 5 cm en tres capas.
- Primero se deposita material hasta $\frac{1}{3}$ de capacidad del recipiente, aplicándole 25 golpes con ayuda de la varilla punta de bala por toda el área. Luego se vuelve a llenar el segundo tercio y se golpea nuevamente 25 veces y finalmente se llena la $\frac{1}{3}$ parte restante siendo golpeado nuevamente.



Figura N° 41: Peso unitario seco envarillado del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

- Por último se procede a enraizar con ayuda de los dedos de la mano y se pesa la muestra en el material, tomando nota de su peso.
- Realizaremos este procedimiento tres veces como mínimo.

d. Cálculos y Resultados:

- Para calcular el Peso Unitario Seco Suelto utilizamos la siguiente fórmula:

$$PVSS \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(\text{Peso del mat. suelto} + \text{recipiente}) - (\text{Peso del recipiente})}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Tabla N° 31: Peso unitario seco suelto del agregado grueso

Muestra	1	2	3
Peso del molde vacío (g)	5,196.00	4,820.00	5,196.00
Peso molde + muestra (g)	19,717.00	19,467.00	19,618.00
Peso de la muestra (g)	14,521.00	14,647.00	14,422.00
Volumen del molde (cm ³)	9,357.84	9,357.84	9,357.84
Peso unitario suelto (g/cm ³)	1.55	1.57	1.54
Peso unitario suelto promedio (kg/m ³)	1,550		

Fuente: Elaboración propia

- Con la siguiente fórmula se calcula el Peso Unitario Seco Compactado:

$$PVSc \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(\text{Peso del mat. compacto} + \text{recipiente}) - (\text{Peso del recipiente})}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Tabla N° 32: Peso unitario seco compactado del agregado grueso

Muestra	1	2	3
Peso del molde vacío (g)	5,196.00	4,820.00	5,196.00
Peso molde + muestra (g)	20,152.00	19,839.00	20,061.00
Peso de la muestra (g)	14,956.00	15,019.00	14,865.00
Volumen del molde (cm ³)	9,357.84	9,357.84	9,357.84
Peso unitario compacto (g/cm ³)	1.60	1.60	1.59
Peso unitario compacto promedio (kg/m ³)	1,600		

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.6. Abrasión (NTP 400.019/ASTM C131 – C535)

a. Descripción:

La Norma Técnica Peruana NTP 400.019/ASTM C131 – C535 hace referencia a un método indirecto para determinar la dureza del agregado. La resistencia a la abrasión, desgaste o dureza es una propiedad que depende principalmente de la roca madre. Este ensayo es importante cuando las partículas van a estar siendo sometidas constantemente a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos.

b. Equipos y Herramientas:

- Máquina de los Ángeles: Nos permite hallar los límites de abrasión indicados en la Norma NTP 400.019
- Cargas Abrasivas: esferas de hierro fundido o acero de 47.6 mm de diámetro aproximado y con un peso entre 390 y 445 g
- Tamices de las dimensiones siguientes: 1½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, ¼”, Nro. 4, Nro. 8, Nro.12.
- Horno que mantenga una temperatura constante de 110°C.

c. Procedimiento:

- Preparamos y pesamos la muestra de acuerdo a la gradación elegida. Para los grados A, B, C y D se emplean 5000 ± 10 g y 10 000 g para los grados E, F y G. La tabla se detalla a continuación:

Tabla N° 33: Cantidad de materiales según el grado de la muestra

Tamices		Cantidades de cada fracción de tamaño de acuerdo con el grado de la muestra (gramos)						
Pasa por	Retiene en	A	B	C	D	E	F	G
3"	2½"					2500±50		
2½"	2"					2500±50		
2"	1½"					5000±50	5000±50	
1½"	1"	1250±25					5000±50	5000±50
1"	¾"	1250±25						5000±50
¾"	½"	1250±25	2500±10					
½"	3/8"	1250±25	2500±10					
3/8"	¼"			2500±10				
¼"	Nro. 4			2500±10				
Nro. 4	Nro. 8				5000±10			
Total		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±50	10000±50	10000±50

Fuente: Norma Técnica Peruana Norma NTP 400.019

- Para poder determinar el grado al cual pertenece, debemos proceder a realizar su granulometría.
- El grado de la muestra corresponderá a aquel en que la granulometría del material se acerque a la granulometría de la muestra.


Figura N° 42: Muestras de agregado grueso para el ensayo de abrasión

Fuente: Elaboración propia

- Después de obtener el grado establecido, se toman la cantidad de esferas de acero a usar por medio de la siguiente tabla:

Tabla N° 34: Número de esferas según el grado de la muestra

Grado de la Muestra	Número de esferas	Peso de carga gramos
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±20
E	12	5000±25
F	12	5000±25
G	12	5000±25

Fuente: Norma Técnica Peruana Norma NTP 400.019

- Colocar el material para ser ensayado en la Máquina de los Ángeles con las cargas abrasivas (esferas de hierro fundido) según indica en la tabla anterior.
- Cerrar la abertura con la tapa movible y poner en marcha la máquina hasta completar las 500 revoluciones para los grados A, B, C, D y 1000 revoluciones para los grados E, F y G a una velocidad de 30 a 33 rpm



Figura N° 43: Máquina de los ángeles

Fuente: Elaboración propia

- Al concluir las revoluciones, retirar el material de la máquina y tamizarlo por la malla Nro. 12.
- Lavar la muestra por el tamiz Nro. 12, colocarlo en una bandeja y depositarlo en el horno por 24 horas a una temperatura de 110°C.
- Transcurrido el tiempo, retirar la muestra del horno, dejar que enfríe y pesar la muestra.

d. Cálculos y Resultados:

- Primero ubicaremos el grado al cual pertenece nuestra muestra

Tabla N° 35: Valores obtenidos en el tamizado

Peso inicial (g)	
1"	5,002.00
3/4"	1,245.00
1/2"	1,255.00
3/8"	1,251.50
	1,250.50

Fuente: Elaboración propia

- Para calcular el porcentaje de desgaste aplicamos la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de desgaste} = \frac{\text{Peso inicial(g)} - \text{Peso final(g)}}{\text{Peso inicial(g)}} \times 100$$

Tabla N° 36: Datos obtenidos del ensayo de abrasión

Ítem	Denominación	Muestra (gr)
1	Peso muestra seca + bandeja (A)	4,421.50
2	Peso de bandeja (B)	544.00
3	Peso muestra seca (B – A)	3,877.50
4	Peso inicial de muestra (C)	5,002.00

Fuente: Elaboración propia

- Reemplazamos los valores en la fórmula anteriormente descrita y obtenemos el porcentaje de desgaste:

$$\text{Porcentaje de desgaste} = \frac{5,002.00 - 3,877.50}{5,002.00} * 100\%$$

$$\text{Porcentaje de desgaste} = 22,48\%$$

4.1.5. Agregado fino

Según la NTP 400.037 (2002) el agregado proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa por el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8”) y que cumple con los límites establecidos en dicha norma.

4.1.5.1. Análisis granulométrico (NTP 400. 012:2001 / ASTM C-136-96a).

a. Descripción:

Según la norma técnica peruana (NTP 400.012:2001) una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

Tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Deberá ser continua la granulometría, con valores retenidos en las mallas: Nro.4 a Nro. 100.
- No deberá retenerse más del 45% de material en dos tamices consecutivos cualquiera.
- La granulometría se debe encontrar dentro de los siguientes límites:

Tabla N° 37: Análisis granulométricos para el Agregado Fino

Tamiz (Malla)	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (Nro. 4)	95 a 100
2.36 mm (Nro. 8)	80 a 100
1.18 mm (Nro. 16)	50 a 85
600 µm (Nro. 30)	25 a 60
300 µm (Nro. 50)	5 a 30
600 µm (Nro. 100)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 (2002), Pág. 9

b. Equipos y Herramientas:

- Balanza electrónica: Con aproximación de 0.1 g
- Juego de tamices: 3/8", Nro. 4, Nro. 8, Nro. 16, Nro. 30, Nro. 50, Nro. 100 y Nro. 200 que cumplen con la NTP 350.001.
- Agitador mecánico de tamices: Equipo que imparte un movimiento vertical o lateral al tamiz, causando que la muestra tiendan a saltar.
- Bandejas.

c. Procedimiento:

- Tomar una muestra por cuarteo completamente seca (mínimo 300 gramos de agregado fino según la NTP 400.012).
- Se limpió y se verifico el orden de colocación de los tamices según el tamaño de abertura 3/8", Nro. 4, Nro. 8, Nro. 16, Nro. 30, Nro. 50, Nro. 100 y la Nro. 200.
- Se realizó el tamizado con ayuda del agitador mecánico.
- Pesar el material retenido en cada tamiz y anotar el resultado.



**Figura N° 44: Análisis granulométrico del
agregado fino**

Fuente: Elaboración propia

d. Cálculos y Resultados:

- Los datos se muestran en la Tabla N° 38 los cuáles serán utilizados para la elaboración de las probetas de concreto.

Tabla N° 38: Datos del análisis granulométrico del agregado fino

Peso Inicial		1500.00 g	
Tamices	Peso Retenido (g)	Error (g)	Error (%)
3/8"	4.00	4.00	0.27
Nro.4	35.50		
Nro.8	169.50		
Nro.16	286.50		
Nro.30	308.50		
Nro.50	306.50		
Nro.100	213.50		
Nro.200	108.00		
Fondo	64.00		
Total	1496.00		

Fuente: Elaboración propia

- Como se obtuvo un error de 4.00 g lo que corresponde a un 0.27%, se realiza una corrección a dicho resultado obteniendo así los cálculos finales.

Tabla N° 39: Resultados corregidos del análisis granulométrico del agregado fino

Tamices	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acu. (%)	Porcentaje Pasante (%)
3/8"	4.44	0.30	0.30	99.70
Nro.4	35.94	2.40	2.69	97.31
Nro.8	169.94	11.33	14.02	85.98
Nro.16	286.94	19.13	33.15	66.85
Nro.30	308.94	20.60	53.75	46.25
Nro.50	306.94	20.46	74.21	25.79
Nro.100	213.94	14.26	88.47	11.53
Nro.200	108.44	7.23	95.70	4.30
Fondo	64.44	4.30	100.00	0.00
Total	1500.0	100.000		

Fuente: Elaboración propia

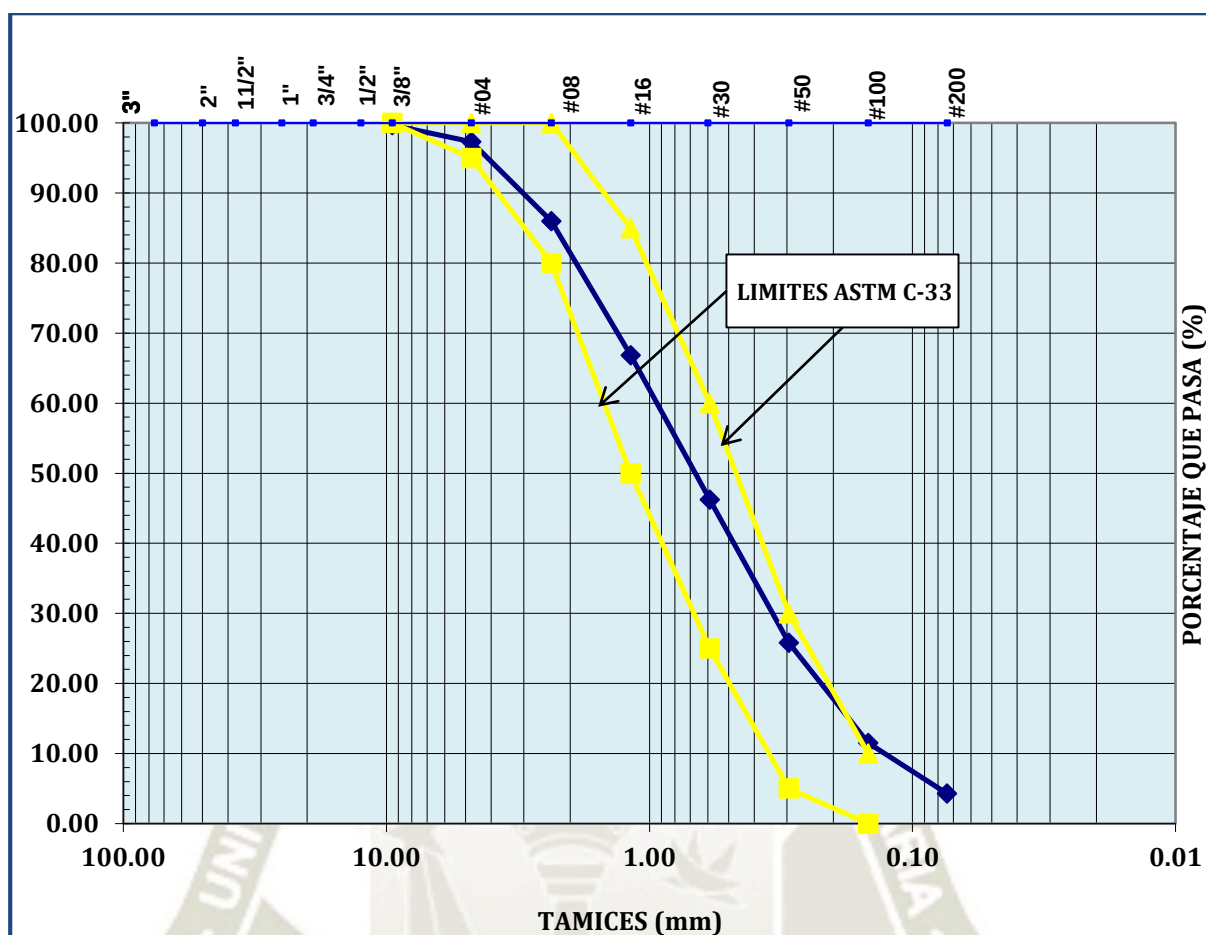


Figura N° 45: Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

4.1.5.2. Módulo de fineza (NTP 400.011:2008)

a. Descripción:

Según la NTP 400.011 (2008) el módulo de fineza, es un factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100.

Según la norma ASTM establece que el agregado fino (arena) debe tener un módulo de finura entre 2.30 - 3.10, donde el valor más alto indica una gradación más gruesa. Se estiman que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 - 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y las que se

encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia. (Abanto, 1997)

b. Cálculos y Resultados.

El módulo de fineza del agregado fino se obtuvo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$M_f = \frac{\sum \% \text{ acumulado retenido (Nro. 4, Nro. 8, Nro. 16, Nro. 30, Nro. 50 y Nro. 100)}}{100}$$

$$M_f = \frac{2.69 + 14.02 + 33.15 + 53.75 + 74.21 + 88.47}{100}$$

$$M_f = 2.66$$

4.1.5.3. Peso específico y absorción (NTP 400.022:2002 /ASTM C128).

a. Descripción:

Se define como peso específico relativo a la relación en peso entre una cantidad determinada de árido seco y el peso de un volumen igual de agua; considerando como volumen de los áridos a la suma de los volúmenes de la parte sólida y poros.

Este ensayo determina (se sumerge en agua por 24 horas para llenar los poros esenciales de una muestra de agregado) el peso específico corriente (Pec), peso específico de masa saturada superficialmente seca (PeSSS), peso específico aparente (Pea) y por último la absorción (Ab) el cual es muy importante ya que nos indica la cantidad de agua que puede penetrar en los poros permeables de los agregados en 24 horas, cuando se encuentra sumergido. (Blanco Rodríguez & Matus Lazo,s.f)

b. Equipos y Herramientas:

- Balanza electrónica: Con aproximación de 0.1 g
- Matraz aforado de cuello largo: Capacidad de 500 cm³
- Molde cónico de metal: Diámetro en la parte superior de 40 ± 3 mm, 90 ± 3 mm de diámetro en el fondo y 75 ± 3 mm de altura.
- Pisón metálico: Con un peso de 340 ± 15 gramos y que tenga una sección circular de 25 ± 3 mm de diámetro.
- Horno eléctrico.
- Cocina o Estufa.
- Bandejas y cucharón.

c. Procedimiento:

- Sumergir en agua aproximadamente 1500 gramos de agregado fino por 24 ± 4 horas.
- Esparcimos sobre una bandeja, con la ayuda de la estufa obtenemos la muestra en condición superficialmente seca (SSS).



Figura N° 46: Secado de la muestra de agregado fino con la estufa

Fuente: Elaboración propia

- Para verificar que la muestra este en condición superficialmente seca (SSS), se echa el material al cono, con la barra compactadora damos 25 golpes según la norma NTP 400.022 desde una altura pequeña, al levantar el cono si observamos que la muestra se desmorona parcialmente significa que la muestra está superficialmente seca (SSS).



Figura N° 47: Comprobación si la muestra de agregado fino se encuentra en condiciones (SSS) según la NTP 400.022

Fuente: Elaboración propia

- Pesamos 500 gramos de arena en la condición de saturada y superficialmente seca (B).
- Pesamos el matraz aforado (C), después se procede a colocar los 500 gramos de arena en condiciones de SSS en el matraz y llenamos de agua hasta la marca de aforo dejando reposar por 5 minutos.
- Agitamos el matraz aforado aproximadamente 20 minutos.
- Después de eliminar el aire atrapado, aumentamos agua hasta la marca de aforo y se procede a pesar (D).



Figura N° 48: Peso del matraz aforado con la muestra después de eliminar el aire por 20 minutos

Fuente: Elaboración propia

- Depositamos el contenido del matraz aforado en una bandeja para colocarla en el horno por un periodo de 24 horas.
- Transcurrido este tiempo se retira la bandeja, dejar enfriar para después obtener su peso seco (A).

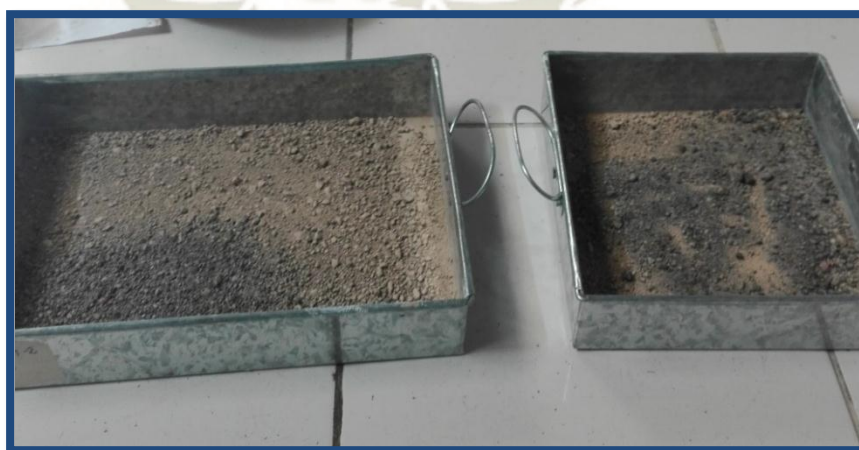


Figura N° 49: Muestras de fino después de estar en el horno por 24 horas

Fuente: Elaboración propia

d. Cálculos y Resultados:

- Los datos se muestran en la Tabla N° 40. los cuáles serán utilizados para la elaboración de las probetas de concreto.

Tabla N° 40: Datos para obtener los pesos específicos y absorción del agregado fino

Nomenclatura	Denominación	Muestra 1	Muestra 2
A	Peso de la muestra seca (g)	490.5	492
B	Peso de la muestra en la condición de SSS (g)	500	500
C	Peso del matraz aforado (g)	165	155
D	Peso del matraz aforado + muestra + agua añadida (g)	970	960
V	Capacidad del matraz aforado (cm ³)	500	500
W	Agua añadida al matraz aforado (cm ³) (D-(B+C))	305	305

Fuente: Elaboración propia

- Los valores de los pesos específicos del agregado fino se muestran en la Tabla N° 41

Tabla N° 41: Resultados de los pesos específicos del agregado fino

Resultados	Fórmula	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Peso Específico Corriente (g/cm ³)	$\frac{A}{(V - W)}$	2.52	2.52	2.52
Peso Específico Aparente (g/cm ³)	$\frac{A}{(V - W) - (B - A)}$	2.64	2.63	2.64
Peso Específico en condición de SSS (g/cm ³)	$\frac{B}{(V - W)}$	2.56	2.56	2.56

Fuente: Elaboración propia

- Absorción del agregado fino se muestra en la Tabla N° 42

Tabla N° 42: Absorción del agregado fino

Resultados	Fórmula	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Absorción (%)	$\frac{B - A}{A} * 100$	1.94	1.63	1.78

Fuente: Elaboración propia

4.1.5.4. Contenido de humedad (NTP 339.185:2002/ ASTM C 566:1997)

a. Descripción:

Mediante este ensayo se obtiene el porcentaje total de humedad evaporable que posee una muestra de agregado fino.

b. Equipos y Herramientas:

- Balanza electrónica: Con aproximación de 0.1 g
- Horno eléctrico.
- Bandejas

c. Procedimiento:

- Tomamos 3 muestras del agregado fino que pesen aproximadamente 500 gramos.
- Secar las muestras en el horno por 24 horas.
- Retiramos las muestras, dejar que enfríen y pesarlas.

d. Cálculos y Resultados:

- Con la siguiente ecuación obtenemos el porcentaje de contenido de humedad del agregado fino:

$$\text{Contenido de humedad(\%)} = \frac{\text{Peso húmedo(g)} - \text{Peso seco(g)}}{\text{Peso seco(g)}}$$

- En la Tabla N° 43 se muestra los resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad:

Tabla N° 43: Contenido de humedad del agregado fino

Muestra	Peso Muestra húmeda (g)	Peso de la bandeja (g)	Peso muestra seca + bandeja (g)	Peso muestra seca (g)	Humedad (%)
1	500.00	234.50	720.00	485.50	2.99
2	500.00	243.00	725.00	482.00	3.73
3	500.00	176.50	660.00	483.50	3.41
Promedio					3.38

Fuente: Elaboración propia

4.1.5.5. Pesos unitarios seco sueltos y seco compactado (N.T.P.400.017: 1999 / ASTM C 29).

a. Descripción:

El peso unitario de un agregado es la relación entre el peso de una determinada cantidad de este material y el volumen ocupado por el mismo, considerando como volumen al que ocupan las partículas del agregado y sus correspondientes espacios inter granulares.

Hay dos valores para esta relación, depende al sistema de acomodamiento del material antes de la prueba y son: Peso unitario seco suelto (PVSS) y Peso unitario seco compactado (PVSC).

b. Equipos y Herramientas:

- Balanza electrónica: Con aproximación de 0.1 g
- Varilla compactadora: Con diámetro de 5/8" y aproximadamente 600 mm de longitud.
- Recipiente cilíndrico: Manejable y rígidos para evitar deformarse.
- Cucharón.

- Bandejas
- Horno eléctrico.

c. Procedimiento:

- **Determinación del peso unitario seco suelto (PVSS).**
 - Por cuarteo del agregado seleccionamos una muestra completamente seca.
 - Pesar el recipiente cilíndrico adecuado y tomar sus medidas para obtener su volumen.
 - Con ayuda del cucharón a una altura constante sobre la parte superior del molde que no exceda los 5 centímetros, depositar el material en el recipiente.
 - Una vez llenado el recipiente enrase y pese el recipiente con el material contenido.
 - Repetir este procedimiento 3 veces.



Figura N° 50: Peso unitario seco suelto del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

- **Determinación del peso unitario seco compactado (PVSC).**
 - Por cuarteo del agregado seleccionamos una muestra completamente seca.
 - Pesar el recipiente cilíndrico adecuado y tomar sus medidas para obtener su volumen.
 - Con ayuda del cucharón a una altura constante sobre la parte superior del molde que no exceda los 5 centímetros, depositar el material en el recipiente en 3 capas.
 - Aplicar 25 golpes (distribuida en toda el área) por cada capa con la ayuda de la varilla de acero de 5/8".
 - Después de aplicar los 25 golpes a la última capa enrasar y pesar.



Figura N° 51: Peso del molde con la muestra después del compactado

Fuente: Elaboración propia

d. Cálculos y Resultados:

- Con la siguiente fórmula se calcula el peso unitario seco suelto:

$$PVSS \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(\text{Peso del mat. suelto} + \text{recipiente}) - (\text{Peso del recipiente})}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Tabla N° 44: Peso unitario seco suelto del agregado fino

Muestra	1	2	3
Peso del molde vacío (g)	1639.00	1639.00	1639.00
Peso molde + muestra (g)	5928.00	5965.00	5927.50
Peso de la muestra (g)	4289.00	4326.00	4288.50
Volumen del molde (cm ³)	2702.65	2702.65	2702.65
Peso unitario suelto (g/cm ³)	1.59	1.60	1.59
Peso unitario suelto promedio (kg/m ³)	1,590		

Fuente: Elaboración propia

- Con la siguiente formula se calcula el peso unitario seco compactado:

$$PVSc \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(\text{Peso del mat. compacto} + \text{recipiente}) - (\text{Peso del recipiente})}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Tabla N° 45: Peso unitario seco compactado del agregado fino

Muestra	1	2	3
Peso del molde vacío (g)	1605.50	1605.50	1605.50
Peso molde + muestra (g)	6211.50	6222.00	6242.00
Peso de la muestra (g)	4606.00	4616.50	4636.50
Volumen del molde (cm ³)	2702.65	2702.65	2702.65
Peso unitario compacto (g/cm ³)	1.70	1.71	1.72
Peso unitario compacto promedio (kg/m ³)	1710		

Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Cemento

El cemento utilizado es el cemento portland Yura Tipo IP, el cual es el más utilizado y comercial de nuestra zona.

El peso específico del cemento es de 2.85 el cual fue obtenido por datos de la misma empresa.

4.1.7. Agua

El agua es un componente primordial que se utiliza para provocar las reacciones químicas en los cementantes del concreto hidráulico o del mortero de cemento Portland.

La NTP 339.088 nos permite el uso de agua que no sea potable o son provenientes de las operaciones de producción de concreto, siempre y cuando este dentro de los siguientes requisitos:

- Máximo de cloruro como CI que debe presentar el agua para la mezcla es 1000 ppm
- Máximo de Sulfatos como SO_4 que debe presentar el agua para la mezcla es 3000 ppm

El agua utilizada en la presente Investigación está en la categoría de agua subterránea y fue tomada directamente del laboratorio de la Universidad Católica de Santa María.

Se realizó un análisis físico – químico de dicha muestra en Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L, ubicado en el Parque industrial Rio Seco C-1, Cerro Colorado, donde se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla N° 46: Análisis físico - químico del Agua

ENSAYOS	RESULTADO (mg/l)
Ion cloruro en agua: SMEWW.22 nd Ed. Item 4500-CI-Part.C Mercuric Nitrate Method	36.9
Ensayo de Sulfatos en agua: SMEWW.22 th Ed. 4500-SO ₄ ⁻² Part. E Turbidimetric Method.(Método de Ensayo Acreditado)	44.11

Fuente: Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango establecido por la NTP 339.088.

4.1.8. Aditivos

Los aditivos son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido. (Fernández Canovas, 2018).

El Aditivo utilizado en nuestros vaciados es el Sika® Cem Plastificante el cual fue empleado en algunos diseños que no cumplían con el Slump. Según sus especificaciones de dicho aditivo, para que sea plastificante se incorporan 250 ml por bolsa de cemento y para Súper-plastificante se incorpora 500 ml por bolsa de cemento. La Tabla N° 47 nos muestra los diseños que se utilizó el Sika Súper-Plastificante.

Tabla N° 47: Diseños con y sin aditivo (Plastificante y Súper-plastificante)

Diseño	f'c (kgf/cm ²)	Aditivo	Diseño	f'c (kgf/cm ²)	Aditivo	Diseño	f'c (kgf/cm ²)	Aditivo
ACI	175	-	MF – BCA 20%	175	SP	ACI – CHM 5%	175	-
	210	-		210	SP		210	-
	280	P		280	SP		280	P
	350	SP		350	SP		350	SP
MF	175	-	ACI – CCC 5%	175	-	ACI – CHM 10%	175	-
	210	-		210	P		210	-
	280	P		280	SP		280	P
	350	SP		350	SP		350	SP
ACI – BCA 5%	175	-	ACI – CCC 10%	175	P	ACI – CHM 15%	175	-
	210	P		210	P		210	-
	280	P		280	SP		280	P
	350	SP		350	SP		350	P
ACI – BCA 10%	175	P	ACI – CCC 15%	175	SP	ACI – CHM 20%	175	-
	210	SP		210	SP		210	-
	280	SP		280	SP		280	P
	350	SP		350	SP		350	SP
ACI – BCA 15%	175	SP	ACI – CCC 20%	175	SP	MF – CHM 5%	175	-
	210	SP		210	SP		210	P
	280	SP		280	SP		280	SP
	350	SP		350	SP		350	SP
ACI – BCA 20%	175	SP	MF – CCC 5%	175	P	MF – CHM 10%	175	-
	210	SP		210	P		210	P
	280	SP		280	SP		280	SP
	350	SP		350	SP		350	SP
MF – BCA 5%	175	P	MF – CCC 10%	175	-	MF – CHM 15%	175	-
	210	P		210	P		210	-
	280	SP		280	SP		280	P
	350	SP		350	SP		350	P
MF – BCA 10%	175	SP	MF – CCC 15%	175	-	MF – CHM 20%	175	-
	210	SP		210	P		210	-
	280	SP		280	SP		280	P
	350	SP		350	SP		350	SP
MF – BCA 15%	175	P	MF – CCC 20%	175	P	- P = Plastificante - SP = Súper-plastificante		
	210	SP		210	SP			
	280	SP		280	SP			
	350	SP		350	SP			

Fuente: Elaboración propia

4.2. Descripción del método de diseño de concreto

4.2.1. Método ACI 211.

Este método para la elaboración de diseños de mezclas, el cual fue desarrollado por el comité 211 del American Concrete Institute nos permite establecer valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto, basándose en tablas preestablecidas. (Pasquel, 1998)

Una deficiencia de este método es que no está concebido para condiciones constructivas especiales ni agregados marginales; no obstante queda a criterio del diseñador su aplicación recordando sus limitaciones. (Pasquel, 1998)

El procedimiento para el diseño de mezclas según el método ACI 211 es:

- **Primer paso: Resistencia promedio.**

Se determina la resistencia promedio (f'_{cr}) a partir de la resistencia especificada, para obtenerla existe 3 casos. Se escogió para esta investigación el caso nro. 3 ya que no contamos con un registro de resultados de ensayos, que nos ayude a obtener la desviación estándar, entonces la resistencia promedio requerida deberá ser determinada empleando los valores de la Tabla N° 48

Tabla N° 48: Resistencia a la compresión promedio

f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

- **Segundo Paso: Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.**

Las normas de diseño estructural recomiendan que el TNM del agregado grueso sea el económicamente disponible, siempre que sea compatible con las

dimensiones y características de la estructura. Se determina mediante el ensayo de granulometría. (Rivva ,1992).

- **Tercer Paso: Selección del asentamiento (Slump).**

Se seleccionó el asentamiento por el tipo de consistencia del concreto mediante la Tabla N° 49

Tabla N° 49: Consistencia y Asentamiento

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	≥ 5"

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

En la presente investigación se usó como punto de partida un Slump de 2" para observar las variaciones al usar las cenizas de bagazo de caña de azúcar, cáscara de cebada y hoja de maíz.

- **Cuarto Paso: Selección del contenido de aire.**

Se hace el uso de la Tabla N° 50 confeccionada por el comité 211 del ACI.

Tabla N° 50: Contenido de aire atrapado

TNM del Agregado Grueso	Aire Atrapado (%)
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

- **Quinto Paso: Determinación del volumen de agua.**

Se determinó el volumen de agua utilizando la Tabla N° 51 confeccionada por el comité 211 del ACI, considerando concreto sin aire incluido.

Tabla N° 51: Volumen de agua por m³

Asentamiento	Agua, en l/m ³ , para TNM de agregado grueso y consistencia indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	103	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

- **Sexto Paso: Selección de la relación agua/cemento (a/c).**

El comité 211 del ACI proporciona la Tabla N° 52 con los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera para concretos sin adición de puzolanas.

Tabla N° 52: Relación agua/cemento por resistencia

Resistencia a la Compresión a los 28 días f'cr (kg/cm ²)	Relación Agua/Cemento de Diseño en Peso	
	Concreto sin Aire Incorporado	Concreto con Aire Incorporado
450	0.38	----
400	0.43	----
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

- **Aplicación del método de peso equivalente de cenizas volantes en el uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar, cáscara de cebada y hoja de maíz**

El Instituto Americano del Concreto (ACI), adopta el uso de cenizas volantes y recomienda tratarlas como un sustituto parcial del cemento, por lo que en el proceso de dosificación se tomará en cuenta en la relación agua-cemento (agua – material cementante, $a/c+cv$), en la determinación del contenido de cemento (c) y de cenizas (cv).

El contenido de cenizas será un porcentaje en masa (FW) o en volumen (FV) del total del material cementante. El ACI para determinar el contenido de cenizas indica: “los métodos para analizar las mezclas de concreto que contengan cenizas volantes, pueden basarse en mezclas de prueba usando proporciones y evaluando sus resistencias, requerimientos de agua, y otras propiedades para determinar la cantidad optima de cenizas.”

La relación $a/(c+cv)$ se obtiene de la relación a/c , para esto el ACI recomienda el uso de equivalencias en peso. (Giraldo Bolívar, 2006)

$$\frac{a}{c + cv} = \frac{a}{c} \quad \text{Equivalencia en peso}$$

$$\frac{a}{c + cv} = \frac{PE_c * \frac{a}{c}}{PE_c * (1 - F_v) + PE_{cv} * (F_v)} \quad \text{Equivalencia en volumen}$$

Despejando la fórmula anterior tenemos:

$$F_v = \frac{1}{1 + \left(\frac{PE_{cv}}{PE_c}\right) * \left(\frac{1}{F_w} - 1\right)}$$

Donde:

PE_c = Peso específico del cemento.

PE_{cv} = Peso específico de las cenizas.

F_v = Porcentaje en volumen de las cenizas, en el volumen total del material cementicio.

F_w = Porcentaje en masa de las cenizas, en la masa total del material cementicio.

Finalmente la fórmula puede expresarse también de la siguiente manera:

$$\frac{a}{c + cv} = \frac{1}{\frac{1}{a/c} + 0.1846 * F_w^2}$$

Donde:

F_w = Contenido de cenizas % en peso del cemento.

$\frac{a}{c}$ = Relación agua – cemento en peso para hormigón sin adiciones.

$\frac{a}{c+cv}$ = Relación agua – material cementicio (o agua – cemento + puzolana) en peso, recomendada para la misma resistencia.

- **Séptimo Paso: Cálculo del factor cemento.**

La cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo el volumen de agua por la relación a/c

- **Octavo Paso: Determinar el contenido de agregado grueso.**

Se determina el contenido de agregado grueso mediante la Tabla N° 53, elaborada por el comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino.

Tabla N° 53: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

TNM del agregado grueso	Volumen del agregado seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de Fineza del fino (b/bo)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

Una vez calculado el factor b/b_o , para determinar el contenido de agregado grueso, multiplicamos dicho factor con el Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso.

- **Noveno Paso: Volumen absoluto.**

Se determinó la suma de los volúmenes absolutos del cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso.

- **Décimo Paso: Determinar el contenido de agregado fino.**

Primero determinar el volumen absoluto del agregado fino, el cual se halla restándole a 1 la suma de los volúmenes absolutos (cemento, agua aire y agregado grueso), para después obtener el peso del agregado fino multiplicando dicho resultado por su peso específico corriente.

- **Undécimo Paso: Corrección por humedad.**

Una vez obtenido las dosificaciones en seco, se procede a realizar las correcciones por humedad y absorción del diseño.

- **Duodécimo Paso: Proporciones en peso.**

Se determinaron las proporciones en peso, en función al cemento.

4.2.2. Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los agregados

El diseño por el método del Módulo de Fineza es independiente de la granulometría, y permite que la trabajabilidad y la resistencia sean constantes. La deficiencia de este método radica en que obvia el análisis detallado de la granulometría de la mezcla, basándose sólo en el promedio que representa, lo cual en algunos casos tiende a subestimar la importancia de los finos, por lo que lo recomendable es aplicarlo conjuntamente con alguna curva teórica para una verificación adicional. (Pasquel, 1992 – 1993).

El procedimiento para el diseño de mezclas es el siguiente:

- **Primer paso: Determinación de la resistencia promedio:**

Se utilizará la Tabla N° 48, descrita en el método anterior para la determinación de la resistencia promedio requerida.

- **Segundo Paso: Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.**

De acuerdo a las especificaciones, el agregado grueso tiene perfil angular y un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ".

- **Tercer Paso: Selección del asentamiento (Slump)**

Las condiciones de colocación requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 2" a 4"; según se muestra en la Tabla N° 49.

- **Cuarto Paso: Selección del contenido de aire**

Nuestro diseño no contiene aire incorporado, por tal motivo el aire atrapado para un agregado grueso del tamaño nominal de $\frac{3}{4}$ " será de hasta 2% según lo establecido en la Tabla N° 50

- **Quinto Paso: Volumen unitario de agua**

Conocido también como agua de diseño, el cual es seleccionado de la Tabla N° 51 en la que se determina que para un agregado grueso de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", en una mezcla de consistencia plástica y sin aire incorporado, corresponde un volumen unitario de 205 l/m³

- **Sexto Paso: Relación agua/cemento (a/c)**

Según la Tabla N° 52 se seleccionará el valor de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera, para las diferentes resistencias que corresponden al diseño patrón; es decir, que no contiene puzolanas adicionales.

- **Aplicación del método de peso equivalente de cenizas volantes en el uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar, cáscara de cebada y hoja de maíz**

El Instituto Americano del Concreto (ACI), adopta el uso de cenizas volantes y recomienda tratarlas como un sustituto parcial del cemento, por lo que en el proceso de dosificación se tomará en cuenta en la relación agua-cemento (agua – material cementante, $a/c+cv$), en la determinación del contenido de cemento (c) y de cenizas (cv).

El contenido de cenizas será un porcentaje en masa (FW) o en volumen (FV) del total del material cementante. El ACI para determinar el contenido de cenizas indica: “los métodos para analizar las mezclas de concreto que contengan cenizas volantes, pueden basarse en mezclas de prueba usando proporciones y evaluando sus resistencias, requerimientos de agua, y otras propiedades para determinar la cantidad optima de cenizas.”

La relación $a/(c+cv)$ se obtiene de la relación a/c , para esto el ACI recomienda el uso de equivalencias en peso. (Giraldo Bolívar, 2006)

$$\frac{a}{c + cv} = \frac{a}{c} \text{ Equivalencia en peso}$$

$$\frac{a}{c + cv} = \frac{PE_c * \frac{a}{c}}{PE_c * (1 - F_v) + PE_{cv} * (F_v)} \quad \text{Equivalencia en volumen}$$

Despejando la fórmula anterior tenemos:

$$F_v = \frac{1}{1 + \left(\frac{PE_{cv}}{PE_c}\right) * \left(\frac{1}{F_w} - 1\right)}$$

Donde:

PE_c = Peso específico del cemento.

PE_{cv} = Peso específico de las cenizas.

F_v = Porcentaje en volumen de las cenizas, en el volumen total del material cementicio.

F_w = Porcentaje en masa de las cenizas, en la masa total del material cementicio.

Finalmente la fórmula puede expresarse también de la siguiente manera:

$$\frac{a}{c + cv} = \frac{1}{\frac{1}{a/c} + 0.1846 * F_w^2}$$

Donde:

F_w = Contenido de cenizas % en peso del cemento.

$\frac{a}{c}$ = Relación agua – cemento en peso para hormigón sin adiciones.

$\frac{a}{c+cv}$ = Relación agua – material cementicio (o agua – cemento + puzolana) en peso, recomendada para la misma resistencia.

• Séptimo Paso: Cálculo del factor cemento

La cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo el volumen de agua y la relación a/c .

$$\text{Contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (l/m}^3\text{)}}{\text{Relación } a/(c + cv) \text{ (para } f'_{cr}\text{)}}$$

$$\text{Volumen de cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de cemento (kg)}}{\text{Peso específico del cemento (kg/m}^3\text{)}}$$

- **Octavo Paso: Cálculo del volumen absoluto de la pasta**

Es la suma de los volúmenes de los elementos integrantes de la masa cementante sin incluir los agregados.

$$\text{Volumen absoluto de la pasta} = \text{Vol. Cemento} + \text{Vol. Agua} + \text{Vol. Aire} + \text{Vol. Ceniza}$$

- **Noveno Paso: Cálculo del volumen absoluto de los agregados**

Es la diferencia de la unidad con el volumen absoluto de la Pasta.

$$\text{Volumen absoluto del agregado} = 1 - \text{Vol. Absoluto de la pasta}$$

- **Décimo Paso: Cálculo del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados**

Encontraremos el valor del Módulo de Fineza con la Tabla N° 54 el cual solo requiere conocer los valores del contenido de cemento (bolsas/m³) y el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Tabla N° 54: Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso		Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para contenidos de cemento en sacos/m ³ indicados				
mm	pulg	5	6	7	8	9
10	3/8	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
12.5	1/2	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
20	3/4	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
25	1	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
40	1 1/2	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
50	2	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
70	3	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

- **Undécimo Paso: Cálculo del valor del porcentaje del agregado fino**

Con ayuda del valor del Módulo de Fineza determinaremos el porcentaje de agregado fino con relación al volumen absoluto de agregados.

$$\% \text{Agregado Fino} = \frac{m_g - m}{m_g - m_r} \times 100$$

Donde:

m = Módulo de fineza de la combinación de agregados

m_r = Módulo de fineza del agregado fino

m_g = Módulo de fineza del agregado grueso

%Agregado Fino = Porcentaje del agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado

- **Duodécimo Paso: Cálculo del volumen absoluto de los agregados fino y grueso**

A diferencia del noveno paso encontraremos la incidencia de ambos agregados independientemente

$$\text{Vol. absoluto del Ag. fino} = \text{Vol. absoluto de los agregados} \times \% \text{Ag. fino}$$

$$\text{Vol. absoluto del Ag. grueso} = \text{Vol. absoluto de los agregados} \times (1 - \% \text{Ag. fino})$$

- **Décimo tercero Paso: Cálculo de los pesos secos de los agregados**

$$\text{Peso Ag. fino (kg/m}^3\text{)} = (\text{Vol. Absoluto del Ag. fino}) \times (\text{Peso específico del Ag. fino})$$

$$\text{Peso Ag. grueso (kg/m}^3\text{)} = (\text{Vol. Absoluto del Ag. grueso}) \times (\text{Peso específico del Ag. grueso})$$

- **Décimo cuarto Paso: Corrección por humedad**

El agua de nuestro diseño será afectada por la humedad de los agregados, ya sea si se encuentran secos o húmedos afectando directamente la relación a/c y

la trabajabilidad y por ende la resistencia. Por tal motivo realizaremos el siguiente análisis:

$$\text{Peso A. grueso húmedo(kg)} = (\text{Peso A. grueso seco}) * \left(1 + \frac{\%W_g}{100}\right)$$

$$\text{Peso A. fino húmedo(kg)} = (\text{Peso A. fino seco}) * \left(1 + \frac{\%W_f}{100}\right)$$

$$\text{Peso Ceniza húmeda(kg)} = (\text{Peso Ceniza seco}) * \left(1 + \frac{\%W_c}{100}\right)$$

Luego calcularemos el agua efectiva:

$$\text{Agua en Ag. grueso} = (\text{Peso Ag. grueso seco}) * \left(\frac{\%W_g - \%a_g}{100}\right)$$

$$\text{Agua en Ag. fino} = (\text{Peso Ag. fino seco}) * \left(\frac{\%W_f - \%a_f}{100}\right)$$

$$\text{Agua en ceniza} = (\text{Peso ceniza seca}) * \left(\frac{\%W_c - \%a_c}{100}\right)$$

$$\text{Agua efectiva(lts)} = \text{Agua de diseño} - (\text{Agua en Ag. grueso} + \text{Agua en Ag. fino} + \text{Agua en Ceniza})$$

Donde:

$\%W_g$ = Humedad Ag. Grueso

$\%a_g$ = % Absorción Ag. Grueso

$\%W_f$ = Humedad Ag. Fino

$\%a_f$ = % Absorción Ag. Fino

$\%W_c$ = Humedad ceniza

$\%a_c$ = % Absorción ceniza

- Décimo quinto Paso: Proporciones en peso**

Ceniza : Cemento : Agregado Fino : Agregado Grueso / agua

$$\frac{\text{Peso Ceniza}}{\text{Peso Cemento}} : \frac{\text{Peso Cemento}}{\text{Peso Cemento}} : \frac{\text{Peso Ag. Fino húmedo}}{\text{Peso Cemento}} : \frac{\text{Peso Ag. Grueso húmedo}}{\text{Peso Cemento}} / \frac{\text{Agua efectiva}}{\text{Peso Cemento}}$$

- **Décimo sexto Paso: Proporciones en volumen**

Primero se requiere de los pesos unitarios sueltos de todos los componentes:

$$\text{Cemento} : \text{Vol. cemento(m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso cemento(kg)}}{\text{P.U.cemento(1500kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Agregado fino} : \text{Vol. Ag. fino(m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Ag.fino húmedo(kg)}}{\text{P.U.Ag.fino húmedo(kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Agregado grueso} : \text{Vol. Ag. grueso(m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Ag.grueso húmedo(kg)}}{\text{P.U.Ag.grueso húmedo(kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Ceniza} : \text{Vol. Ceniza(m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Ceniza(kg)}}{\text{P.U.Ceniza(kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Agua} : \text{Agua(l/bls)} = \frac{\text{Cantidad de agua por m}^3 \text{ de C}^\circ}{\left(\frac{\text{Peso cemento por m}^3 \text{ de C}^\circ}{\text{Peso cemento por bolsa (42.5)}} \right)}$$

Las proporciones en volumen serán:

Ceniza : Cemento : Agregado Fino : Agregado Grueso / agua l/bls

$$\frac{\text{Vol. Ceniza}}{\text{Vol. Cemento}} : \frac{\text{Vol. Cemento}}{\text{Vol. Cemento}} : \frac{\text{Vol. Ag. Fino}}{\text{Vol. Cemento}} : \frac{\text{Vol. Ag. Grueso}}{\text{Vol. Cemento}} / \text{Agua (l/bls)}$$

4.3. Cálculos y diseños para las muestras a analizar.

4.3.1. Diseño de Mezclas Método ACI 211 y Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Diseños de mezclas que se utilizaron en la presente investigación

Tabla N° 55: Diseño de Mezclas sin cenizas $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	07/08/2018	Fecha de Vaciado	07/08/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	-	Peso Específico	0.00	kg/cm^3
Porcentaje	0 %	Absorción	0	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	5.89	Cemento	5.89	
Puzolana	0.00	Puzolana	0.00	
Agua	3.59	Agua	3.61	0.61
Ag. Fino	13.72	Ag. Fino	12.63	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.47	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 56: Diseño de Mezclas sin cenizas $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	07/08/2018	Fecha de Vaciado	08/08/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	-	Peso Específico	0.00	kg/cm^3
Porcentaje	0 %	Absorción	0	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	6.62	Cemento	6.62	
Puzolana	0.00	Puzolana	0.00	
Agua	3.60	Agua	3.63	0.55
Ag. Fino	13.05	Ag. Fino	11.81	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.63	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 57: Diseño de Mezclas sin cenizas $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	07/08/2018	Fecha de Vaciado	08/08/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	280	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	-	Peso Específico	0.00	kg/cm^3
Porcentaje	0 %	Absorción	0	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	7.94	Cemento	7.94	
Puzolana	0.00	Puzolana	0.00	
Agua	3.62	Agua	3.65	0.46
Ag. Fino	11.85	Ag. Fino	10.37	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.88	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 58: Diseño de Mezclas sin cenizas $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	08/08/2018	Fecha de Vaciado	08/08/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	350	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	-	Peso Específico	0.00	kg/cm^3
Porcentaje	0 %	Absorción	0	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	9.34	Cemento	9.34	
Puzolana	0.00	Puzolana		
Agua	3.64	Agua	3.67	0.39
Ag. Fino	10.56	Ag. Fino	8.91	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	20.07	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 59: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CBCA
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	09/08/2018	Fecha de Vaciado	05/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar	Peso Específico	2.23	kg/cm ³
Porcentaje	5 %	Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	5.60	Cemento	5.60	0.65
Puzolana	0.30	Puzolana	0.30	
Agua	3.59	Agua	3.61	
Ag. Fino	13.64	Ag. Fino	12.80	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.21	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 60: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CBCA
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	09/08/2018	Fecha de Vaciado	05/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar	Peso Específico	2.23	kg/cm ³
Porcentaje	5 %	Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	6.29	Cemento	6.29	0.58
Puzolana	0.33	Puzolana	0.33	
Agua	3.60	Agua	3.62	
Ag. Fino	12.96	Ag. Fino	12.03	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.30	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 61: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CBCA
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	09/08/2018	Fecha de Vaciado	05/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	280	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar	Peso Específico	2.23	kg/cm^3
Porcentaje	5 %	Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	7.54	Cemento	7.54	
Puzolana	0.40	Puzolana	0.40	0.49
Agua	3.62	Agua	3.70	
Ag. Fino	11.74	Ag. Fino	10.62	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.50	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 62: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CBCA
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	13/08/2018	Fecha de Vaciado	05/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	350	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar	Peso Específico	2.23	kg/cm^3
Porcentaje	5 %	Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	8.87	Cemento	8.87	
Puzolana	0.47	Puzolana	0.47	0.43
Agua	4.03	Agua	3.82	
Ag. Fino	10.44	Ag. Fino	9.20	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.63	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 63: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CBCA
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	13/08/2018	Fecha de Vaciado	05/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar	Peso Específico	2.23	kg/cm^3
Porcentaje	10 %	Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	5.31	Cemento	5.31	
Puzolana	0.59	Puzolana	0.59	
Agua	3.59	Agua	3.61	0.68
Ag. Fino	13.56	Ag. Fino	12.97	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.94	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 64: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CBCA
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	13/08/2018	Fecha de Vaciado	05/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar	Peso Específico	2.23	kg/cm^3
Porcentaje	10 %	Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	5.97	Cemento	5.97	
Puzolana	0.66	Puzolana	0.66	
Agua	3.80	Agua	3.62	0.61
Ag. Fino	12.87	Ag. Fino	12.23	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.99	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 65: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CBCA
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO					
ACI		MÓDULO DE FINEZA			
Fecha de Vaciado	16/08/2018	Fecha de Vaciado		10/09/2018	
Datos de Diseño	f'c (kgf/cm²)	Cemento	Contenido de aire	Slump	
	280	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"	
Característica de la ceniza					
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar		Peso Específico	2.23 kg/cm³	
Porcentaje	10 %		Absorción	0.25 %	
Cantidad de Probetas		09	Cantidad de Probetas		09
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	7.15		Cemento	7.15	
Puzolana	0.80		Puzolana	0.80	
Agua	4.02	0.56	Agua	3.74	0.52
Ag. Fino	11.64		Ag. Fino	10.88	
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	19.12	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 66: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CBCA
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO					
ACI			MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado		16/08/2018	Fecha de Vaciado		10/09/2018
Datos de Diseño		f'c (kgf/cm²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
		350	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza					
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar		Peso Específico	2.23	kg/cm³
Porcentaje	10 %		Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas		09	Cantidad de Probetas		09
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	8.41		Cemento	8.41	
Puzolana	0.94		Puzolana	0.94	
Agua	4.44	0.53	Agua	3.96	0.47
Ag. Fino	10.32		Ag. Fino	9.49	
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	19.20	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 67: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CBCA
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	16/08/2018	Fecha de Vaciado	10/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar	Peso Específico	2.23	kg/cm^3
Porcentaje	15 %	Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	5.02		Cemento	5.02
Puzolana	0.89		Puzolana	0.89
Agua	3.60	0.72	Agua	3.60
Ag. Fino	13.48		Ag. Fino	13.16
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 68: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CBCA
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	20/08/2018	Fecha de Vaciado	10/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar	Peso Específico	2.23	kg/cm^3
Porcentaje	15 %	Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	5.64		Cemento	5.64
Puzolana	1.00		Puzolana	1.00
Agua	3.71	0.66	Agua	3.61
Ag. Fino	12.78		Ag. Fino	12.41
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.71

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 69: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CBCA
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO					
ACI		MÓDULO DE FINEZA			
Fecha de Vaciado	20/08/2018	Fecha de Vaciado		11/09/2018	
Datos de Diseño	f'c (kgf/cm²)	Cemento	Contenido de aire	Slump	
	280	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"	
Característica de la ceniza					
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar		Peso Específico	2.23 kg/cm³	
Porcentaje	15 %		Absorción	0.25 %	
Cantidad de Probetas		09	Cantidad de Probetas		09
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	6.76		Cemento	6.76	
Puzolana	1.20		Puzolana	1.20	
Agua	3.93	0.58	Agua	3.89	0.57
Ag. Fino	11.53		Ag. Fino	11.12	
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.75	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 70: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CBCA
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO					
ACI			MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado		20/08/2018	Fecha de Vaciado		11/09/2018
Datos de Diseño		f'c (kgf/cm ²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
		350	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza					
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar		Peso Específico	2.23	kg/cm ³
Porcentaje	15 %		Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas		09	Cantidad de Probetas		09
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	7.95		Cemento	7.95	
Puzolana	1.41		Puzolana	1.41	
Agua	4.45	0.56	Agua	3.96	0.50
Ag. Fino	10.19		Ag. Fino	9.77	
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.77	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 71: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CBCA
f'c = 175kgf/cm²

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	22/08/2018	Fecha de Vaciado	11/09/2018	
Datos de Diseño	f'c (kgf/cm ²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar	Peso Específico	2.23	kg/cm ³
Porcentaje	20 %	Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	4.73	Cemento	4.73	
Puzolana	1.19	Puzolana	1.19	
Agua	3.60	Agua	3.60	0.76
Ag. Fino	13.39	Ag. Fino	13.35	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.36	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 72: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CBCA
f'c = 210 kgf/cm²

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	22/08/2018	Fecha de Vaciado	11/09/2018	
Datos de Diseño	f'c (kgf/cm ²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar	Peso Específico	2.23	kg/cm ³
Porcentaje	20 %	Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	5.32	Cemento	5.32	
Puzolana	1.33	Puzolana	1.33	
Agua	3.71	Agua	3.81	0.72
Ag. Fino	12.68	Ag. Fino	12.59	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.41	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 73: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CBCA
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	22/08/2018	Fecha de Vaciado	12/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c$ (kgf/cm²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
	280	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar	Peso Específico	2.23	kg/cm ³
Porcentaje	20 %	Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	6.37		Cemento	6.37
Puzolana	1.60		Puzolana	1.60
Agua	3.93	0.62	Agua	4.03
Ag. Fino	11.42		Ag. Fino	11.36
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.38
				0.63

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 74: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CBCA
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	23/08/2018	Fecha de Vaciado	12/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c$ (kgf/cm²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
	350	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Bagazo de caña de azúcar	Peso Específico	2.23	kg/cm ³
Porcentaje	20 %	Absorción	0.25	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	7.49		Cemento	7.49
Puzolana	1.88		Puzolana	1.88
Agua	4.35	0.58	Agua	4.35
Ag. Fino	10.06		Ag. Fino	10.04
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.34
				0.58

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 75: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CCC
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	23/08/2018	Fecha de Vaciado	13/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm^3
Porcentaje	5 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	5.60		Cemento	5.60
Puzolana	0.30		Puzolana	0.30
Agua	3.60	0.64	Agua	3.62
Ag. Fino	13.63		Ag. Fino	12.80
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	19.20
				0.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 76: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CCC
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	28/08/2018	Fecha de Vaciado	13/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm^3
Porcentaje	5 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	6.29		Cemento	6.29
Puzolana	0.34		Puzolana	0.34
Agua	3.61	0.57	Agua	3.63
Ag. Fino	12.95		Ag. Fino	12.03
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	19.29
				0.58

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 77: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CCC
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	28/08/2018	Fecha de Vaciado	13/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	280	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm ³
Porcentaje	5 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	7.54	Cemento	7.54	
Puzolana	0.41	Puzolana	0.41	0.48
Agua	3.63	Agua	3.65	
Ag. Fino	11.73	Ag. Fino	10.62	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.50	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 78: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CCC
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	28/08/2018	Fecha de Vaciado	13/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	350	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm ³
Porcentaje	5 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	8.87	Cemento	8.87	
Puzolana	0.48	Puzolana	0.48	0.41
Agua	4.05	Agua	3.68	
Ag. Fino	10.43	Ag. Fino	9.20	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.62	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 79 : Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CCC
f'c = 175 kgf/cm²

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	28/08/2018	Fecha de Vaciado	17/09/2018	
Datos de Diseño	f'c (kgf/cm ²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm ³
Porcentaje	10 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	5.31	Cemento	5.31	
Puzolana	0.60	Puzolana	0.60	
Agua	3.61	Agua	3.62	0.68
Ag. Fino	13.54	Ag. Fino	12.96	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.93	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 80: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CCC
f'c = 210 kgf/cm²

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	29/08/2018	Fecha de Vaciado	17/09/2018	
Datos de Diseño	f'c (kgf/cm ²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm ³
Porcentaje	10 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	5.97	Cemento	5.97	
Puzolana	0.68	Puzolana	0.68	
Agua	3.62	Agua	3.63	0.61
Ag. Fino	12.85	Ag. Fino	12.22	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.98	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 81: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CCC
f'c = 280kgf/cm²

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	29/08/2018	Fecha de Vaciado	17/09/2018	
Datos de Diseño	f'c (kgf/cm ²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
	280	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm ³
Porcentaje	10 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	7.15		Cemento	7.15
Puzolana	0.81	0.54	Puzolana	0.81
Agua	3.84		Agua	3.66
Ag. Fino	11.61		Ag. Fino	10.87
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	19.11
				0.51

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 82: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CCC
f'c = 350 kgf/cm²

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	29/08/2018	Fecha de Vaciado	17/09/2018	
Datos de Diseño	f'c (kgf/cm ²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
	350	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm ³
Porcentaje	10 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	8.41		Cemento	8.41
Puzolana	0.96	0.51	Puzolana	0.96
Agua	4.27		Agua	3.78
Ag. Fino	10.29		Ag. Fino	9.48
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	19.18
				0.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 83: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CCC
f'c = 175 kgf/cm²

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	29/08/2018	Fecha de Vaciado	18/09/2018	
Datos de Diseño	f'c (kgf/cm ²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm ³
Porcentaje	15 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	5.02		Cemento	5.02
Puzolana	0.89		Puzolana	0.91
Agua	3.60	0.72	Agua	3.62
Ag. Fino	13.48		Ag. Fino	13.15
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.63

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 84: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CCC
f'c = 210 kgf/cm²

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	03/09/2018	Fecha de Vaciado	18/09/2018	
Datos de Diseño	f'c (kgf/cm ²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm ³
Porcentaje	15 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	5.64		Cemento	5.64
Puzolana	1.02		Puzolana	1.02
Agua	3.63	0.64	Agua	3.64
Ag. Fino	12.74		Ag. Fino	12.40
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.69

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 85: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CCC
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO					
ACI			MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	03/09/2018		Fecha de Vaciado	18/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$		Cemento	Contenido de aire	Slump
	280		Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza					
Procedencia	Cáscara de cebada		Peso Específico	2.17	kg/cm^3
Porcentaje	15	%	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09		Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	6.76		Cemento	6.76	
Puzolana	1.22		Puzolana	1.22	
Agua	4.16		Agua	4.16	
Ag. Fino	11.49	0.61	Ag. Fino	11.10	0.62
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.73	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 86: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CCC
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO					
ACI			MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	03/09/2018		Fecha de Vaciado	19/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$		Cemento	Contenido de aire	Slump
	350		Yura Tipo I	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza					
Procedencia	Cáscara de cebada		Peso Específico	2.17	kg/cm^3
Porcentaje	15	%	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09		Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	7.95		Cemento	7.95	
Puzolana	1.44		Puzolana	1.44	
Agua	4.78		Agua	3.89	
Ag. Fino	10.15	0.60	Ag. Fino	9.75	0.49
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.74	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 87: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CCC
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	03/09/2018	Fecha de Vaciado	19/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm^3
Porcentaje	20 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	4.73	Cemento	4.73	
Puzolana	1.21	Puzolana	1.21	
Agua	3.63	Agua	3.63	0.77
Ag. Fino	13.35	Ag. Fino	13.33	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.34	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 88: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CCC
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	03/09/2018	Fecha de Vaciado	19/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm^3
Porcentaje	20 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	5.32	Cemento	5.32	
Puzolana	1.36	Puzolana	1.36	
Agua	3.69	Agua	3.64	0.68
Ag. Fino	12.64	Ag. Fino	12.57	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.39	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 89: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CCC
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	03/09/2018	Fecha de Vaciado	19/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	280	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm ³
Porcentaje	20 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	6.37	Cemento	6.37	
Puzolana	1.63	Puzolana	1.63	0.61
Agua	3.97	Agua	3.92	
Ag. Fino	11.36	Ag. Fino	11.34	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.34	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 90: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CCC
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	03/09/2018	Fecha de Vaciado	19/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	350	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm ³
Porcentaje	20 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	7.49	Cemento	7.49	
Puzolana	1.92	Puzolana	1.92	0.56
Agua	4.50	Agua	4.20	
Ag. Fino	10.00	Ag. Fino	10.02	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.30	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 91: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CHM
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	02/10/2018	Fecha de Vaciado	10/10/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Hoja de maíz	Peso Específico	1.58	kg/cm^3
Porcentaje	5 %	Absorción	5.26	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	5.60	Cemento	5.60	
Puzolana	0.31	Puzolana	0.31	
Agua	3.61	Agua	3.63	0.65
Ag. Fino	13.50	Ag. Fino	12.74	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.12	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 92 : Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CHM
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	02/10/2018	Fecha de Vaciado	10/10/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Hoja de maíz	Peso Específico	1.58	kg/cm^3
Porcentaje	5 %	Absorción	5.26	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	6.29	Cemento	6.29	
Puzolana	0.35	Puzolana	0.35	
Agua	3.62	Agua	3.64	0.58
Ag. Fino	12.80	Ag. Fino	11.97	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.20	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 93: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CHM
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	02/10/2018	Fecha de Vaciado	10/10/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	280	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Hoja de Maíz	Peso Específico	1.58	kg/cm^3
Porcentaje	5 %	Absorción	5.26	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	7.54	Cemento	7.54	
Puzolana	0.42	Puzolana	0.42	0.49
Agua	3.64	Agua	3.67	
Ag. Fino	11.55	Ag. Fino	10.55	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.38	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 94: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CHM
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	02/10/2018	Fecha de Vaciado	10/10/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	350	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Hoja de maíz	Peso Específico	1.58	kg/cm^3
Porcentaje	5 %	Absorción	5.26	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	8.87	Cemento	8.87	
Puzolana	0.49	Puzolana	0.49	0.42
Agua	3.67	Agua	3.69	
Ag. Fino	10.22	Ag. Fino	9.13	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	19.47	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 95: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CHM
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	30/10/2018	Fecha de Vaciado	18/10/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Hoja de maíz	Peso Específico	1.58	kg/cm^3
Porcentaje	10 %	Absorción	5.26	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	5.31	Cemento	5.31	
Puzolana	0.62	Puzolana	0.62	
Agua	3.63	Agua	3.64	0.69
Ag. Fino	13.28	Ag. Fino	12.86	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.77	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 96: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CHM
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	30/10/2018	Fecha de Vaciado	18/10/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Hoja de maíz	Peso Específico	1.58	kg/cm^3
Porcentaje	10 %	Absorción	5.26	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	5.97	Cemento	5.97	
Puzolana	0.70	Puzolana	0.70	
Agua	3.64	Agua	3.65	0.61
Ag. Fino	12.55	Ag. Fino	12.11	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.80	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 97: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CHM
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	30/10/2018	Fecha de Vaciado	18/10/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	280	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Hoja de maíz	Peso Específico	1.58	kg/cm^3
Porcentaje	10 %	Absorción	5.26	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	7.15	Cemento	7.15	
Puzolana	0.84	Puzolana	0.84	0.51
Agua	3.67	Agua	3.68	
Ag. Fino	11.26	Ag. Fino	10.73	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.87	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 98: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CHM
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	31/10/2018	Fecha de Vaciado	18/10/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	350	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Hoja de maíz	Peso Específico	1.58	kg/cm^3
Porcentaje	10 %	Absorción	5.26	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	8.41	Cemento	8.41	
Puzolana	0.98	Puzolana	0.98	0.44
Agua	3.70	Agua	3.71	
Ag. Fino	9.87	Ag. Fino	9.34	
Ag. Grueso	18.32	Ag. Grueso	18.89	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 99: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CHM
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	31/10/2018	Fecha de Vaciado	02/11/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Hoja de maíz	Peso Específico	1.58	kg/cm^3
Porcentaje	15 %	Absorción	5.26	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	5.02		Cemento	5.02
Puzolana	0.89		Puzolana	0.93
Agua	3.60	0.72	Agua	3.65
Ag. Fino	13.48		Ag. Fino	12.98
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.40
				0.73

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 100: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CHM
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	31/10/2018	Fecha de Vaciado	02/11/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Hoja de maíz	Peso Específico	1.58	kg/cm^3
Porcentaje	15 %	Absorción	5.26	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	5.64		Cemento	5.64
Puzolana	1.05		Puzolana	1.05
Agua	3.66	0.65	Agua	3.67
Ag. Fino	12.30		Ag. Fino	12.22
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.41
				0.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 101: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CHM
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO					
ACI		MÓDULO DE FINEZA			
Fecha de Vaciado	31/10/2018	Fecha de Vaciado		02/11/2018	
Datos de Diseño	f'c (kgf/cm²)	Cemento	Contenido de aire	Slump	
	280	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"	
Característica de la ceniza					
Procedencia	Hoja de maíz		Peso Específico	1.58 kg/cm³	
Porcentaje	15 %		Absorción	5.26 %	
Cantidad de Probetas		09	Cantidad de Probetas		09
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	6.76		Cemento	6.76	
Puzolana	1.26		Puzolana	1.26	
Agua	3.70	0.55	Agua	3.70	0.55
Ag. Fino	10.96		Ag. Fino	10.90	
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.38	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 102: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CHM
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO					
ACI			MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado		03/09/2018	Fecha de Vaciado		19/09/2018
Datos de Diseño		f'c (kgf/cm²)	Cemento	Contenido de aire	Slump
		350	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza					
Procedencia	Cáscara de cebada		Peso Específico	2.17	kg/cm³
Porcentaje	15	%	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas		09	Cantidad de Probetas		09
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c
Cemento	7.95		Cemento	7.95	
Puzolana	1.44		Puzolana	1.44	
Agua	4.78	0.60	Agua	3.89	0.49
Ag. Fino	10.15		Ag. Fino	9.75	
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.74	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 103: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CHM
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	03/09/2018	Fecha de Vaciado	19/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	175	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm ³
Porcentaje	20 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	4.73		Cemento	4.73
Puzolana	1.21		Puzolana	1.21
Agua	3.63	0.77	Agua	3.63
Ag. Fino	13.35		Ag. Fino	13.33
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.34

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 104: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CHM
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	03/09/2018	Fecha de Vaciado	19/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	210	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm ³
Porcentaje	20 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	5.32		Cemento	5.32
Puzolana	1.36		Puzolana	1.36
Agua	3.69	0.69	Agua	3.64
Ag. Fino	12.64		Ag. Fino	12.57
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.39

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 105: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CHM
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	03/09/2018	Fecha de Vaciado	19/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	280	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm^3
Porcentaje	20 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	6.37		Cemento	6.37
Puzolana	1.63		Puzolana	1.63
Agua	3.97	0.62	Agua	3.92
Ag. Fino	11.36		Ag. Fino	11.34
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.34
				0.61

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 106: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CHM
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

MÉTODO DE DISEÑO				
ACI		MÓDULO DE FINEZA		
Fecha de Vaciado	03/09/2018	Fecha de Vaciado	19/09/2018	
Datos de Diseño	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	Cemento	Contenido de aire	Slump
	350	Yura Tipo IP	2%	2" - 4"
Característica de la ceniza				
Procedencia	Cáscara de cebada	Peso Específico	2.17	kg/cm^3
Porcentaje	20 %	Absorción	2.56	%
Cantidad de Probetas	09	Cantidad de Probetas	09	
Agregados	Peso (kgf)	Relación a/c	Agregados	Peso (kgf)
Cemento	7.49		Cemento	7.49
Puzolana	1.92		Puzolana	1.92
Agua	4.50	0.60	Agua	4.20
Ag. Fino	10.00		Ag. Fino	10.02
Ag. Grueso	18.32		Ag. Grueso	18.30
				0.56

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL CONCRETO CON CHM, CCC y CBCA

5.1. Ensayos del concreto en estado fresco

5.1.1. Asentamiento del Concreto (Slump) (NTP 339.035/ ASTM C143)

a. Descripción

Una muestra de concreto en estado fresco, es colocada en un molde con forma de cono trunco, y se compacta por varillado. Se retira el molde hacia arriba, provocando que el concreto se asiente, esa distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada se mide, informándonos que dicha medida es el asentamiento del concreto. (NTP 339.035)

b. Equipos y Herramientas

- Cono de Abrams: Metálico, con espesor de lámina no inferior a 1,14 mm (0,045"). Su forma interior debe ser la superficie lateral de un tronco de cono de 203 ± 2 mm ($8" \pm 1/8"$) de diámetro en la base mayor, 102 ± 2 mm ($4" \pm 1/8"$) de diámetro en la base menor y 305 ± 2 mm ($12" \pm 1/8"$) de altura. Las bases deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde debe estar provisto de agarraderas y de dispositivos para sujetarlo con los pies.
- Varilla compactadora: Con diámetro de $5/8"$ y 600 mm de longitud (24"), el extremo compactador debe ser hemisférico con radio de 8 mm ($5/16"$).
- Regla: Instrumento similar rígido o semirígido, cuya longitud de medición debe estar marcada en incrementos de 5 mm o menores.
- Cucharón.

c. Procedimiento

- Colocar el molde en una superficie plana, rígida completamente humedecida con agua.
- Pisar las aletas de pie del molde para que este fija en su lugar de llenado.

- 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.



Figura N° 52: Llenado del Cono de Abrams

Fuente: Elaboración propia

- Cada capa se compacta con la barra compactadora 25 golpes distribuidos en toda la sección de la capa.
- La tercera capa se llenará hasta el rebose del molde para realizar el enrazado respectivo, si se observa una deficiencia material, se debe añadir la cantidad suficiente para mantener un exceso de concreto sobre la parte superior del molde en todo momento.



Figura N° 53: Compactado de cada capa con la varilla de acero

Fuente: Elaboración propia

- Después del enrazado, se retira el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical.
- Se toma medida inmediatamente del asentamiento, determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado.



Figura N° 54: Medición del asentamiento del concreto con CHM

Fuente: Elaboración propia

d. Cálculos y Resultados

- En la Tabla N° 107 muestra los asentamientos obtenidos mediante este ensayo.

Tabla N° 107: Asentamientos para concretos con CBCA, CCC Y CHM

SLUMP (pulg)									
RESISTENCIA f'c (kgf/cm ²)	ADICIÓN DE PUZOLANA (%)	S/P.		CBCA		CCC		CHM	
		DISEÑO		DISEÑO		DISEÑO		DISEÑO	
		ACI	MF	ACI	MF	ACI	MF	ACI	MF
175	0	2.50	2.30						
	5			2.00	2.00	2.50	2.50	2.30	2.00
	10			2.00	3.00	3.25	2.00	4.00	2.00
	15			2.50	2.80	2.00	2.00	2.50	2.80
	20			2.00	2.00	2.80	2.00	2.10	3.00
210	0	2.30	2.30						
	5			2.00	2.20	2.50	2.30	2.00	2.00
	10			2.50	2.50	2.00	3.00	2.50	2.00
	15			2.60	2.50	2.50	2.00	2.50	2.00
	20			3.50	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00
280	0	2.00	2.10						
	5			2.00	2.00	2.50	2.50	2.00	2.00
	10			3.10	2.50	3.00	2.50	2.50	3.50
	15			2.00	3.00	2.80	2.50	3.80	4.00
	20			3.50	2.00	2.00	2.00	2.50	2.00
350	0	2.00	2.00						
	5			2.30	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00
	10			2.10	2.00	2.00	2.00	3.50	2.00
	15			2.50	2.00	2.80	2.00	2.00	2.50
	20			2.50	2.00	2.00	2.00	2.50	2.00

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Peso unitario o peso específico (NTP 220.046/ASTM C138)

a. Descripción

Este ensayo abarco la determinación de la densidad del concreto en estado fresco, se halló dividiendo la masa neta del concreto sobre el volumen del molde. El concreto convencional, normalmente usado en pavimentos y otras estructuras, tiene un peso específico que varía de 2200 hasta 2400 kg/m³.

b. Equipos y Herramientas

- Balanza electrónica: Con aproximación de 0.1 g
- Varilla compactadora: Con diámetro de 5/8" y aproximadamente 600 mm de longitud (24"), el extremo compactador debe ser hemisférico con radio de 8 mm (5/16").
- Martillo de goma.
- Molde de acero: Debe ser impermeable y suficientemente rígido para mantener su forma y volumen calibrado aún bajo uso rudo. La capacidad mínima del medidor se debe ajustar según la Tabla N° 108

Tabla N° 108: Asentamientos para concretos con CBCA, CCC Y CHM

TNM DEL AGREGADO		CAPACIDAD DEL RECIPIENTE DE MEDICION ^A	
Pulg	mm	pie ³	l
1	25.0	0.2	6
1 ½	37.5	0.4	11
2	50	0.5	14
3	75	1.0	28
4 ½	112	2.5	70
6	150	3.5	100

^A Tamaños indicados de recipientes de medición que se usarán para ensayar hormigón (Concreto) que contiene agregados de tamaño máximo nominal igual o más pequeño que los listados. El volumen real del recipiente será por lo menos 95 % del volumen nominal listado.

Fuente: Norma Técnica Peruana 220:046

c. Procedimiento

- Tomar el peso del molde de acero humedecido
- Se debe conocer el volumen del molde de acero
- Llenar y compactar (25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie) en tres capas de igual volumen, en la tercera capa sobrellene el recipiente, después de cada compactado golpear los costados del recipiente tres veces en sus cuatro lados del recipiente con el martillo de goma.



**Figura N° 55: Ensayo de peso unitario
del concreto fresco**

Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 56 : Golpear 4 veces en cada lado
del molde con el martillo de goma**

Fuente: Elaboración propia

- Enrasar la superficie del concreto y dar un acabado suave con la placa de enrasado.
- Limpiar el exterior del recipiente y determinar el peso del molde lleno con concreto.



Figura N° 57: Peso del molde de acero lleno con concreto en estado fresco

Fuente: Elaboración propia

d. Cálculos y Resultados

- Con la siguiente formula se calcula el Peso Unitario o Peso Específico del concreto en estado fresco:

$$P.U \left(\frac{Kg}{m^3} \right) = \frac{(\text{Peso del Concr. fresco} + \text{peso del molde}) - (\text{Peso del molde})}{\text{Volumen del molde}}$$

- La Tabla N° 109 muestra los pesos unitarios para los concretos con CBCA, CCC Y CHM.

Tabla N° 109: Pesos unitarios para concretos con CBCA, CCC Y CHM

PESO UNITARIO (kg/m ³)									
f'c (kgf/cm ²)	ADICIÓN DE PUZOLANA (%)	S/P.		CBCA		CCC		CHM	
		DISEÑO		DISEÑO		DISEÑO		DISEÑO	
		ACI	MF	ACI	MF	ACI	MF	ACI	MF
175	0	2436.87	2430.95						
	5			2456.11	2524.19	2489.04	2531.40	2510.87	2446.49
	10			2483.86	2465.36	2452.41	2444.27	2519.75	2477.57
	15			2439.83	2422.25	2482.38	2389.88	2453.52	2463.32
	20			2434.46	2366.56	2433.17	2403.75	2488.48	2512.35
210	0	2398.39	2377.29						
	5			2456.11	2492.74	2527.89	2497.36	2464.06	2477.57
	10			2493.48	2471.28	2469.43	2428.54	2463.51	2497.73
	15			2453.52	2484.97	2484.41	2417.07	2468.69	2462.95
	20			2454.81	2360.64	2471.46	2408.56	2472.57	2464.25
280	0	2388.40	2403.57						
	5			2373.96	2514.57	2541.95	2433.72	2456.85	2509.76
	10			2491.26	2453.33	2477.20	2456.11	2476.09	2515.12
	15			2457.59	2411.34	2437.61	2417.81	2450.74	2503.28
	20			2412.26	2400.24	2429.65	2408.75	2479.79	2464.25
350	0	2253.34	2326.97						
	5			2442.05	2519.38	2489.78	2440.20	2448.71	2470.91
	10			2391.36	2420.22	2437.61	2471.28	2517.71	2459.81
	15			2387.29	2309.58	2423.92	2381.73	2431.69	2430.39
	20			2388.77	2327.34	2348.80	2404.49	2482.56	2496.81

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3. Control de la Temperatura (NTP 339.184/ASTM C1064)

a. Descripción

La temperatura del concreto depende del aporte calorífico de cada uno de sus componentes, además del calor liberado por la hidratación del cemento, la energía de mezclado y el medio ambiente.

b. Equipos y Herramientas

- Recipiente: Debe ser de material no absorbente y amplio
- Termómetro: Dispositivo para medir la temperatura con una exactitud de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

c. Procedimiento

- Colocar el termómetro en la mezcla de concreto fresco, de modo que este sumergido mínimo 75 mm
- Presionar la mezcla en la superficie alrededor del termómetro, para que no afecte la lectura la temperatura ambiente.
- Dejar el termómetro mínimo 2 minutos, leer y anotar la temperatura.



Figura N° 58: Control de la Temperatura con la ayuda del termómetro

Fuente: Elaboración propia

d. Cálculos y Resultados

- En la tabla N°110 muestra las temperaturas obtenidas para los concretos con CBCA, CCC Y CHM.

Tabla N° 110: Temperaturas obtenidas para concretos con CBCA, CCC Y CHM

TEMPERATURA (°C)									
RESISTENCIA f'c (kgf/cm ²)	ADICIÓN DE PUZOLANA (%)	S/P.		CBCA		CCC		CHM	
		DISEÑO		DISEÑO		DISEÑO		DISEÑO	
		ACI	MF	ACI	MF	ACI	MF	ACI	MF
175	0	16.40	18.70						
	5			20.00	17.30	19.60	18.10	18.90	20.60
	10			17.60	20.40	19.60	19.00	20.80	20.80
	15			18.40	19.10	20.00	19.40	19.50	20.00
	20			18.30	19.20	18.90	19.20	19.00	21.60
210	0	17.10	17.50						
	5			19.80	18.40	19.80	19.00	19.00	21.00
	10			18.80	20.20	20.30	19.10	20.60	20.40
	15			19.50	18.80	19.60	19.90	19.80	20.00
	20			18.90	18.80	19.30	19.30	19.80	22.10
280	0	19.10	17.70						
	5			19.40	18.10	19.80	20.40	19.40	20.60
	10			16.80	19.60	20.30	19.70	20.50	20.50
	15			18.90	18.60	19.20	19.50	20.20	20.10
	20			19.30	17.60	19.00	18.30	19.80	20.60
350	0	18.70	19.30						
	5			17.80	18.80	20.00	19.00	19.80	20.70
	10			18.80	19.50	20.90	19.50	19.70	21.50
	15			18.80	18.60	19.80	19.00	20.50	20.20
	20			19.30	17.40	19.60	18.70	20.70	20.60

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4. Contenido de Aire (NTP 339.080/ ASTM C-231)

a. Descripción

- El contenido del aire en el concreto generalmente ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla. Este método determina la cantidad de aire del hormigón fresco, excluyendo cualquier cantidad de aire que pueden contener las partículas de los agregados. No es aplicable para concretos hechos con agregados livianos, escoria de alto horno enfriada por aire, o agregados de alta porosidad (NTP 339.080)

b. Equipos y Herramientas

- Medidor de aire (Washington) y recipiente metálico: Cuenta con un manómetro que registra directamente el contenido de aire, en porcentaje.
- Varilla compactadora: Con diámetro de 5/8 pulgadas y aproximadamente 600 mm de longitud (24"), el extremo compactador debe ser hemisférico con radio de 8 mm (5/16").
- Martillo de goma.
- Regla para enrasar: Por lo menos 3 mm (1/8 de pulg.) de espesor, 20 mm (3/4 de pulg.) de ancho y 300 mm (12 pulg.) de longitud.

c. Procedimiento

- Se coloca el concreto en tres capas de igual volumen, donde se compacta cada capa con 25 golpes con la varilla distribuida en toda el área.
- Después de compactar cada capa, golpear los costados del recipiente tres veces en sus cuatro lados del recipiente con el martillo de goma.



Figura N° 59: Compactado con la varilla en la olla de Washington

Fuente: Elaboración propia

- Nivelar con el enrasador metálico la capa superior después de golpear con el martillo de goma.
- Con una franela húmeda limpiar el borde del recipiente para colocar la tapa (Washington) para el cierre hermético.



Figura N° 60: Colocado de la tapa (Washington) para el cierre hermético

Fuente: Elaboración propia

- Abrir las llaves para agua, mediante una pipeta de goma introducir agua por una de las llaves hasta que fluya por la otra llave.

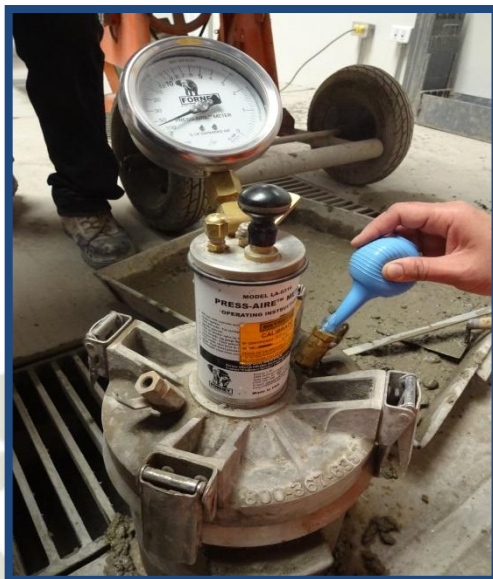


Figura N° 61: Introduciendo el agua con la pipeta

Fuente: Elaboración propia

- Después bombear aire hasta que la aguja del dial marque cero.



Figura N° 62: Bombeando aire hasta que marque cero el dial

Fuente: Elaboración propia

- Una vez que el dial este marcando cero, se presionó la palanca que se encuentra al costado del agitador 2 veces, anotar el valor que nos marca el dial.



Figura N° 63: Contenido de Aire del concreto con CHM

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 64: Instrumento Washington

Fuente: Elaboración propia

d. Cálculos y Resultados

Tabla N° 111: Contenido de aire obtenidas para concretos con CBCA, CCC y CHM

CONTENIDO DE AIRE (%)									
f _c (kgf/cm ²)	ADICIÓN DE PUZOLANA (%)	S/P.		CBCA		CCC		CHM	
		DISEÑO		DISEÑO		DISEÑO		DISEÑO	
		ACI	MF	ACI	MF	ACI	MF	ACI	MF
175	0	1.80	1.80						
	5			1.80	2.00	2.30	2.50	1.90	1.90
	10			1.60	2.00	2.30	2.50	1.90	1.90
	15			1.80	2.00	2.30	2.70	2.10	1.90
	20			1.80	2.10	2.20	2.60	2.10	2.00
210	0	1.80	1.80						
	5			1.90	2.00	2.20	2.40	2.00	1.90
	10			1.90	2.10	2.10	2.40	1.90	2.00
	15			2.60	2.00	2.00	2.00	2.00	1.90
	20			2.40	1.90	2.00	2.00	2.00	2.00
280	0	1.80	1.90						
	5			1.80	1.90	2.00	1.80	2.00	1.90
	10			1.70	1.90	2.00	1.80	2.00	2.20
	15			2.10	1.90	2.00	1.80	2.00	2.30
	20			2.20	2.00	1.90	2.00	2.30	2.30
350	0	2.00	1.90						
	5			1.70	2.00	1.90	1.70	2.20	1.80
	10			1.70	2.00	1.90	1.70	2.20	1.80
	15			1.80	2.00	1.90	1.80	2.30	2.00
	20			1.80	2.00	1.90	1.80	2.30	2.00

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Ensayos del concreto en estado endurecido

5.2.1. Resistencia a la Compresión (NTP 339.034/ ASTM C 39-39M-2005e2)

a. Descripción

Este ensayo consiste en aplicar una carga de compresión axial a los testigos a una velocidad en un rango prescrito mientras ocurre la falla.

Las probetas cilíndricas deben estar preparadas y curadas de acuerdo a la NTP 339.183



Figura N° 65: Elaborado de las probetas cilíndricas de acuerdo a la NTP 339.183

Fuente: Elaboración propia

b. Equipos y Herramientas

- Máquina de ensayo: Debe tener una capacidad conveniente, suficiente y que brinde una velocidad de carga de 0.25 ± 0.05 MPa/s
- Regla.

c. Procedimiento

- Todos los cilindros para un determinada edad de ensayo serán fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancia, prescrita en la NTP 339.034

Tabla N° 112: Tolerancia permisible para ensayar las probetas a determinada edad

Edad de Ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0.5 h ó 2.1%
3 d	± 2 h ó 2.8%
7 d	± 6 h ó 3.6%
28 d	± 20 h ó 3.0%
90 d	± 48 h ó 2.2 %

Fuente: NTP 339.034



Figura N° 66: Probetas listas para ser ensayadas en la compresora

Fuente: Elaboración propia

- Tomar medidas del diámetro de cada probeta antes de ser ensayadas.
- Para conseguir una distribución uniforme de la carga, cabecear las probetas con almohadillas de neopreno (ASTM C 1231).



Figura N° 67: Colocado de la probeta en la compresora

Fuente: Elaboración propia

- Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. El régimen de carga con máquina hidráulica se debe mantener en un rango de 0.15 a 0.35 MPa/s durante la última mitad de la fase de carga.
- Se debe anotar el tipo de ruptura y la fuerza (kgf) que resiste la probeta.



Figura N° 68: Fractura diagonal- Tipo V, según la NTP 339.034

Fuente: Elaboración propia

d. Cálculos y Resultados

- Se calcula la resistencia a la compresión del espécimen, dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal

$$f'_c \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{\text{Carga Maxima (kgf)}}{\text{Area prom. de la sección trans. (cm}^2\text{)}}$$

- Tabla resumen de las resistencias obtenidas:

Tabla N° 113: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método ACI 211 para diseños de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

Porcentaje de Sustitución (%)	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 7 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 14 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 28 días}$		
	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz
5	151	203	246	202	258	299	270	262	311
10	190	221	195	227	241	212	316	282	261
15	204	193	178	233	219	211	272	254	227
20	206	141	135	230	182	170	274	217	186

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 114: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método ACI 211 para diseños de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

Porcentaje de Sustitución (%)	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 7 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 14 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 28 días}$		
	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz
5	298	334	303	346	337	314	419	354	387
10	258	293	233	274	299	265	341	378	303
15	220	201	208	267	223	231	339	285	277
20	239	158	146	288	228	170	308	274	202

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 115: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método ACI 211 para diseños de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Porcentaje de Sustitución (%)	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 7 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 14 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 28 días}$		
	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz
5	381	398	385	445	400	404	514	452	448
10	332	347	304	355	368	326	401	453	357
15	262	277	301	331	325	336	395	393	360
20	282	183	198	326	253	234	351	298	239

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 116: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método ACI 211 para diseños de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

Porcentaje de Sustitución (%)	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 7 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 14 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 28 días}$		
	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz
5	411	442	409	418	448	446	482	521	454
10	335	388	404	346	381	441	447	479	453
15	307	279	332	336	339	340	426	383	371
20	286	178	218	331	265	261	430	331	265

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 117: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método Modulo de Fineza para diseños de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

Porcentaje de Sustitución (%)	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 7 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 14 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 28 días}$		
	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz
5	228	215	216	245	221	249	313	260	304
10	204	177	210	224	243	222	277	259	227
15	179	144	197	212	164	229	271	206	237
20	177	130	143	211	158	180	273	202	188

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 118: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método Modulo de Fineza para diseños de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

Porcentaje de Sustitución (%)	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 7 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 14 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{) a los 28 días}$		
	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz
5	308	251	260	332	270	282	387	330	330
10	244	203	245	266	277	247	340	289	276
15	242	184	243	244	218	269	318	233	274
20	167	189	157	205	196	179	263	231	199

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 119: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método Modulo de Fineza para diseños de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Porcentaje de Sustitución (%)	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \text{ a los 7 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \text{ a los 14 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \text{ a los 28 días}$		
	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz
5	350	327	321	371	399	365	437	459	417
10	331	258	330	338	351	334	405	361	366
15	266	244	307	314	318	330	375	359	342
20	222	201	272	276	266	309	331	332	323

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 120: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método Modulo de Fineza para diseños de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

Porcentaje de Sustitución (%)	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \text{ a los 7 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \text{ a los 14 días}$			$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \text{ a los 28 días}$		
	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz	Bagazo de Caña	Cáscara de Cebada	Hoja de maíz
5	369	358	370	375	374	398	455	431	445
10	340	292	359	356	343	392	436	377	435
15	275	235	341	331	316	380	396	369	385
20	236	196	310	277	278	323	350	345	357

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 121: Resistencia a la compresión de concretos convencionales obtenidas por el Método ACI 211 y el Método Modulo de Fineza

Resistencia de Diseño $f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \text{ a los 7 días}$		$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \text{ a los 14 días}$		$f'c \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \text{ a los 28 días}$	
	Método ACI 211	Método Modulo de Fineza	Método ACI 211	Método Modulo de Fineza	Método ACI 211	Método Modulo de Fineza
175	159	166	202	188	260	257
210	215	261	262	285	331	327
280	262	336	311	372	392	389
350	288	306	334	376	404	406

Fuente: Elaboración propia

5.3. Análisis de resultados obtenidos mediante los ensayos en concreto fresco y endurecido

5.3.1. Comparación General del Asentamiento o Slump del Concreto Fresco

A continuación se muestran gráficas comparativas del Slump del diseño patrón con los diseños que contienen diferentes porcentajes de adición de material puzolánico (ceniza de bagazo de caña de azúcar, ceniza de cáscara de cebada y ceniza de hoja de maíz) en las distintas resistencias analizadas.

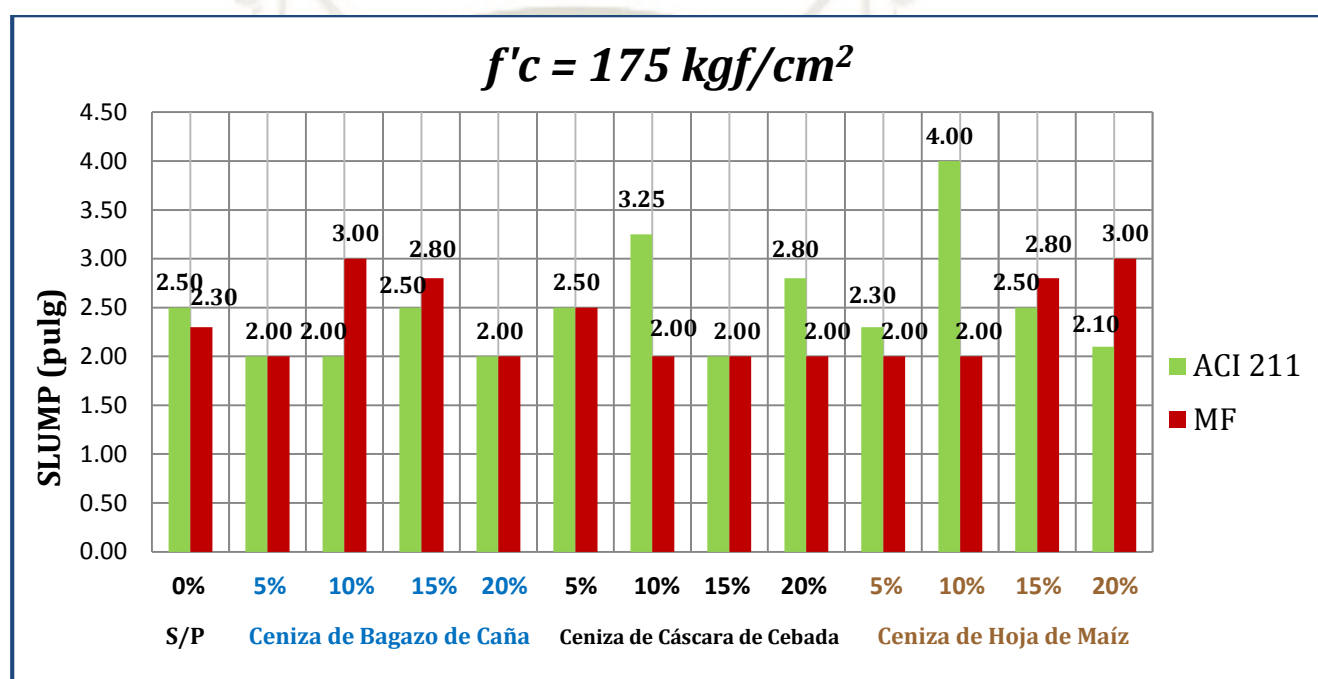


Gráfico N° 1: Comparación del slump para una resistencia de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar los diferentes asentamientos producidos en el diseño $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ con las diferentes adiciones de ceniza que varían desde 5% a 20% para los productos de BCA, CC y HM, pudiendo notar que el valor más alto se dio con el método del ACI 211 de 4", el cual no posee la adición de aditivo, según se menciona en la Tabla N° 47 y teniendo como mínimo 2" el cual corresponde a ambos diseños.

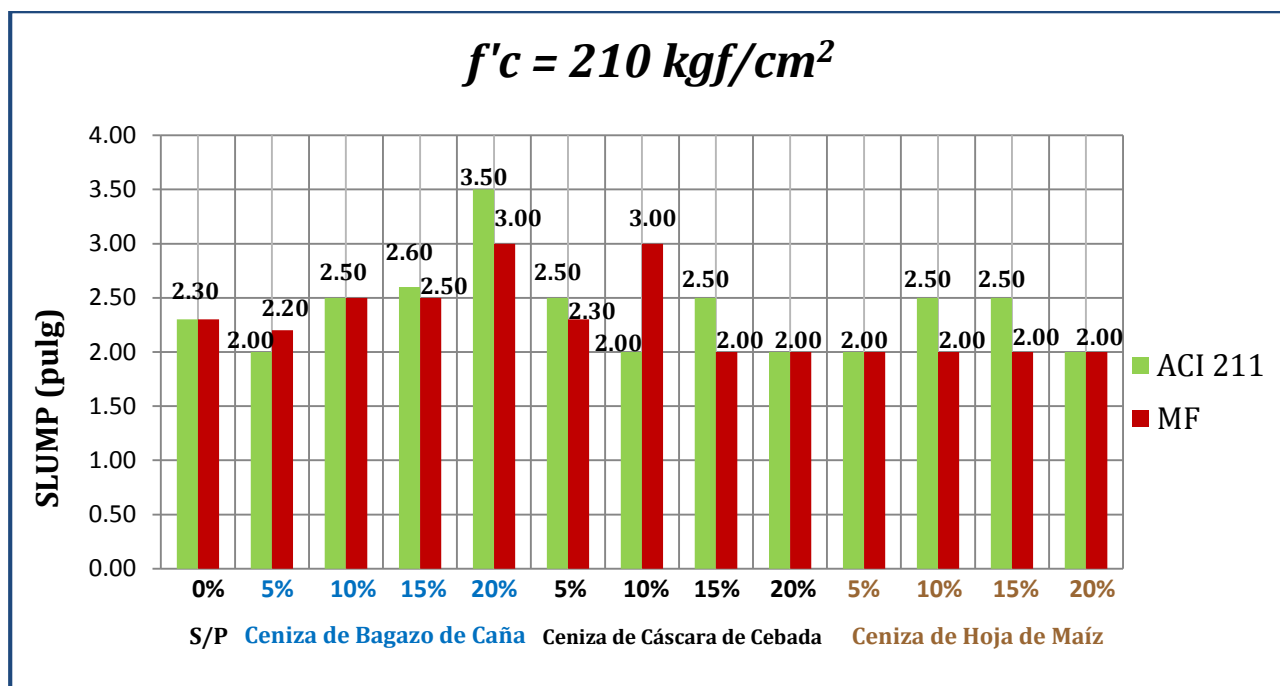


Gráfico N° 2: Comparación del slump para una resistencia de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

En esta gráfica se observa el diseño $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ con las diferentes adiciones de ceniza que varían desde 5% a 20% para los productos de bagazo de caña de azúcar, cáscara de cebada y hoja de maíz, en este caso las gráficas nos muestran que los mayores asentamientos se dieron con el diseño del ACI 211 y con el bagazo de caña de azúcar llegando a medir 3.5 en el caso del 20%, y según se menciona en la Tabla N° 47 posee la adición del Súper-Plastificante en la marca SIKA. Sin embargo en el diseño sin puzolana tenemos asentamientos de 2.3 en ambos diseños sin adición de aditivo alguno.

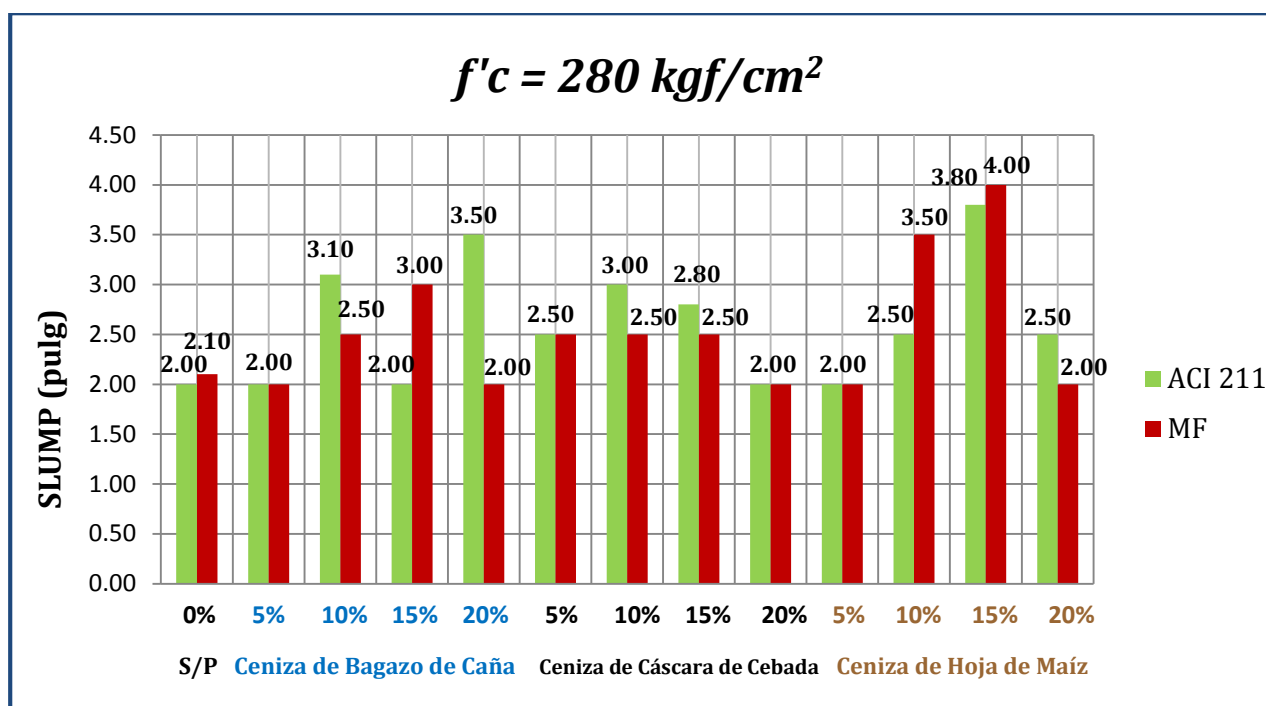


Gráfico N° 3: Comparación del slump para una resistencia de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

En esta tercera gráfica se muestra el diseño $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, según se puede observar el mayor asentamiento se dio con el diseño de MF con la adición de 15% de ceniza de hoja de maíz con un valor de 4" y según se observa en la Tabla N° 47 el diseño hace uso de Plastificante; sin embargo, si comparamos cada uno nos daremos cuenta que el mayor asentamiento se dio en su mayor incidencia con el diseño del ACI 211.

Con respecto al diseño Patrón tenemos que en el Módulo de Fineza para esta resistencia alcanza un asentamiento de 2.10 sin ayuda de aditivo.

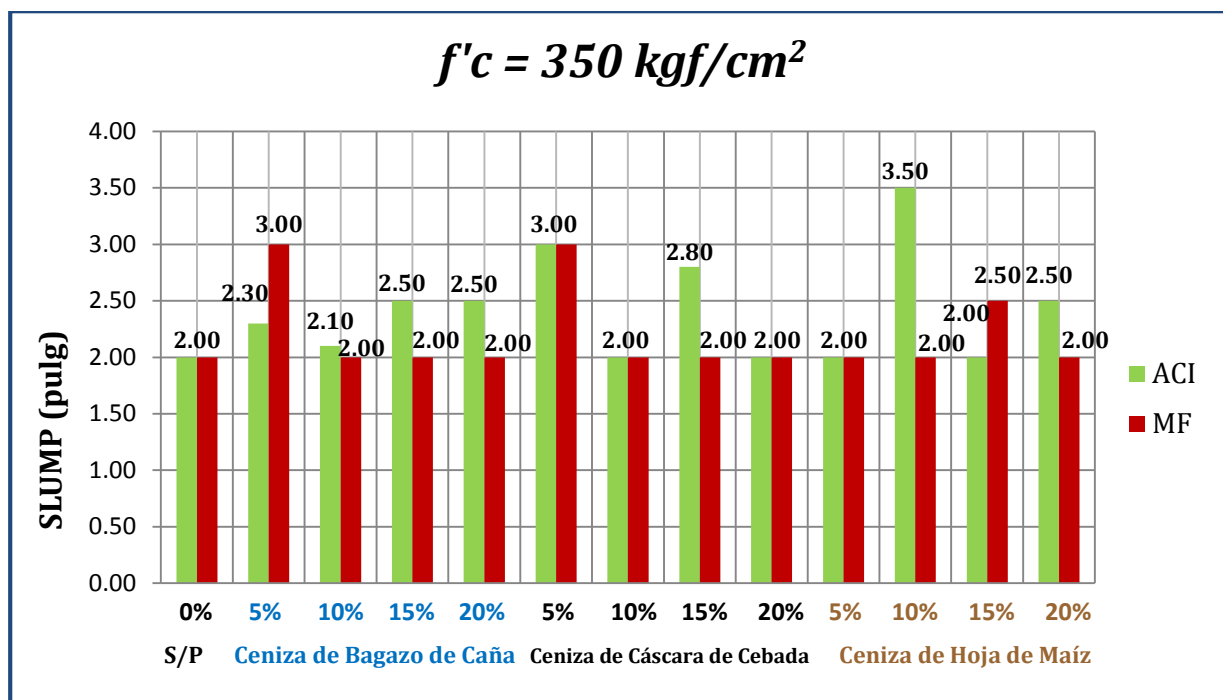


Gráfico N° 4: Comparación del slump para una resistencia de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se muestra los asentamientos para una resistencia $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ y como se observa los slump de 2" resultan en su mayoría uniformes tanto en el diseño del ACI 211 como en el Módulo de Fineza.

El mayor slump resulta en el diseño del ACI 211 para una adición de 10% de ceniza de hoja de maíz y según hace mención en la Tabla N° 47 posee Súper-Plastificante a diferencia del diseño patrón que no contiene aditivo.

Con respecto a las demás puzolanas el que tiene mayor asentamiento es el del ACI.

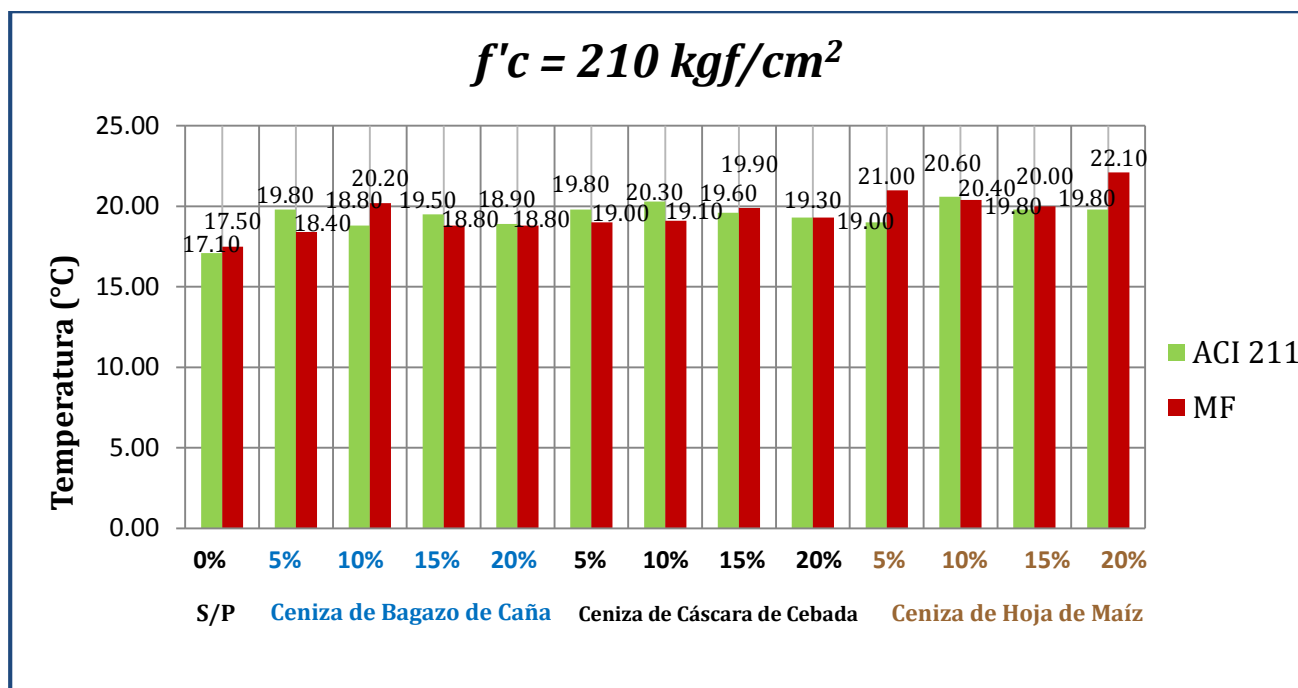


Gráfico N° 6: Comparación de la temperatura para una resistencia de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

Como es observable en la gráfica anterior todas las temperaturas correspondientes a los diseños con adición de la puzolana artificial exceden los 18.40°C el cual es la menor temperatura para el concreto con 5% de adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar y siendo la mayor el de 20% de ceniza de hoja de maíz con 22.10°C . La menor temperatura se registró en el diseño patrón el cual no excede los 17.50°C en el diseño del Módulo de Fineza.

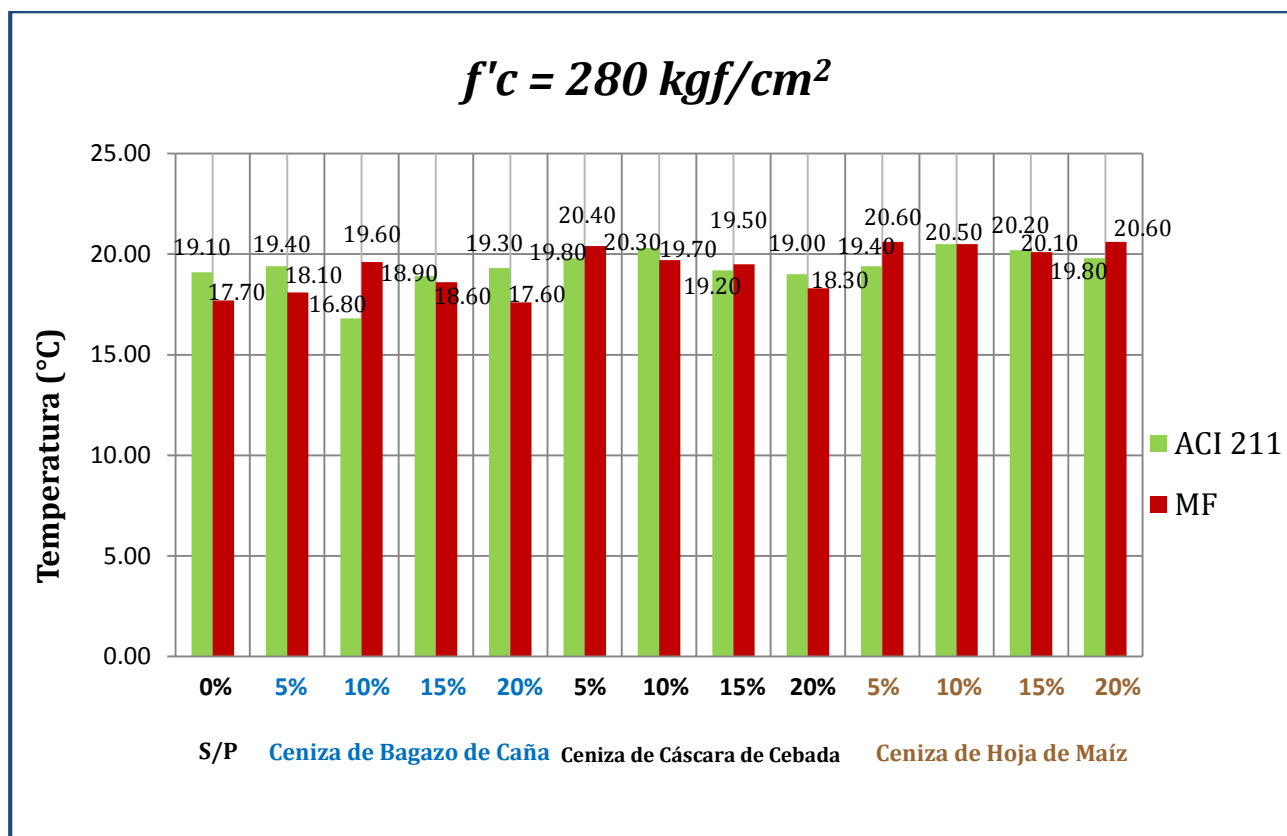


Gráfico N° 7: Comparación de la temperatura para una resistencia de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los anteriores gráficos correspondientes a la temperatura, se observa un incremento en el del diseño patrón a 19.10 en el que usa el método del ACI 211, superando al diseño con ceniza de bagazo de caña de azúcar el cual tiene temperaturas de hasta 16.80°C cuando se le adiciona 10%, utilizando el mismo método.

La mayor temperatura es de 20.6°C y se encuentra en el diseño con 20% de ceniza de hoja de maíz con el método del Módulo de Fineza.

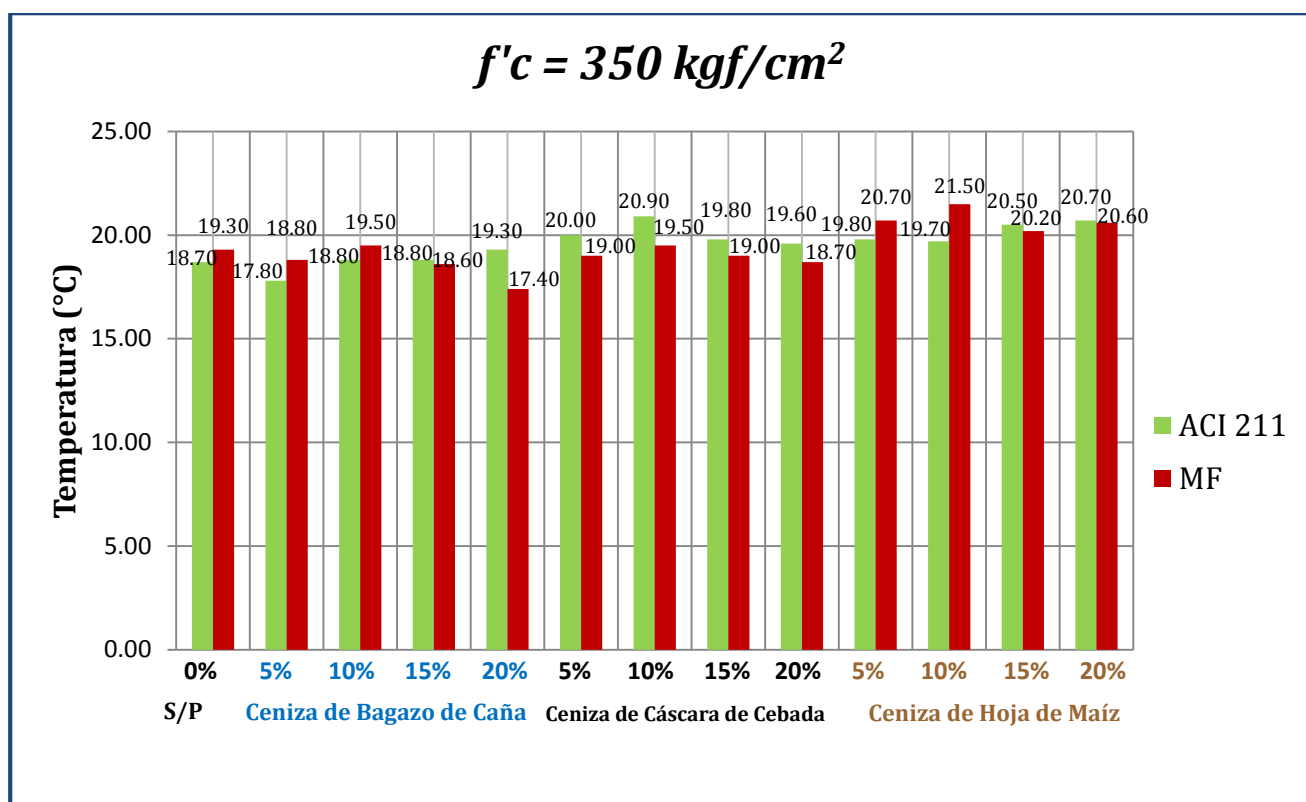


Gráfico N° 8: Comparación de la temperatura para una resistencia de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se muestran las temperaturas las cuales oscilan entre 19°C y 21°C en su mayoría, la menor temperatura fue registrada en el diseño de 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar con 17.40°C en el diseño de MF que en ACI 211 registra 19.30°C para el mismo diseño.

La mayor temperatura se registra con 21.5°C en el diseño de 10% de ceniza de hoja de maíz con el método del Módulo de Fineza.

Como comentario cabe resaltar que a medida que la resistencia aumenta la temperatura también lo hace por ende podemos concluir que la temperatura y la resistencia son directamente proporcionales.

5.3.3. Comparación general del peso unitario del concreto fresco

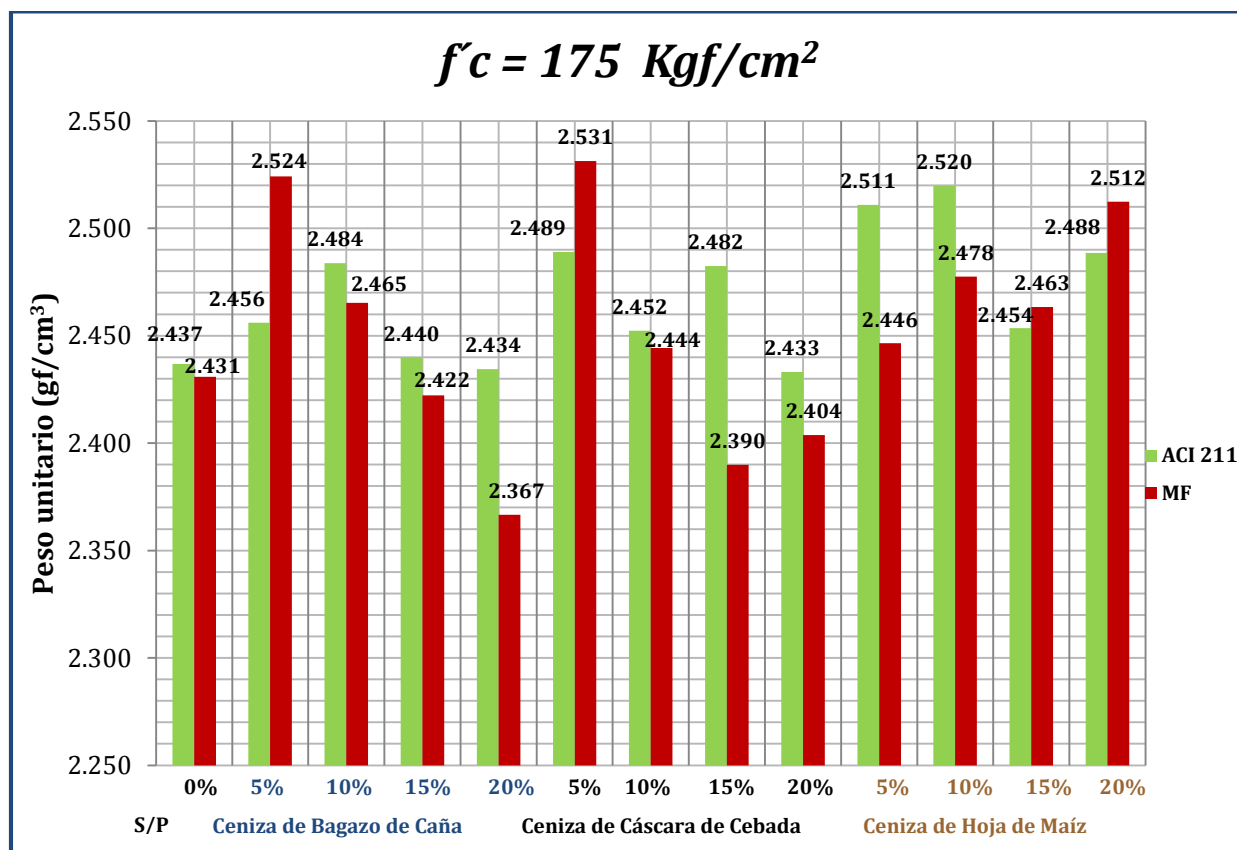


Gráfico N° 9: Peso unitario del concreto fresco para concretos de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico N°9 se observa que el concreto vaciado sin ceniza, presenta menor peso unitario en comparación al concreto vaciado con 5% y 10% de cenizas, tanto para el método ACI 211 como para el método de Modulo de Fineza, alcanzando valores de 2.531 gf/cm^3 (con 5% de ceniza de cáscara de cebada - MF), 2.524 gf/cm^3 (con 5% de ceniza de bagazo - MF) y de 2.520 gf/cm^3 (10% de ceniza de hoja de maíz –ACI 211).

Según el gráfico N° 9 se observa que el concreto vaciado sin ceniza, presenta menor peso unitario en comparación al concreto vaciado con 15% de ceniza de hoja de maíz, tanto para el método ACI 211 como para el método de Modulo de Fineza, alcanzando valores de 2.454 gf/cm^3 con el método ACI 211 y con el método de Modulo de Fineza 2.2463 gf/cm^3 .

Se observa que el concreto vaciado sin ceniza, presenta mayor peso unitario en comparación al concreto vaciado con 20% de ceniza de bagazo de la caña y de

cáscara de cebada tanto para el método ACI 211 como para el método de Módulo de Fineza.

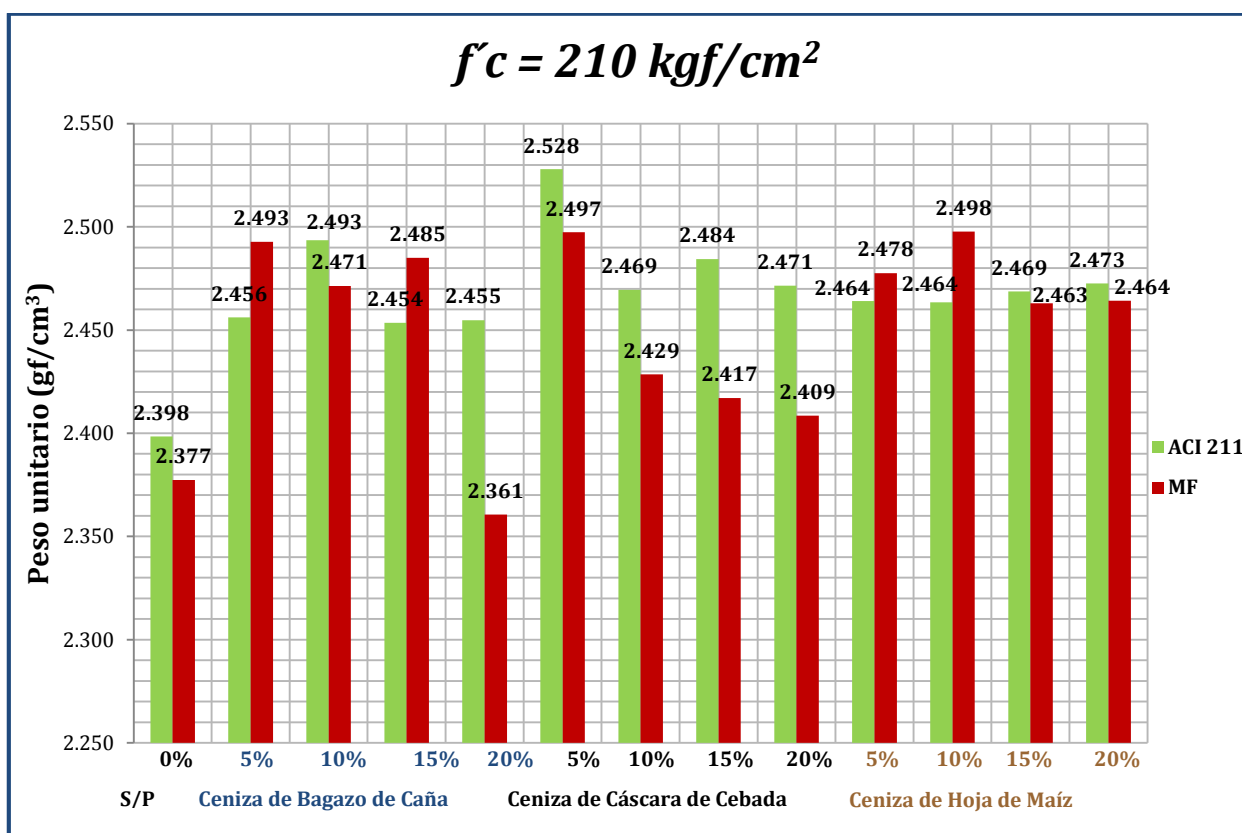


Gráfico N° 10: Peso unitario del concreto fresco para concretos de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico N° 10 se observa que el concreto vaciado sin ceniza, presenta menor peso unitario en comparación al concreto vaciado con 5%, 10%, 15 y 20% de cenizas, tanto para el método ACI 211 como para el método de Modulo de Fineza, en excepción del concreto con 20% de ceniza de bagazo de caña (método de Modulo de Fineza) que alcanzó 2.361 gf/cm^3 siendo el menor peso unitario obtenido.

Según el grafico N° 10 se observa que se presenta mayores pesos unitarios en los concretos vaciados con cenizas (5% y 10%), siendo 2.528 gf/cm^3 (Método ACI 211) el mayor peso unitario obtenido.

Se puede observar variaciones entre ambos métodos al utilizar material puzolánico.

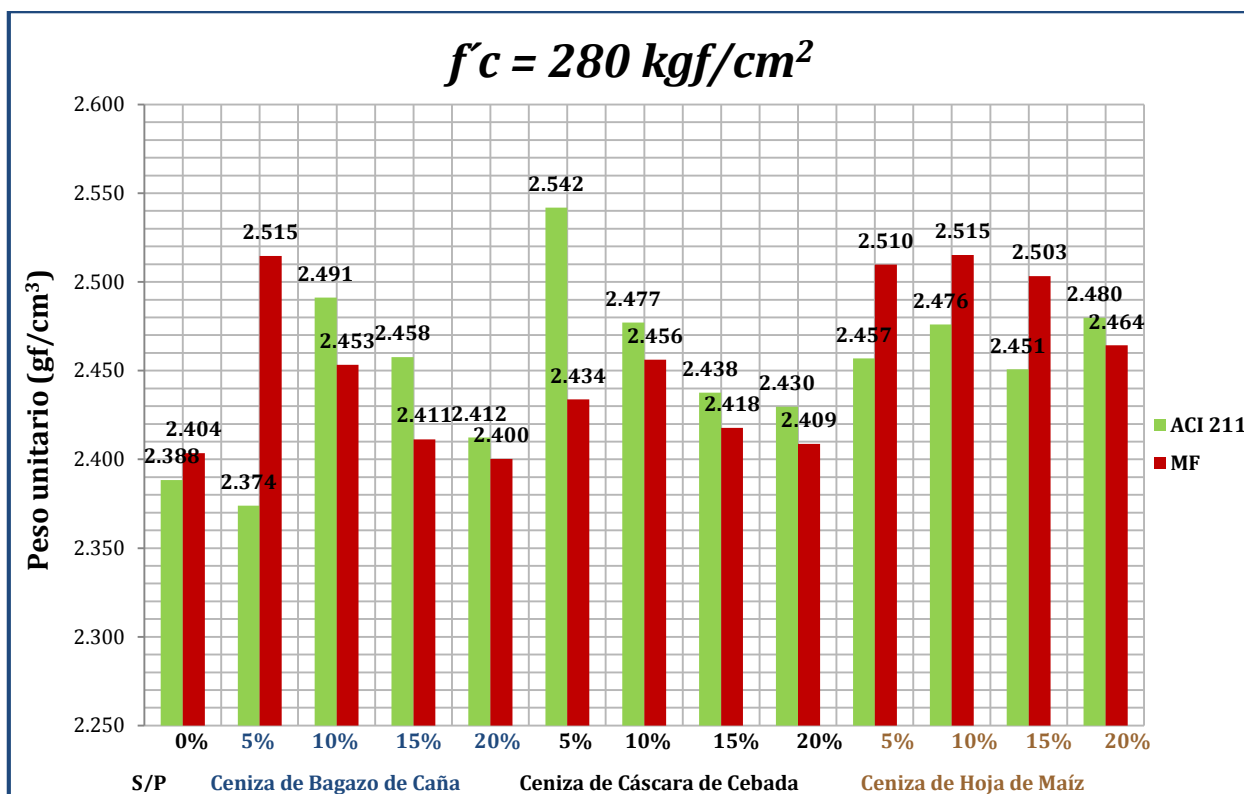


Gráfico N° 11: Peso unitario del concreto fresco para concretos de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico N° 11 se observa que el concreto vaciado sin ceniza, presenta menor peso unitario en comparación al concreto vaciado con 5%, 10%, 15 y 20% de cenizas, tanto para el método ACI 211 como para el método de Modulo de Fineza, en excepción del concreto con 5% de ceniza de bagazo de caña (método ACI 211) que alcanzó 2.374 gf/cm^3 siendo el menor peso unitario obtenido.

También podemos observar en el gráfico que el concreto vaciado con 15% y 20% (método de Modulo de fineza) de ceniza de bagazo de caña son los que presentan menor peso unitario comparado con las otras dos cenizas (material puzolánico).

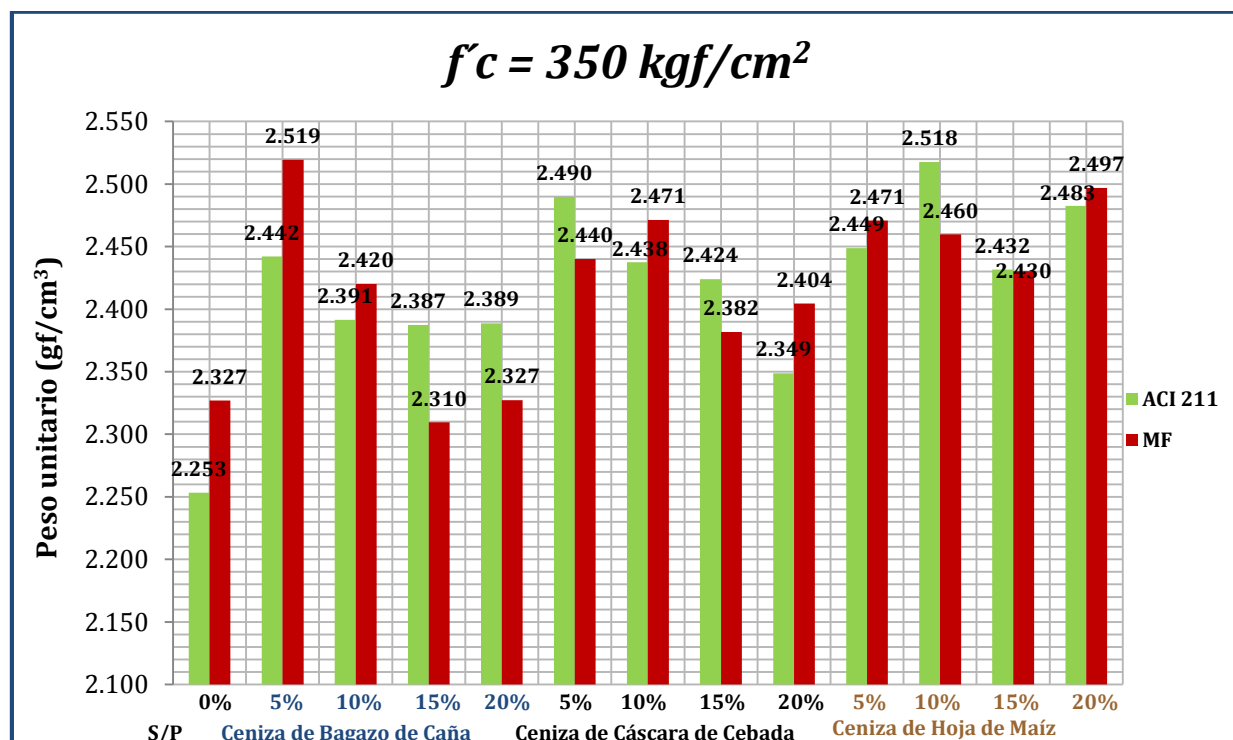


Gráfico N° 12: Peso unitario del concreto fresco para concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico N° 12 se observa que el concreto vaciado sin ceniza, presenta menor peso unitario en comparación al concreto vaciado con 5%, 10%, 15 y 20% de cenizas, tanto para el método ACI 211 como para el método de Modulo de Fineza, en excepción del concreto con 15% de ceniza de bagazo de caña (método Modulo de Fineza) que alcanzó 2.310 gf/cm^3 siendo el menor peso unitario obtenido entre las puzolanas.

También podemos observar del gráfico que el concreto vaciado con 15% y 20% (método de Modulo de fineza) de ceniza de bagazo de caña son los que presentar menor peso unitario comparado con las otras dos cenizas (material puzolánico).

5.3.4. Comparación general del contenido de aire del concreto en estado fresco

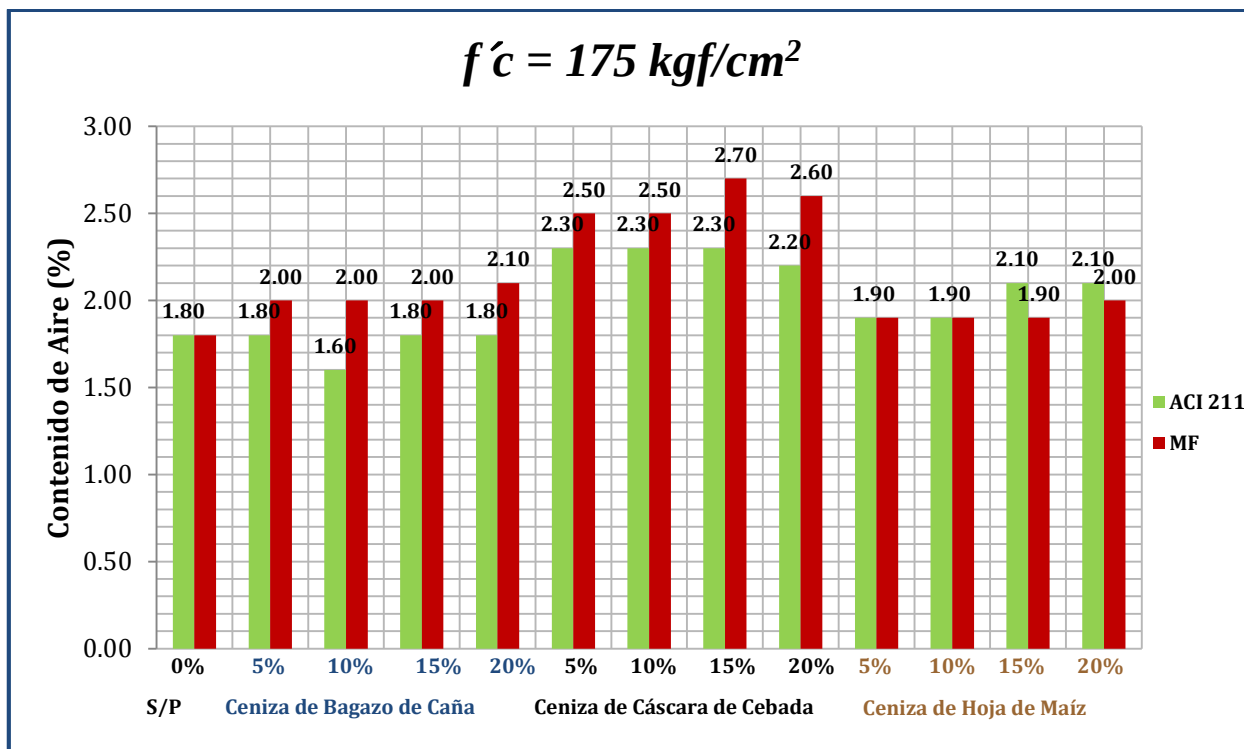


Gráfico N° 13: Contenido de aire del concreto fresco para diseños de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico N° 13 se observa que el contenido de aire obtenido para los concretos con cenizas ya sea para ambos métodos se encuentran dentro de los valores de 1% a 3%, valor establecido por la ASTM C-231.

También del gráfico N° 13 se observa que el concreto vaciado sin ceniza, presenta menor contenido de aire en comparación al concreto vaciado con 5%, 10%, 15 y 20% de cenizas, tanto para el método ACI 211 como para el método de Modulo de Fineza, en excepción del concreto con 10% de ceniza de bagazo de caña (método ACI 211) que alcanzó 1.6% siendo el menor contenido de aire obtenido entre las puzolanas.

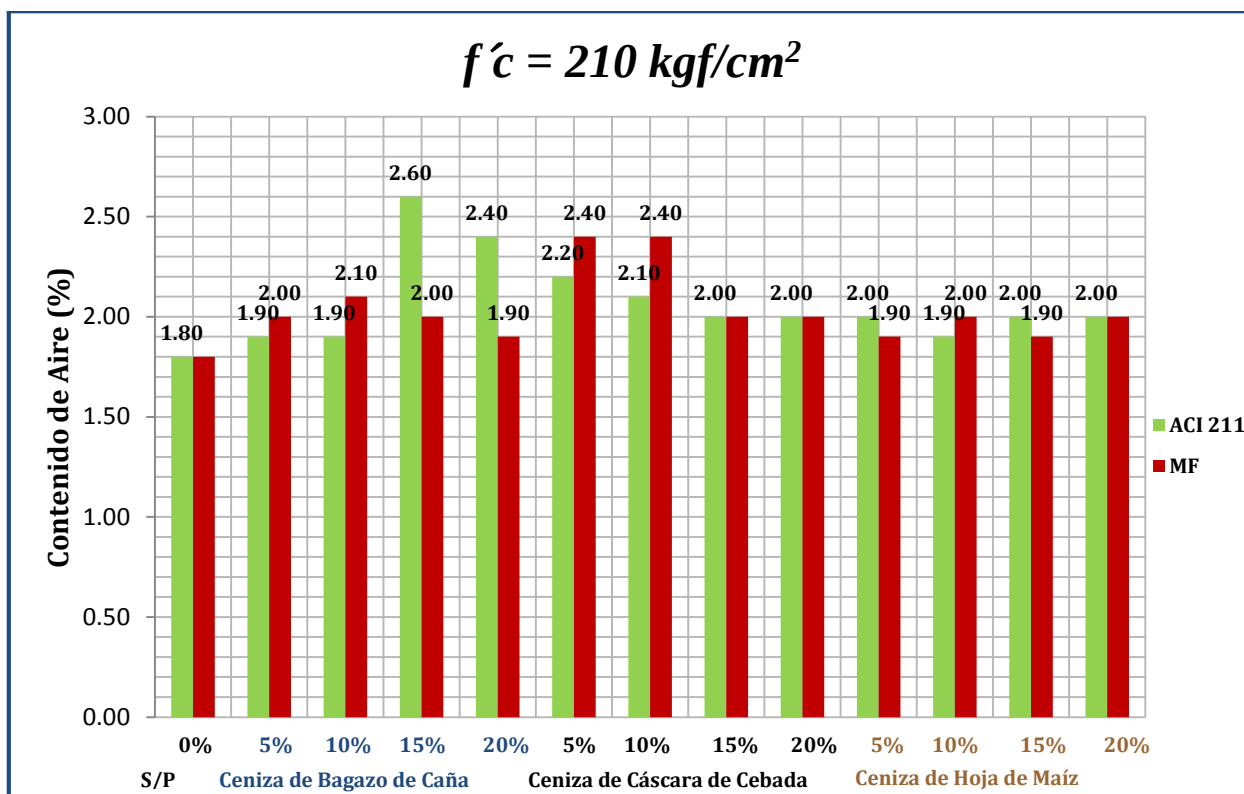


Gráfico N° 14: Contenido de aire del concreto fresco para diseños de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico N° 14 se observa que el contenido de aire obtenido para los concretos con cenizas ya sea para ambos métodos se encuentran dentro de los valores de 1% a 3%, valor establecido por la ASTM C-231.

También del gráfico observamos que el concreto vaciado sin ceniza, presenta menor contenido de aire en comparación al concreto vaciado con 5%, 10%, 15 y 20% de cenizas, tanto para el método ACI 211 como para el método de Modulo de Fineza, siendo el concreto con 15% de bagazo (Método ACI 211) quien obtuvo 2.60% de aire llegando casi al límite de lo establecido.

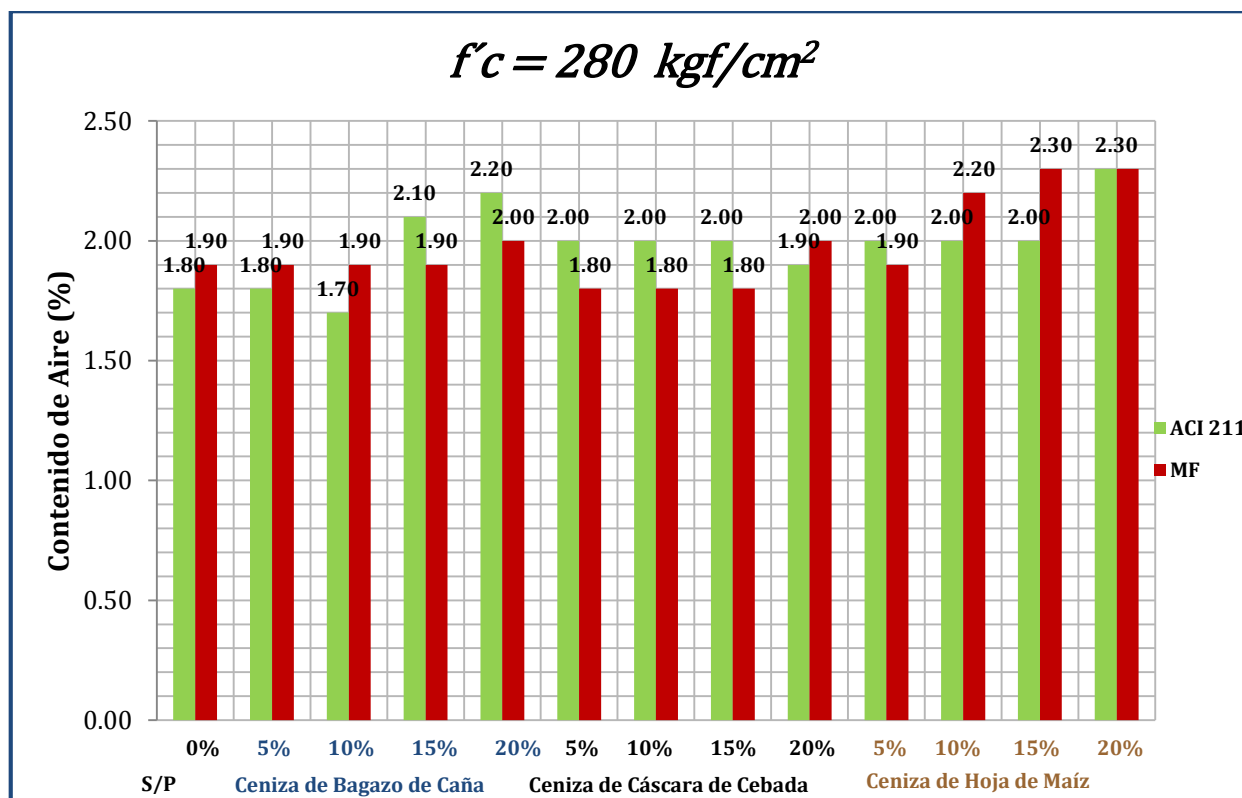


Gráfico N° 15: Contenido de aire del concreto fresco para diseños de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico N° 15 se observa que el contenido de aire obtenido para los concretos con cenizas ya sea para ambos métodos se encuentran dentro de los valores de 1% a 3%, valor establecido por la ASTM C-231.

También del gráfico N° 15 se observa que los valores obtenidos con el concreto vaciado con diferentes porcentajes de ceniza de hoja de maíz, presentaron valores altos a comparación de los demás concretos, tanto para el método ACI 211 como para el método de Modulo de Fineza.

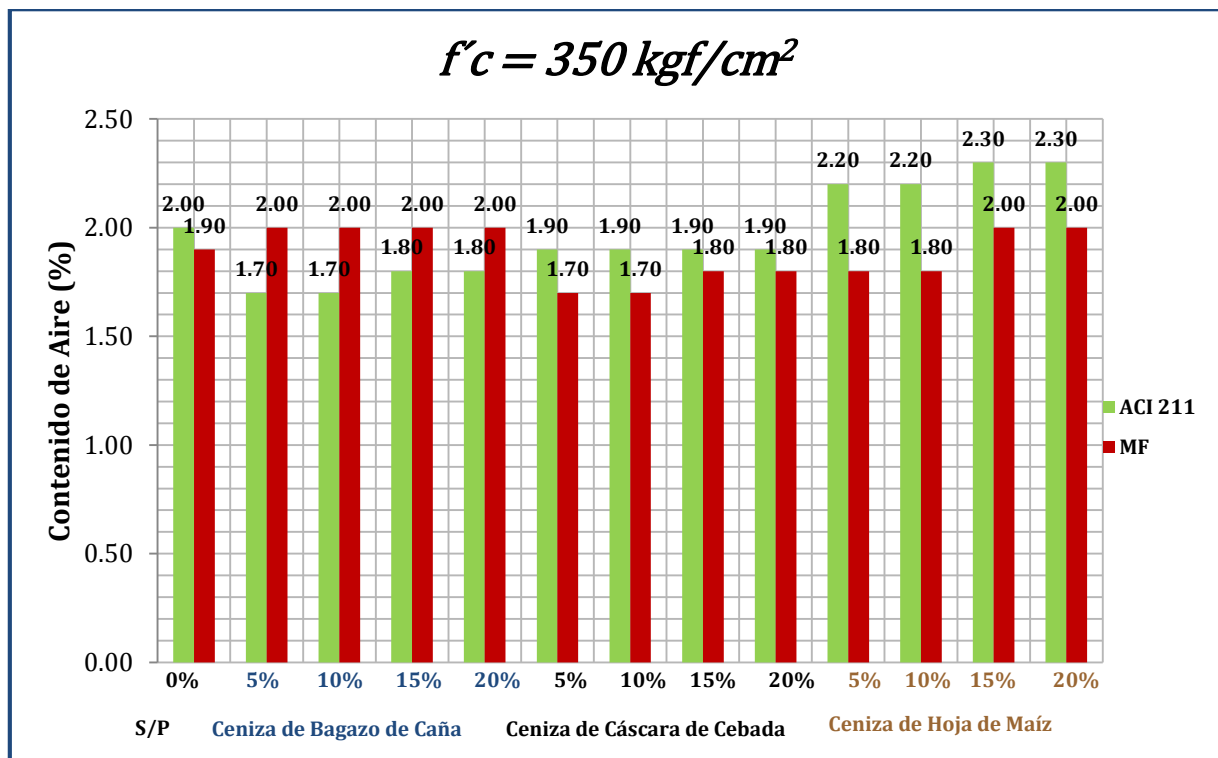


Gráfico N° 16: Contenido de aire del concreto fresco para diseños de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico N° 16 se observa que el contenido de aire obtenido para los concretos con cenizas ya sea para ambos métodos se encuentran dentro de los valores de 1% a 3%, valor establecido por la ASTM C-231.

También del gráfico N° 16 se observa que los valores obtenidos con el concreto vaciado con diferentes porcentajes de ceniza de hoja de maíz, presentaron valores altos a comparación de los demás concretos.

También del gráfico se observa que el concreto vaciado sin ceniza, presenta mayor contenido de aire en comparación al concreto vaciado con 5% y 10% de cenizas de bagazo de caña y cáscara de cebada, tanto para los dos métodos utilizados, obteniendo un valor de 1.7%.

5.3.5. Comparación General de la Densidad del Concreto en estado endurecido

Tabla N° 122: Densidad del concreto en estado endurecido

DENSIDAD									
RESISTENCIA f'_c (kgf/cm ²)	ADICIÓN DE PUZOLANA (%)	S/P.		CBCA		CCC		CHM	
		DISEÑO (kg/m ³)		DISEÑO (kg/m ³)		DISEÑO (kg/m ³)		DISEÑO (kg/m ³)	
		ACI	MF	ACI	MF	ACI	MF	ACI	MF
175	0	2,245.98	2,266.04						
	5			2,262.05	2,347.78	2,288.85	2,383.49	2,371.95	2,364.12
	10			2,289.28	2,319.02	2,274.43	2,321.44	2,331.93	2,362.46
	15			2,264.66	2,328.20	2,285.76	2,294.08	2,384.30	2,356.59
	20			2,278.45	2,276.92	2,250.05	2,307.22	2,278.37	2,331.72
210	0	2,237.51	2,331.09						
	5			2,308.42	2,342.09	2,364.86	2,370.62	2,337.43	2,361.57
	10			2,280.22	2,263.57	2,268.07	2,312.31	2,374.72	2,363.65
	15			2,297.90	2,285.71	2,296.18	2,268.86	2,338.67	2,389.51
	20			2,251.04	2,233.72	2,279.92	2,302.45	2,313.84	2,357.89
280	0	2,234.22	2,268.43						
	5			2,276.66	2,321.51	2,321.23	2,421.59	2,357.35	2,379.82
	10			2,268.24	2,371.04	2,264.19	2,346.14	2,289.88	2,359.17
	15			2,271.36	2,247.51	2,264.70	2,296.17	2,422.65	2,386.29
	20			2,253.11	2,223.16	2,209.11	2,250.24	2,373.38	2,294.82
350	0	2,230.48	2,235.75						
	5			2,274.92	2,308.20	2,326.86	2,325.34	2,357.74	2,380.54
	10			2,190.29	2,330.01	2,257.52	2,355.52	2,362.17	2,345.19
	15			2,254.04	2,257.48	2,225.94	2,288.44	2,316.53	2,325.37
	20			2,252.90	2,232.65	2,218.90	2,259.90	2,347.43	2,389.80

Fuente: Elaboración Propia

El concreto en estado fresco tiene una densidad que varía de 2,200 a 2,400 kg/m³, la cual depende de la cantidad y densidad del agregado, el aire atrapado, agua y cemento; cabe mencionar que al aumentar la cantidad de agregado, se aumenta la densidad.

En nuestros datos podemos observar que nuestro diseño convencional (Sin puzolana S/P) tiene valores alrededor de los 2,200 kg/m³ y solo uno llega a 2300 kg/m³, sin embargo en el diseño que lleva las cenizas también lo encontramos con esos valores pero también vemos que en el caso de la ceniza con hoja de maíz la mayoría pasa los 2,300 kg/m³ llegando uno inclusive a 2,400 kg/m³.

5.4. Análisis de resultados de la resistencia a la compresión

5.4.1. Comparación general de la resistencia a la compresión en 7, 14 y 28 días

5.4.1.1. Comparación general a los 7 días de curado

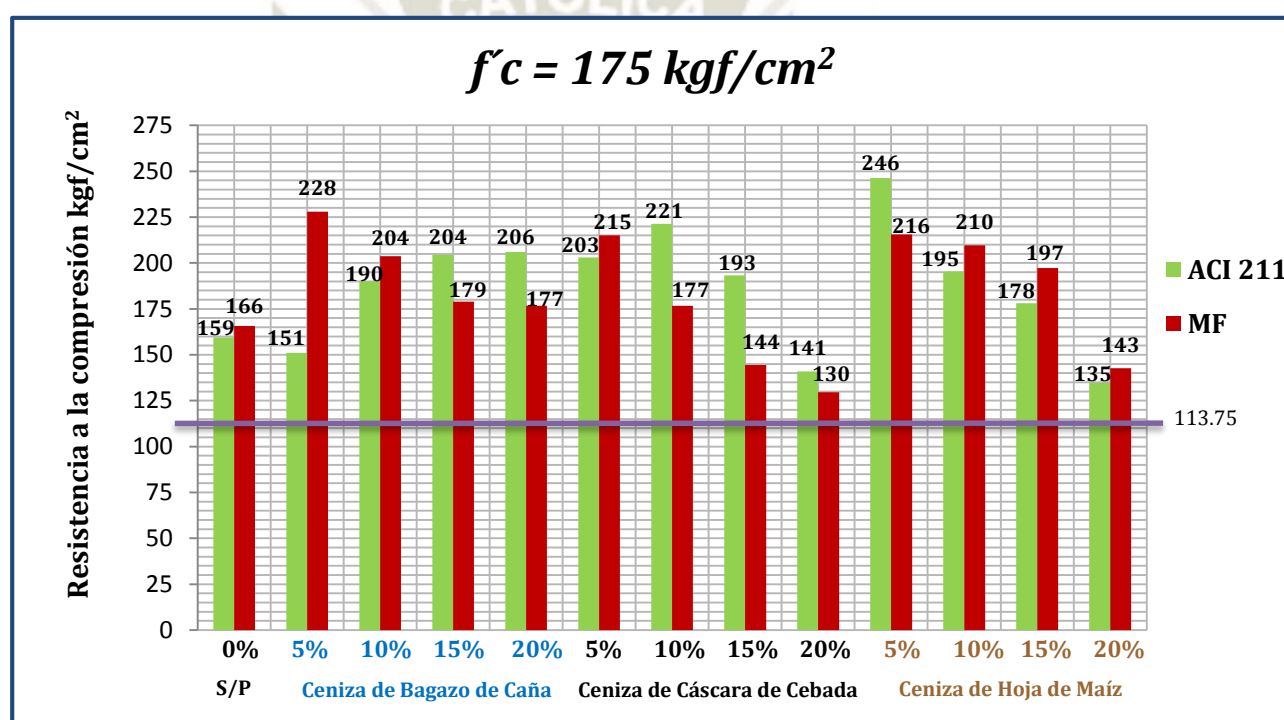


Gráfico N° 17: Comparación de resistencias a la compresión para concretos

$f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ a los 7 días

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N° 17 observamos los promedios de los diferentes resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión del diseño $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$. Se puede ver que el valor más alto corresponde al de la hoja de maíz, con adición de 5% de ceniza con el método del ACI 211 el cual nos muestra un valor de $f'_c = 246 \text{ kgf/cm}^2$, seguido del bagazo de caña de azúcar con

adición de 5% de ceniza cuyo diseño corresponde al Módulo de Fineza el cual nos resulta un $f'c = 228 \text{ kgf/cm}^2$.

Se puede corroborar también que el diseño con 20% de ceniza de cáscara de cebada a pesar de que cumple con la resistencia mínima es el que posee el menor valor con $f'c = 130 \text{ kgf/cm}^2$ para su diseño con MF y con 20% de ceniza de hoja de maíz con $f'c = 135 \text{ kgf/cm}^2$ para ACI 211. Es observable claramente que el diseño por ACI 211 obtiene resistencias mayores al del Módulo de Fineza, en algunos casos por poco y en otros con un rango mayor.

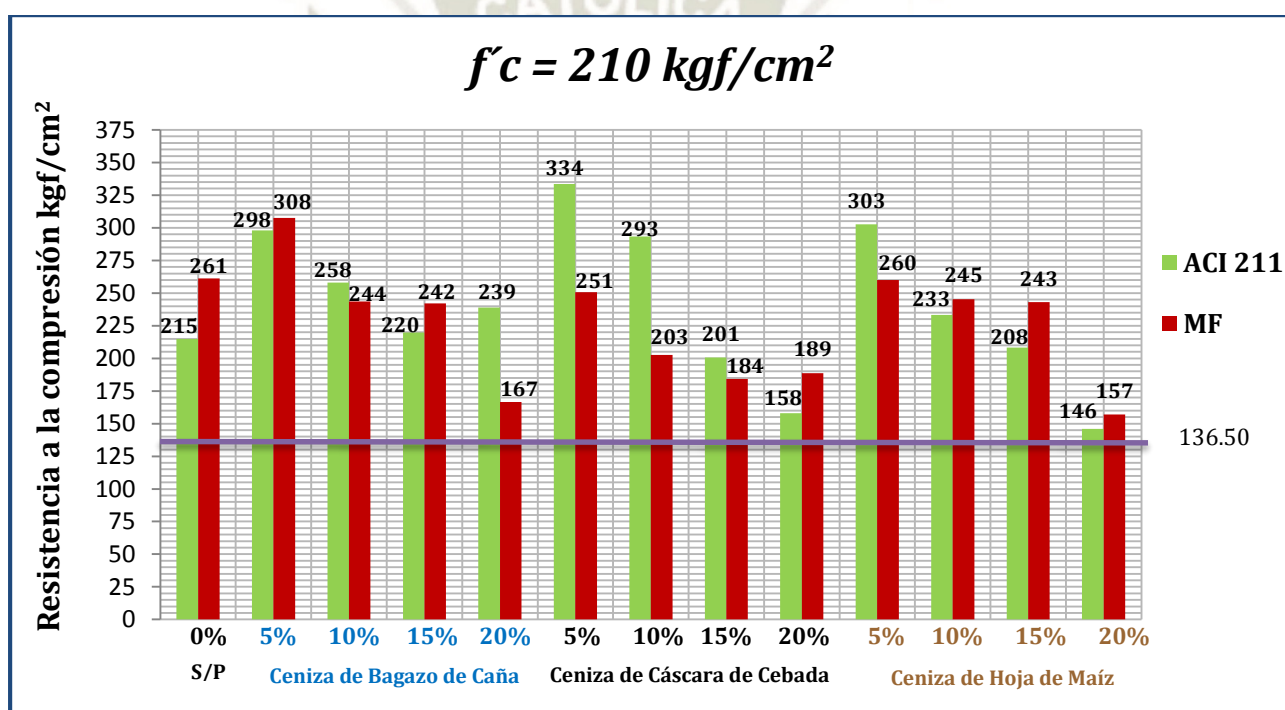


Gráfico N° 18: Comparación de resistencias a la compresión para concretos

$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ a los 7 días

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico anterior observamos los promedios de los diferentes resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión del diseño $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$. Se puede ver que el valor más alto corresponde al de la cáscara de cebada, con adición de 5% de ceniza con el método ACI 211 el cual nos muestra un valor de $f'c = 334 \text{ kgf/cm}^2$, seguido del bagazo de caña de azúcar con adición de 5% de ceniza cuyo diseño corresponde al Módulo de Fineza el cual

nos resulta un $f'c = 308 \text{ kgf/cm}^2$. Para ello debemos tener en cuenta que a los 7 días la resistencia mínima deberá ser del 65% siendo en este caso $f'c = 136.50 \text{ kgf/cm}^2$, comprobando con esto que los diferentes diseños superan ampliamente la resistencia mínima.

Se puede corroborar también que el diseño con de ceniza de hoja de maíz (ACI 211), cáscara de cebada (ACI 211) y bagazo de caña de azúcar (MF) todos ellos con adición del 20% de ceniza, son los que poseen el menor valor en la resistencia obtenida, pero de igual forma superando el límite.

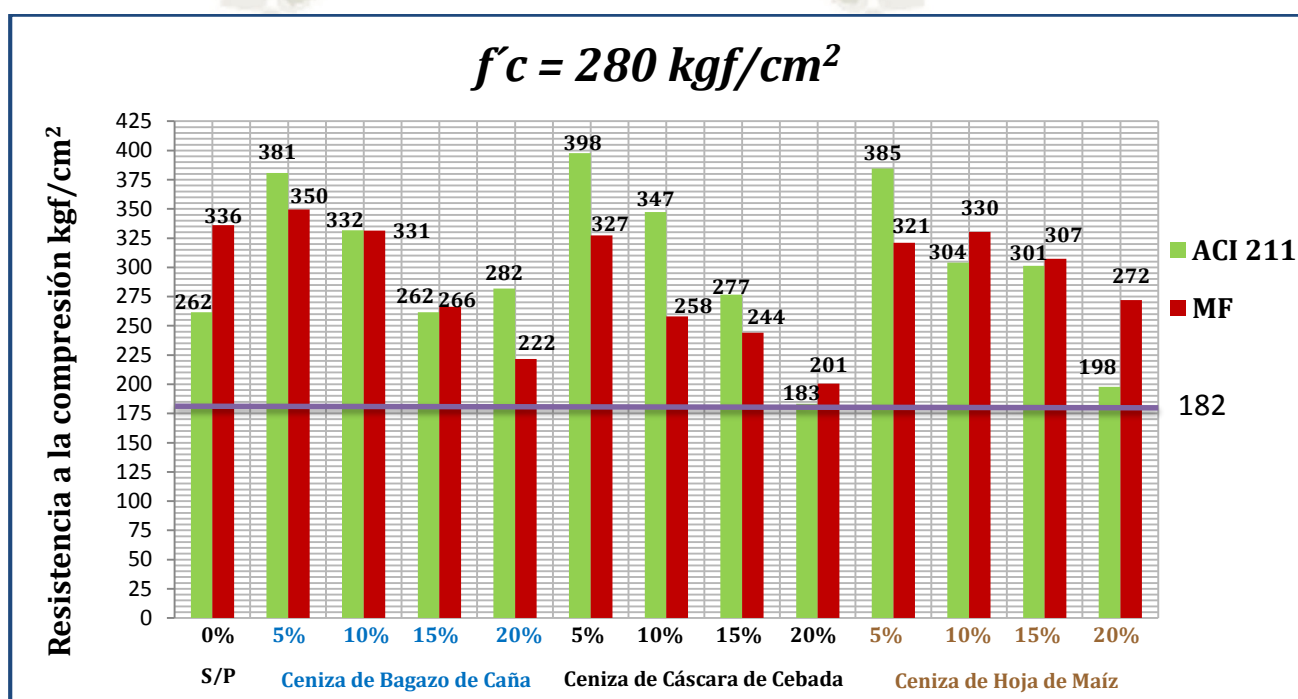


Gráfico N° 19: Comparación de resistencias a la compresión para concretos

$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ a los 7 días

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N° 19 observamos los promedios de los diferentes resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión del diseño $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$. Se puede ver que el valor más alto corresponde al de la cáscara de cebada (ACI 211), hoja de maíz (ACI 211) y bagazo de caña de azúcar (ACI 211), estando los tres con adición de 5% de la ceniza de los productos según corresponda obteniendo unas resistencias de $f'c = 398 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 385 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 381 \text{ kgf/cm}^2$ respectivamente.

Se puede corroborar también que el diseño con 20% de ceniza de cáscara de cebada a pesar de que cumple con la resistencia mínima es el que posee el menor valor con $f'c = 183 \text{ kgf/cm}^2$ y con 20% de ceniza de hoja de maíz con $f'c = 198 \text{ kgf/cm}^2$, ambos para ACI 211. Es observable claramente que el diseño por ACI 211 obtiene resistencias mayores al del Módulo de Fineza, en algunos casos por poco y en otros con un rango mayor.

Además se puede comprobar que todos los diseños superan el valor mínimo de la resistencia a los 7 días, siendo este último de $f'c = 183 \text{ kgf/cm}^2$

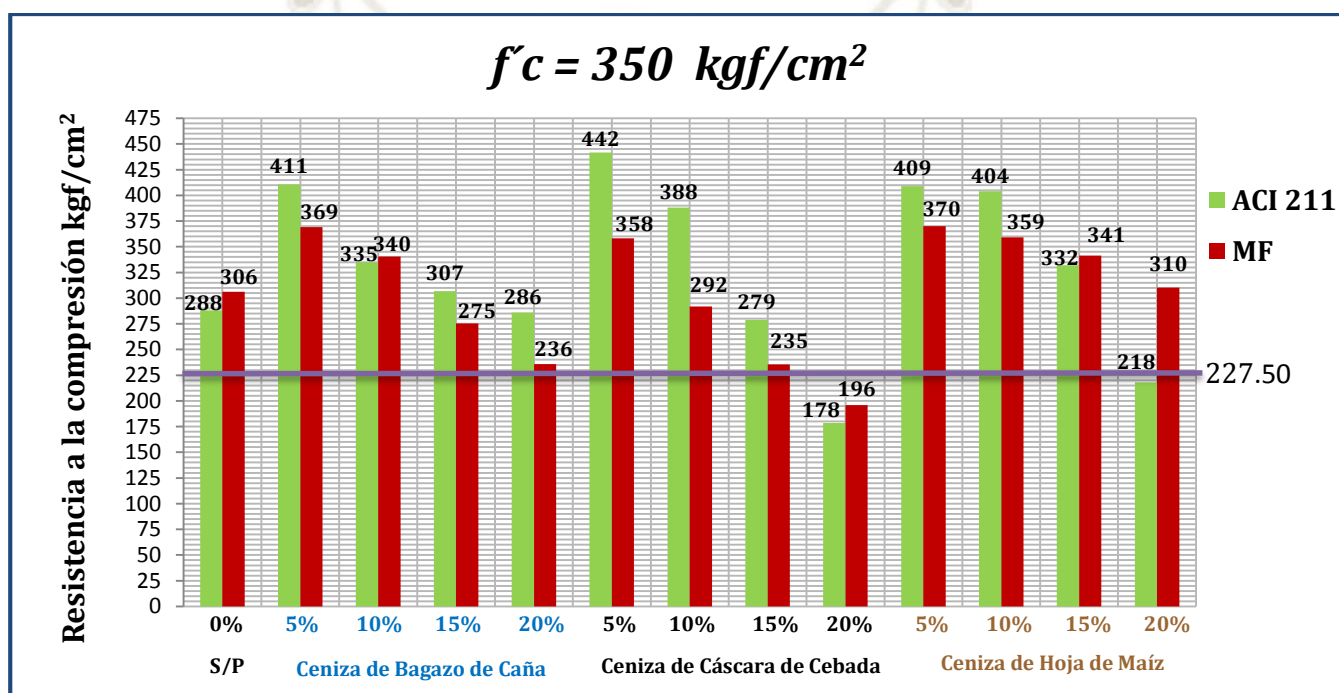


Gráfico N° 20: Comparación de resistencias a la compresión para concretos

$f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ a los 7 días

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico anterior se puede observar los promedios de los diferentes resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión del diseño $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$. Se puede ver que el valor más alto corresponde al de la cáscara de cebada (5% de Ceniza – ACI 211) el cual nos muestra un valor de $f'c = 442 \text{ kgf/cm}^2$, seguido del bagazo de caña de azúcar con adición de 5% de ceniza cuyos diseño corresponde al Módulo de Fineza el cual nos resulta un $f'c = 411 \text{ kg/cm}^2$. Sin embargo también se obtuvo diseños que no alcanzaron la resistencia mínima que es el 60% del diseño siendo esta $f'c = 227.50 \text{ kgf/cm}^2$, los

cuales son cáscara de cebada (20% - MF y ACI 211) y 20% de ceniza de hoja de maíz (ACI 211).

5.4.1.2. Comparación general a los 14 días de curado

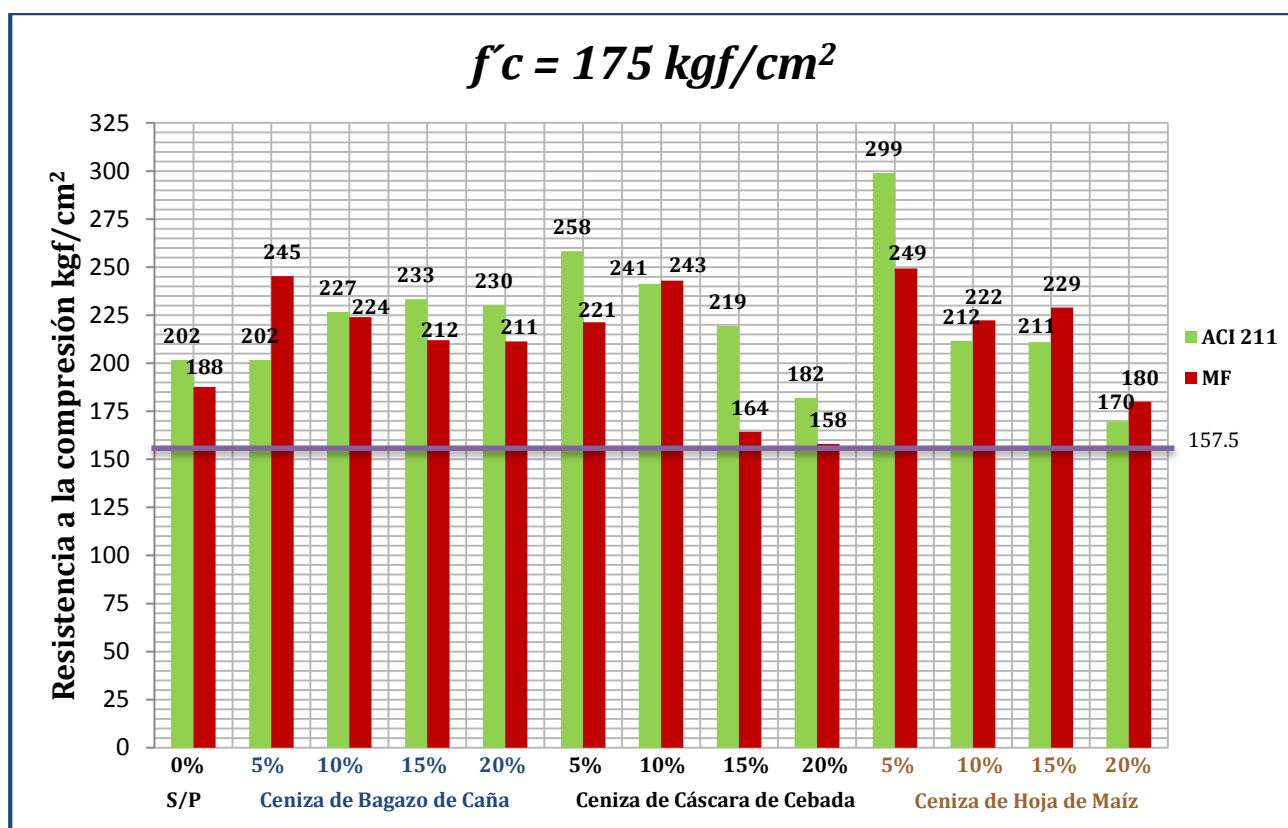


Gráfico N° 21: Comparación de resistencias a la compresión para concretos
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ a los 14 días

Fuente: Elaboración Propia

De la gráfica N° 21 podemos observar que todos los resultados obtenidos del concreto convencional y del concreto con cenizas utilizando ambos métodos de diseño, superan el 90% de 175 kgf/cm^2 porcentaje que debe alcanzar dicha resistencia a los 14 días.

También observamos que las resistencias obtenidas de los concretos con 5%, 10% y 15% de cenizas utilizando ambos métodos, superan la resistencia alcanzada por el concreto convencional, siendo 299 kgf/cm^2 la mayor resistencia, obtenida del concreto con 5% de ceniza de hoja de maíz (Método ACI 211).

El concreto con 20% de ceniza fueron quienes alcanzaron menores valores a comparación del concreto convencional, siendo 158 kgf/cm² la menor resistencia obtenida de concreto con 20% de ceniza de cebada (método Modulo de Fineza). Se puede concluir que a mayor cantidad de ceniza la resistencia disminuye, pero esto no se presenta en el concreto con ceniza de bagazo de la caña de azúcar, ya que el valor alcanzado dentro de este concreto fue sustituyendo el 15%.

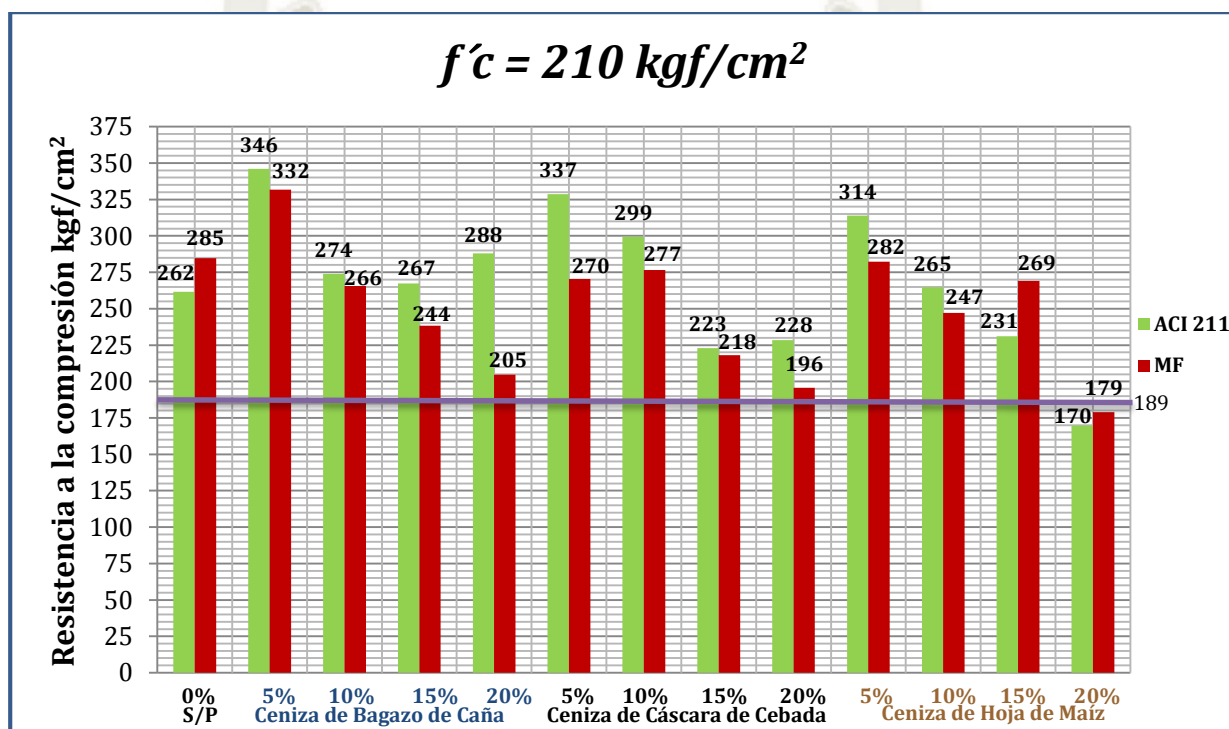


Gráfico N° 22: Comparación de resistencias a la compresión para concretos

$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ a los 14 días

Fuente: Elaboración Propia

De la gráfica N° 22, podemos observar que las resistencias obtenidas de los concretos con 5%, 10% 15% y 20% de ceniza de bagazo de caña y cáscara de cebada, utilizando ambos métodos de diseño, superan el 90% de 210 kgf/cm² porcentaje que debe alcanzar dicha resistencia a los 14 días, con excepción del concreto con 20% de ceniza de hoja de maíz ya que alcanzó 170 kgf/cm² (Método ACI 211).

También podemos observar que se obtuvo resistencias mayores utilizando el método ACI 211, siendo 346 kgf/cm^2 la mayor resistencia, obtenida del concreto con 5% de bagazo de caña de azúcar.

Las resistencias obtenidas de los concretos con 5% y 10% de cenizas utilizando el método ACI 211, superan la resistencia alcanzada por el concreto convencional, mientras que utilizando el método del módulo de fineza, el único concreto que superó al concreto convencional fue utilizando el 5% de bagazo de caña de azúcar.

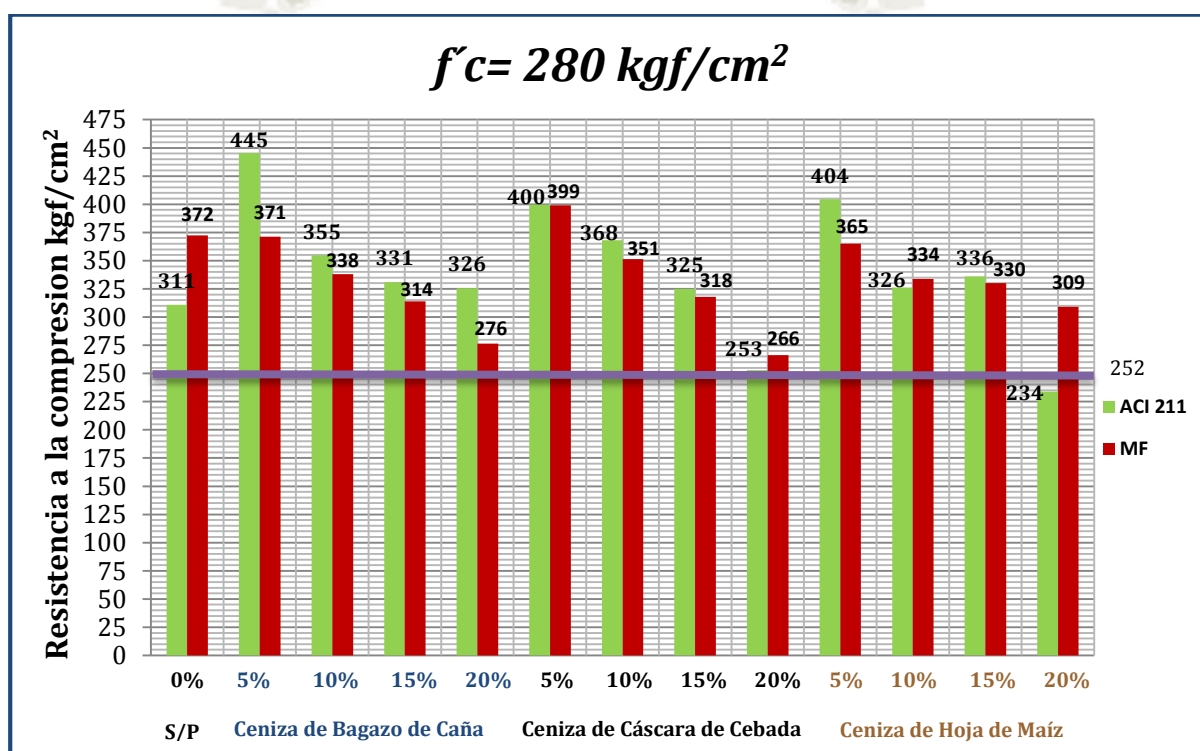


Gráfico N° 23: Comparación de resistencias a la compresión para concretos

$f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ a los 14 días

Fuente: Elaboración Propia

De la gráfica N° 23 podemos observar que las resistencias obtenidas del concreto convencional y el concreto con cenizas utilizando ambos métodos de diseño, superan el 90% de 280 kgf/cm^2 porcentaje que debe alcanzar dicha resistencia a los 14 días, con la excepción del concreto con 20% de ceniza de hoja de maíz que alcanzó una resistencia de 234 kgf/cm^2 (Método ACI 211).

Al realizar una comparación con las resistencias obtenidas del concreto convencional y el concreto con cenizas utilizando el método ACI 211, se observa

que al utilizar ceniza de bagazo en los porcentajes estudiados supera las resistencia del concreto convencional a comparación del concreto utilizando cascara de cebada y hoja de maíz que solo supera con los porcentajes de 5%, 10% y 15%.

Con el método de Modulo de Fineza, solo el concreto con 5% de ceniza de cascara de cebada supera la resistencia obtenida del concreto convencional.

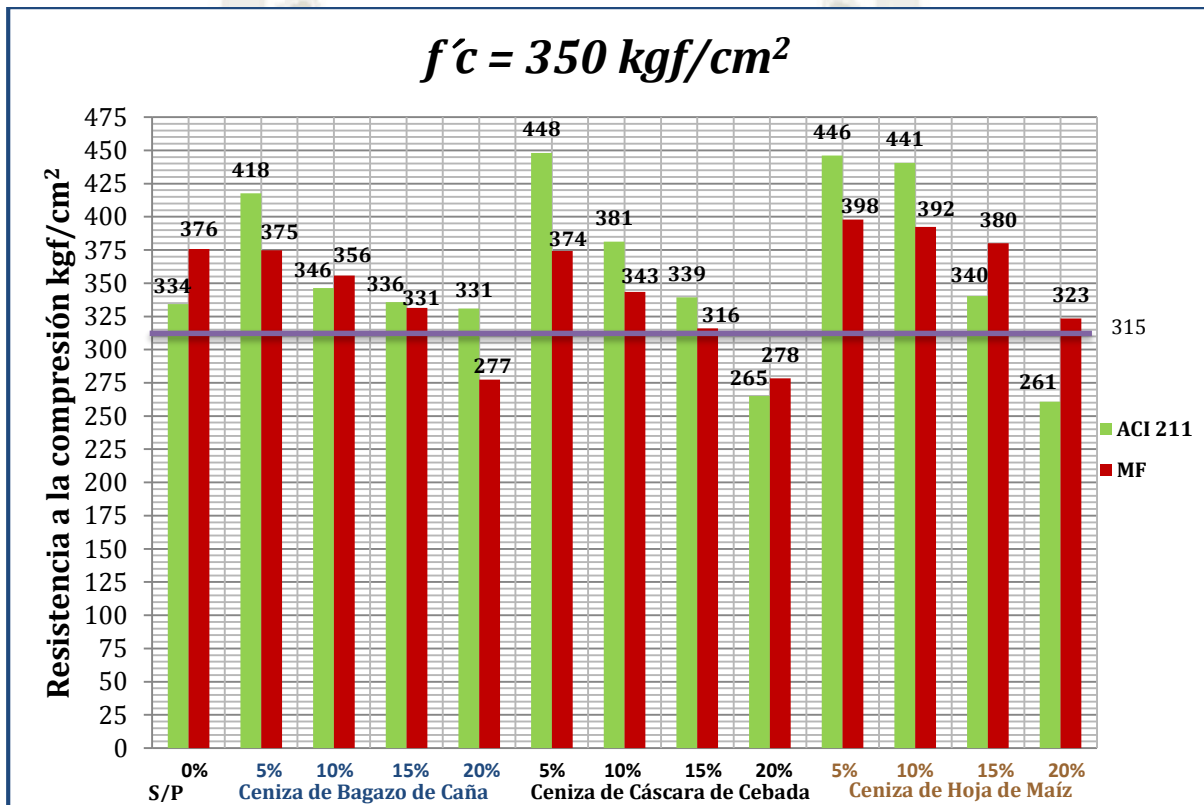


Gráfico N° 24: Comparación de resistencias a la compresión para concretos

$f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ a los 14 días

Fuente: Elaboración Propia

De la gráfica N° 24 podemos observar que las resistencias obtenidas del concreto convencional y con 5%, 10% y 15% de cenizas utilizando ambos métodos de diseño, superan el 90% de 350 kgf/cm^2 porcentaje que debe alcanzar dicha resistencia a los 14 días, sin embargo los concretos con 20% de ceniza utilizando bagazo de caña con el método ACI 211 y hoja de maíz con el método de Modulo de Fineza, superan el porcentaje de dicho diseño, obteniendo 331 kgf/cm^2 y 323 kgf/cm^2 .

También podemos observar que se obtuvo resistencias mayores utilizando el método ACI 211, siendo 448 kgf/cm^2 la mayor resistencia, obtenida del concreto con 5% de hoja de maíz, sin embargo con el método de Modulo de Fineza solo el 5%, 10% y 15% de ceniza de hoja de maíz en el concreto, superan al concreto convencional.

5.4.1.3. Comparación general a los 28 días de curado

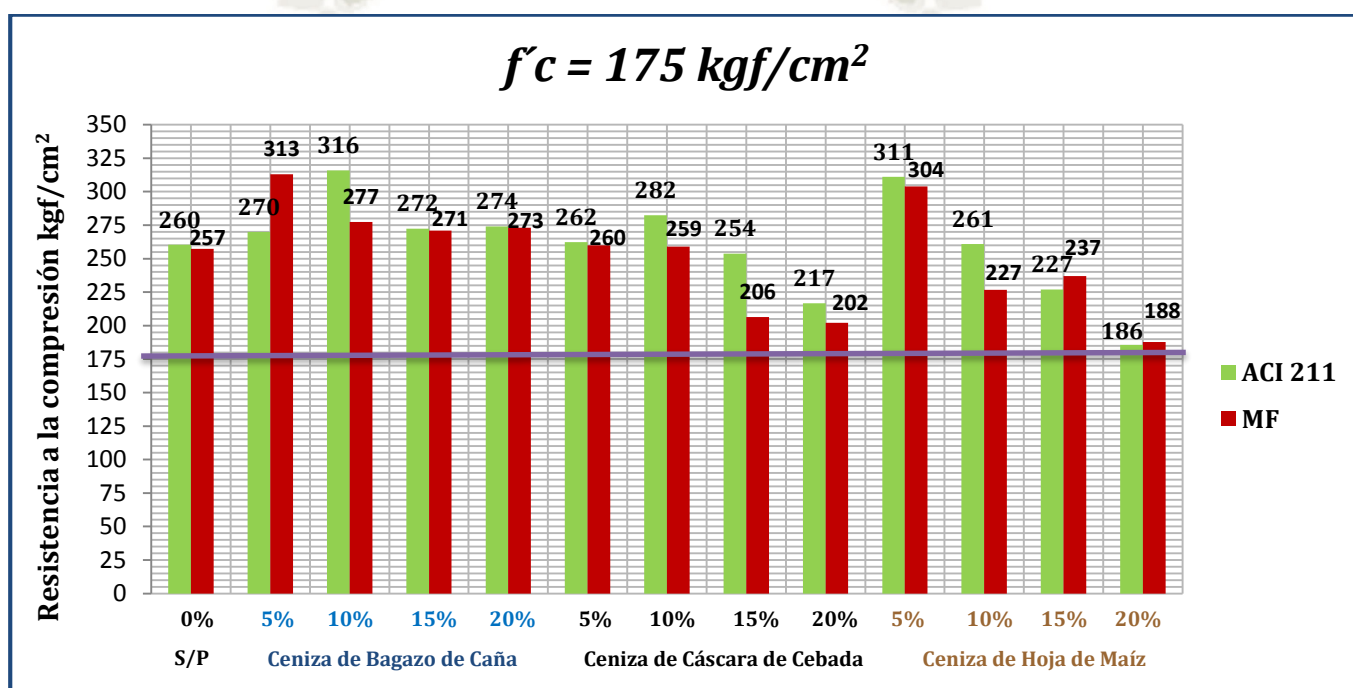


Gráfico N° 25: Comparación de resistencias a la compresión para concretos
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ a los 28 días

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N° 25 observamos los promedios de los diferentes resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión, y se puede apreciar que todos los diseños exceden la resistencia para la cual fueron diseñadas ($f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$). Sin embargo el valor más alto es el de ceniza de bagazo de caña de azúcar con adición de 10% de ceniza con el método del ACI 211, el cual nos muestra un valor de $f'c = 316 \text{ kgf/cm}^2$, seguido de la ceniza de hoja de maíz con adición de 5% con el método del ACI 211 que nos da un $f'c = 311 \text{ kg/cm}^2$.

A su vez podemos observar que el diseño que obtuvo la resistencia más cercana a la cual fue diseñado es el de ceniza de hoja de maíz con adición de 20% en el método del ACI 211 el cual obtuvo un resultado de $f'c = 186 \text{ kgf/cm}^2$. Además podemos observar que el diseño con ACI 211 nos brinda valores más altos con respecto al de Módulo de Fineza, siendo la única excepción el diseño de bagazo de caña de azúcar con 5% de ceniza y hoja de maíz con 15% y 20% de ceniza.

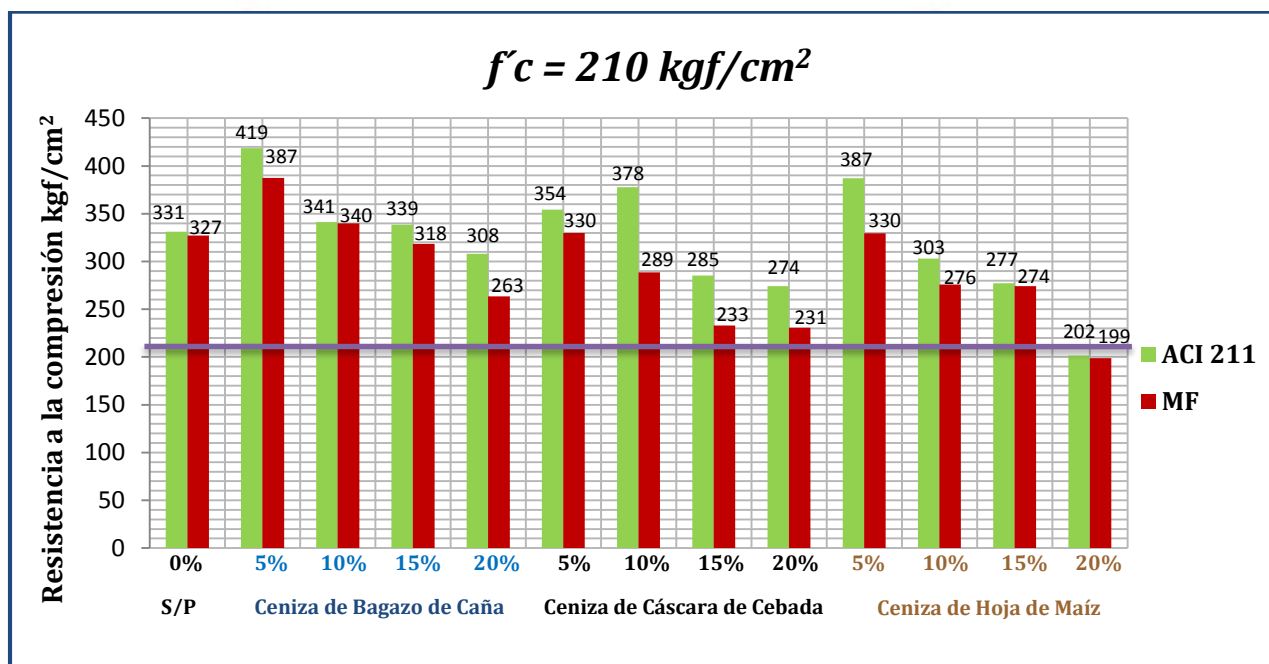


Gráfico N° 26: Comparación de resistencias a la compresión para concretos

$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ a los 28 días

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N° 26 observamos los promedios de los diferentes resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión del diseño $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$. Se puede observar que el valor más alto corresponde a la del bagazo de caña de azúcar con adición de 5% de ceniza con el método del ACI 211, el cual nos muestra un valor de $f'c = 419 \text{ kgf/cm}^2$, seguido de la hoja de maíz con adición de 5% de ceniza cuyos diseños son con el método del ACI 211 que nos da un $f'c = 387 \text{ kgf/cm}^2$.

Se puede corroborar también que el diseño con 20% de ceniza de hoja de maíz no cumple con la resistencia llegando solo a tener un $f'c = 199 \text{ kgf/cm}^2$ para su diseño con MF y $f'c = 202 \text{ kgf/cm}^2$ para ACI 211. Es observable claramente que el diseño por ACI 211 supera al del Módulo de Fineza, en algunos casos por poco

y en otros ampliamente como es el de 10% de ceniza de cáscara de cebada y 5% de ceniza de hoja de maíz.

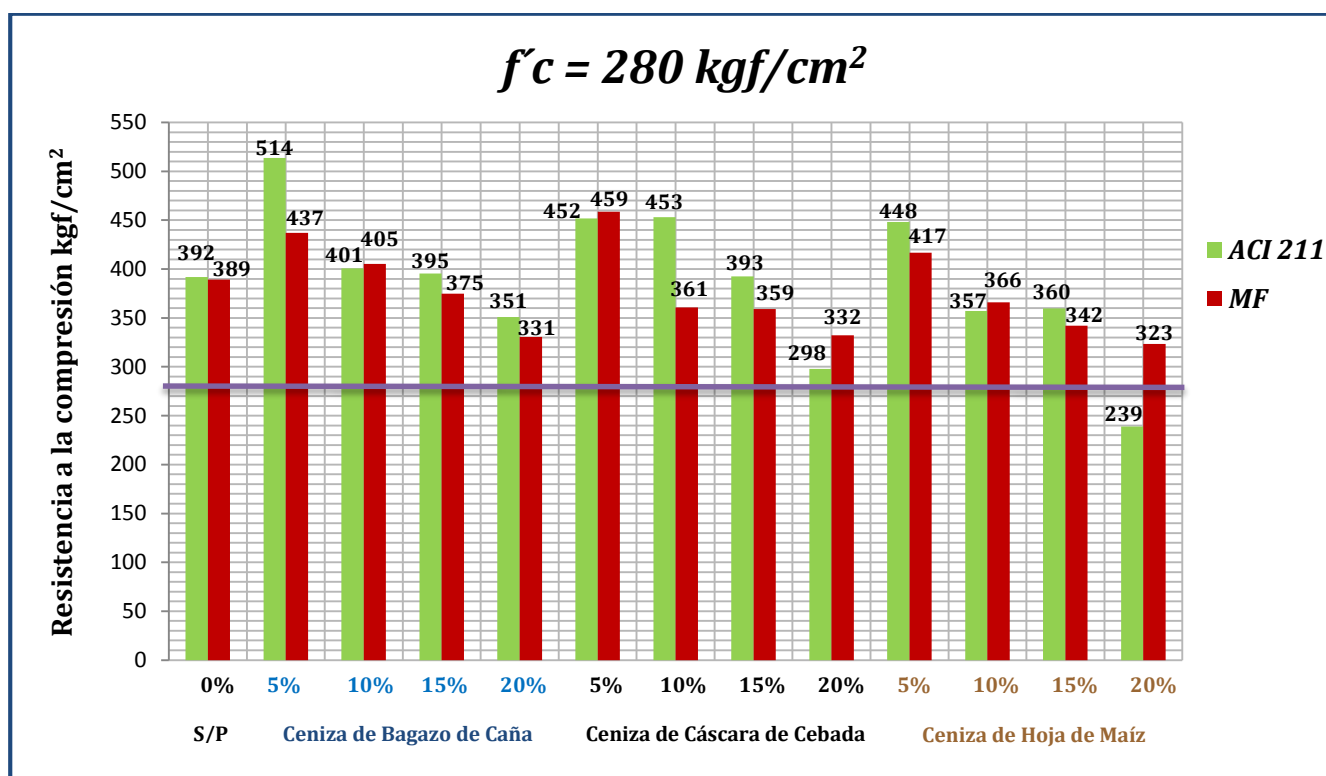


Gráfico N° 27: Comparación de resistencias a la compresión para concretos

$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ a los 28 días

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N° 27 observamos los promedios de los diferentes resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión, y se puede apreciar que todos los diseños exceden la resistencia para la cual fueron diseñadas ($f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$). Sin embargo el valor más alto es el de caña de azúcar con adición de 5% de ceniza (ACI 211) que nos muestra un valor de $f'c = 514 \text{ kgf/cm}^2$, seguido de la ceniza de hoja de maíz y cebada con 5% y 10%. A su vez podemos observar que el diseño que obtuvo la resistencia más cercana a la cual fue diseñado es el de cáscara de cebada con adición de 20% (ACI 211) el cual obtuvo un resultado de $f'c = 298 \text{ kgf/cm}^2$.

Tenemos que resaltar también que el diseño de hoja de maíz con 20% de ceniza no logra alcanzar la resistencia y se queda con $f'c = 239 \text{ kgf/cm}^2$.

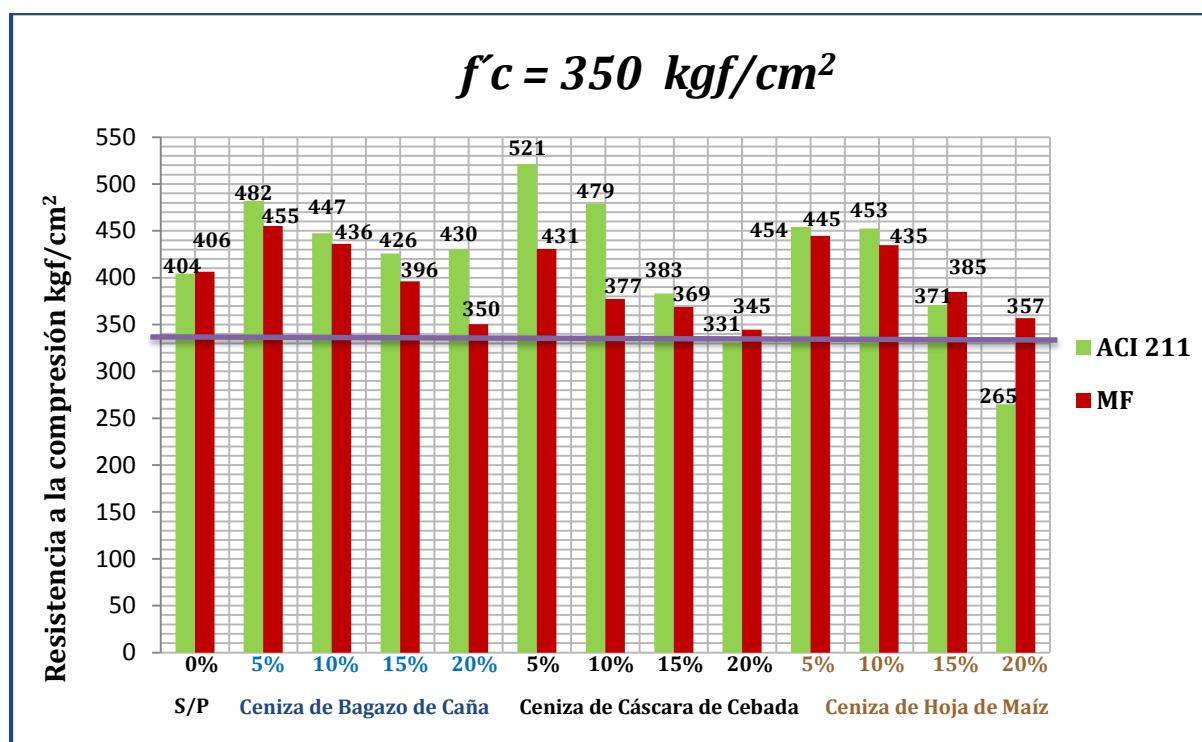


Gráfico N° 28: Comparación de resistencias a la compresión para concretos

$f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ a los 28 días

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N° 28 observamos los promedios de los diferentes resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión, y se puede apreciar que todos los diseños exceden la resistencia para la cual fueron diseñadas ($f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$), a excepción de la cáscara de cebada y la hoja de maíz en 20% de ceniza los cuales nos dieron $f'c = 331 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 265 \text{ kgf/cm}^2$ respectivamente. Sin embargo el valor más alto es el de la cáscara de cebada con adición de 5% de ceniza (ACI 211) que nos muestra un valor de $f'c = 521 \text{ kgf/cm}^2$, seguido del 5% del bagazo de la caña de azúcar con $f'c = 482 \text{ kgf/cm}^2$.

Además como comentario las resistencias más altas por diseño se están dando con el método del ACI 211.

5.4.2. Comparación Detallada entre materiales Puzolánicos Artificiales a los 7, 14 y 28 días

5.4.2.1. Resistencia a la Compresión de concretos con 5% de materiales puzolánicos para diseños por el Método ACI 211

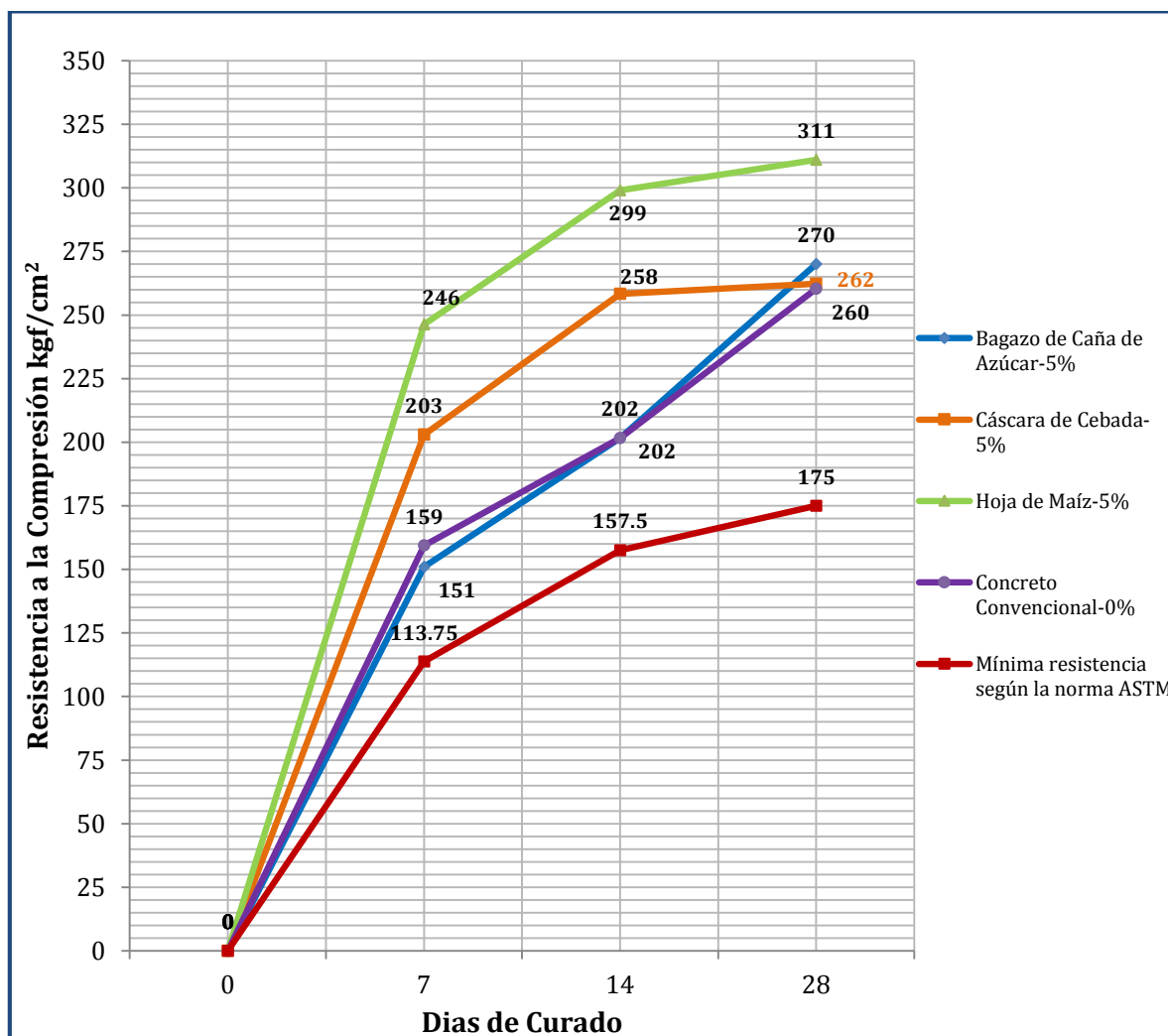


Gráfico N° 29: Comparación entre concretos de $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 29 se observa que todas las resistencias obtenidas de los concretos con 5% de cenizas utilizando el método ACI 211 son superiores al concreto convencional con excepción de la resistencia obtenida a los 7 días del concreto con bagazo de caña de azúcar. También se puede observar que el concreto con 5% de ceniza de hoja de maíz fue quien obtuvo mayores resistencias a los 7 días alcanzando una resistencia de 246 kgf/cm^2 , a los 14 días 299 kgf/cm^2 y a los 28 días 311 kgf/cm^2 .

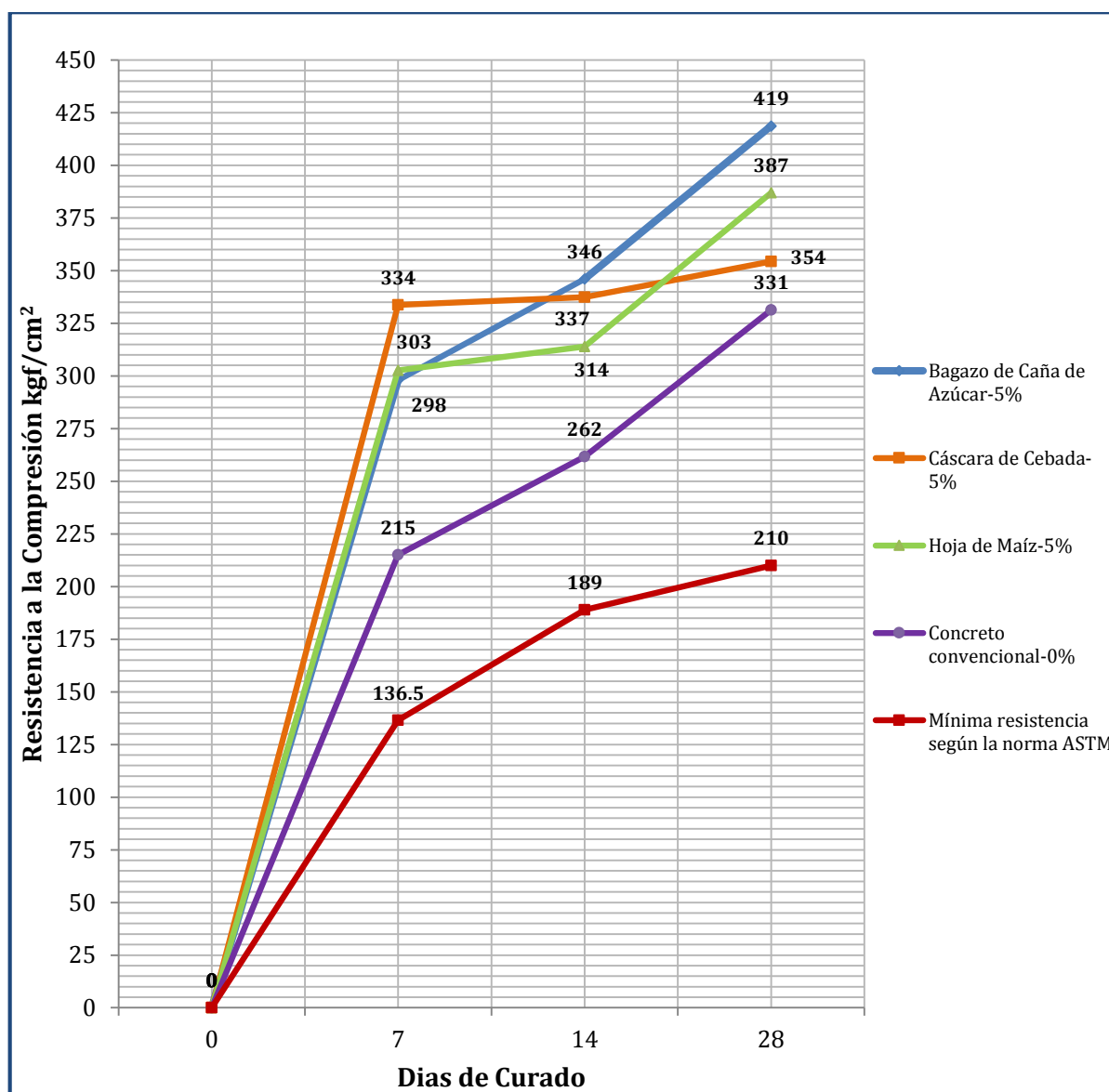


Gráfico N° 30: Comparación entre concretos de $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 30 se observa que todas las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días de los concretos con 5% de cenizas utilizando el método ACI 211 son superiores al concreto convencional.

También podemos observar que el concreto con 5% de ceniza de cáscara de cebada obtuvo una resistencia mayor a los 7 días de 334 kgf/cm^2 en comparación con las demás resistencias obtenidas, a los 14 y 28 días el concreto con 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar alcanzó resistencias de 346 kgf/cm^2 y 419 kgf/cm^2 siendo el concreto con mayores resistencias respectivamente.

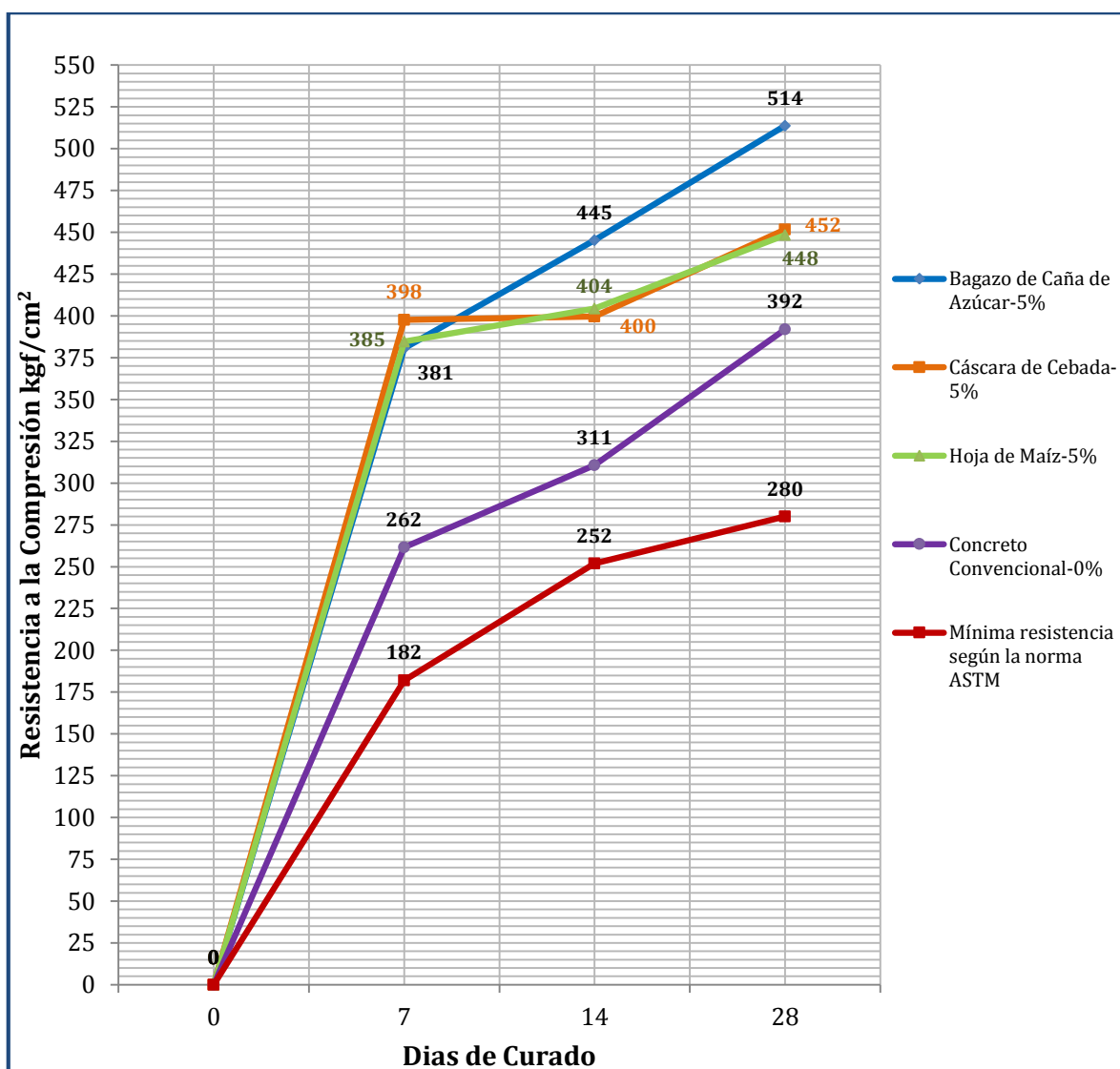


Gráfico N° 31: Comparación entre concretos de $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 31 se observa que todas las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días de los concretos con 5% de cenizas utilizando el método ACI 211 son superiores al concreto convencional.

También podemos observar que el concreto con 5% de ceniza de cáscara de cebada obtuvo una resistencia mayor a los 7 días de 398 kgf/cm^2 en comparación a las demás resistencias, a los 14 y 28 días el concreto con 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar alcanzó resistencias de 445 kgf/cm^2 y 514 kgf/cm^2 siendo el concreto con mayores resistencias respectivamente.

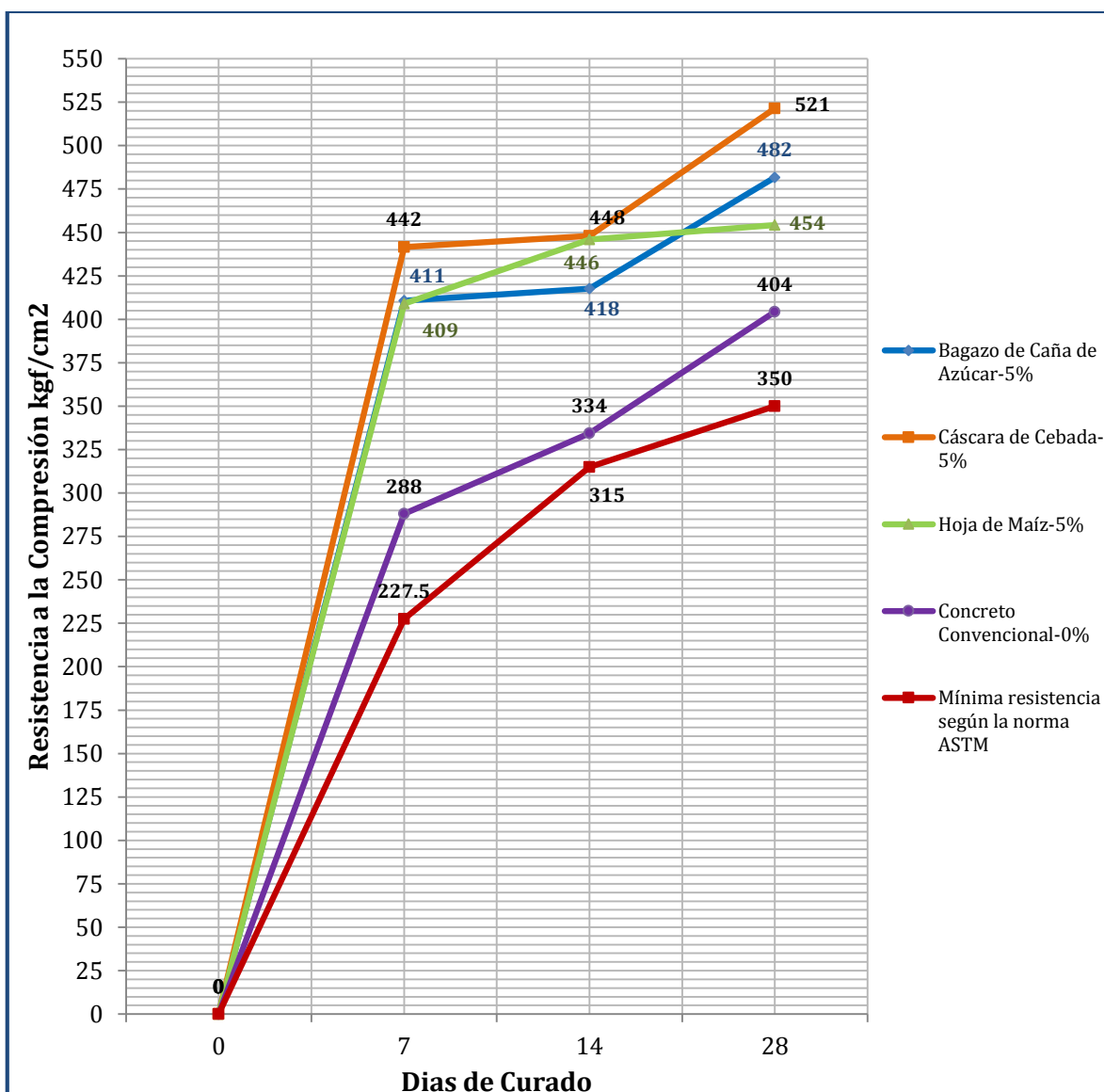


Gráfico N° 32: Comparación entre concretos de $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 32 se observa que todas las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días de los concretos con 5% de cenizas utilizando el método ACI 211 son superiores al concreto convencional.

También se puede observar que el concreto con 5% de ceniza de cáscara de cebada fue quien obtuvo mayores resistencias a los 7 días alcanzó una resistencia de 442 kgf/cm^2 , a los 14 días 448 kgf/cm^2 y a los 28 días 521 kgf/cm^2 .

5.4.2.2. Resistencia a la Compresión de concretos con 10% de materiales puzolánicos para diseños por el Método ACI 211

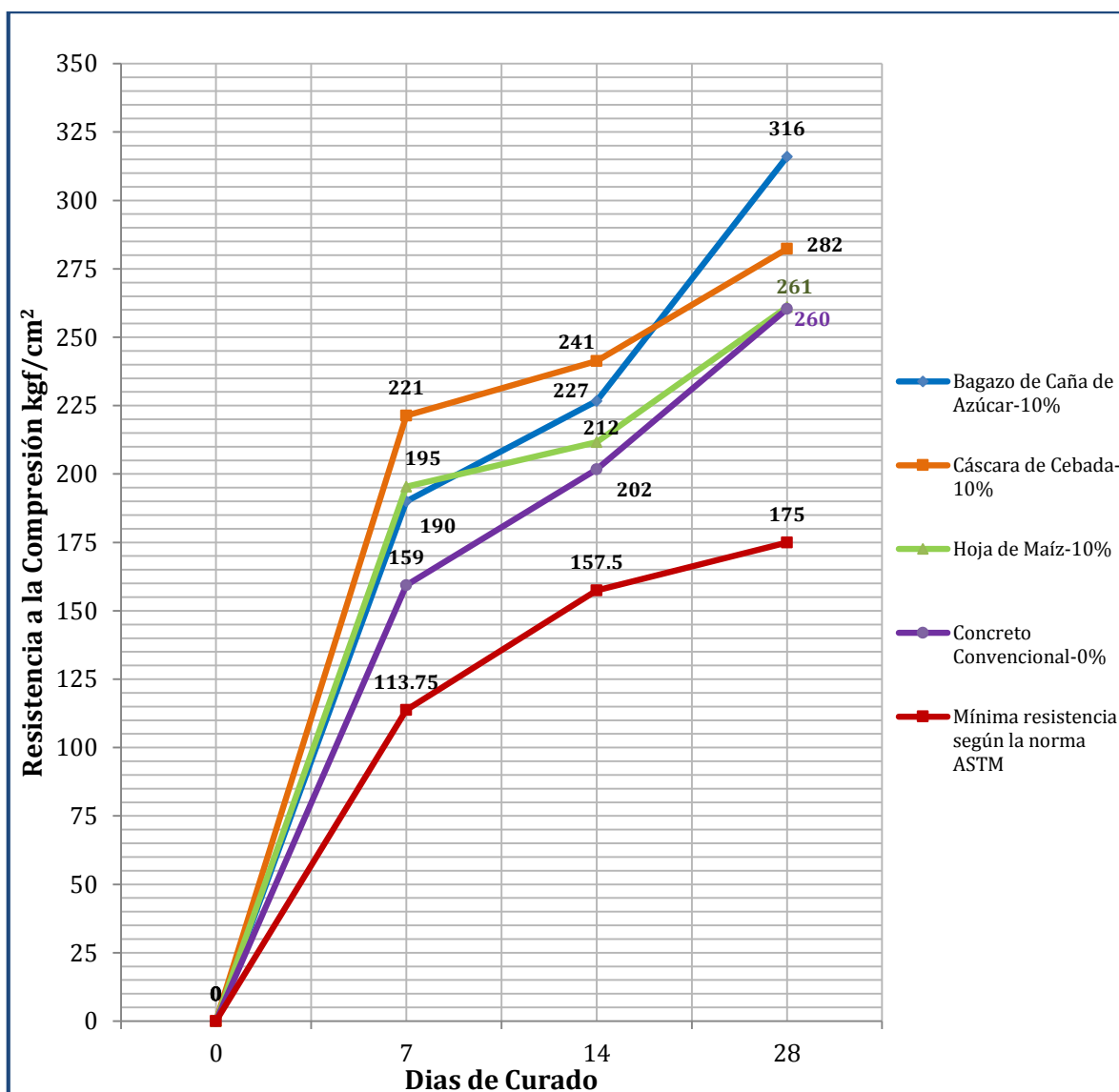


Gráfico N° 33: Comparación entre concretos de $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 31 se observa que todas las resistencias a los 7, 14 y 28 días obtenidas de los concretos con 10% de cenizas utilizando el método ACI 211 son superiores al concreto convencional. También podemos observar que el concreto con 10% de ceniza de cáscara de cebada obtuvo mayores valores a los 7 días de 221 kgf/cm^2 y a los 14 días de 241 kgf/cm^2 en comparación a las demás resistencias, a los 28 días el concreto con 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar alcanzó 316 kgf/cm^2 siendo el concreto con mayor resistencia respectivamente.

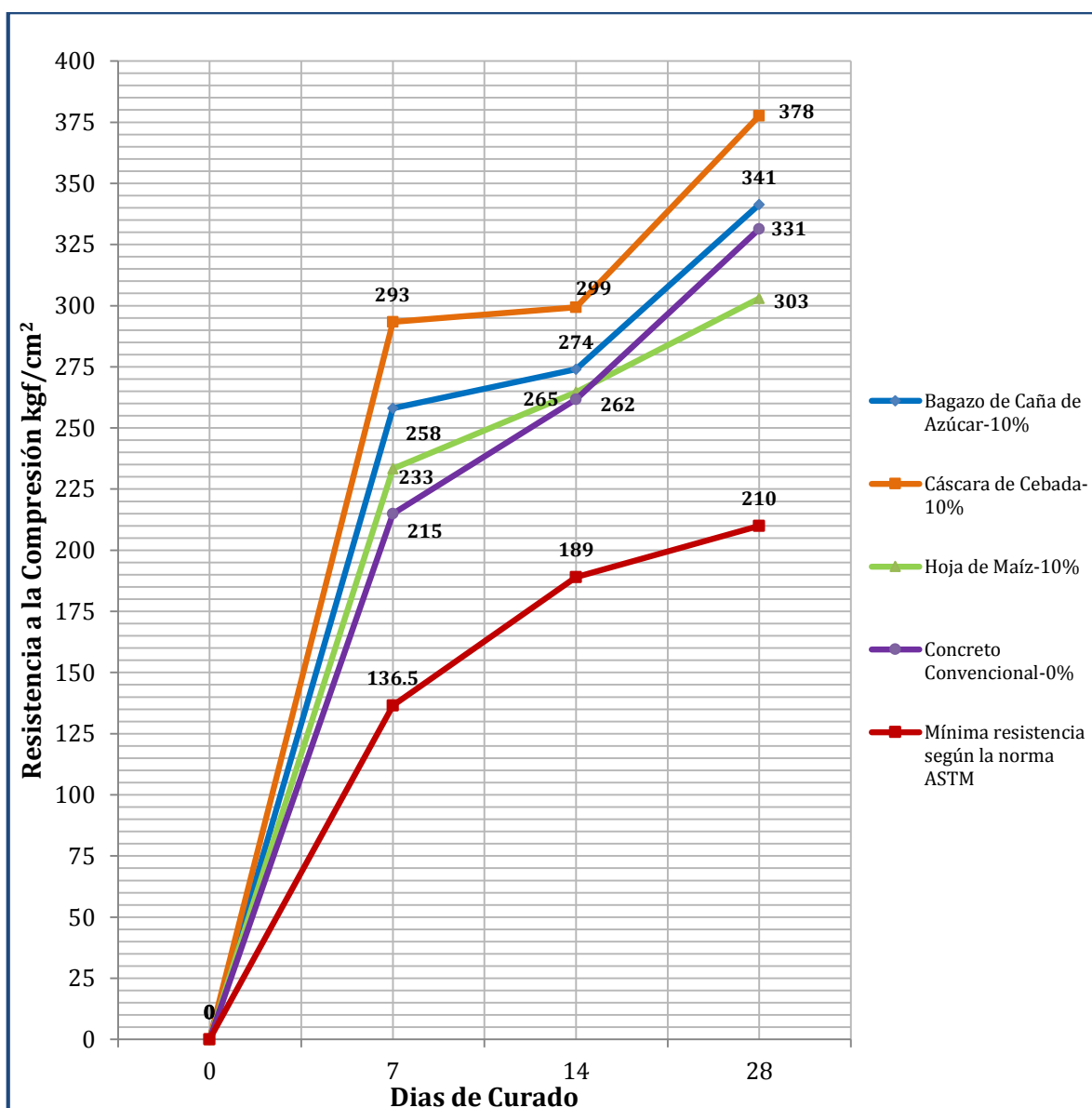


Gráfico N° 34: Comparación entre concretos de $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 34 se observa que todas las resistencias obtenidas de los concreto con 10% de cenizas utilizando el método ACI 211 son superiores al concreto convencional con excepción del concreto con 10% de ceniza de hoja de maíz ya que obtuvo a los 28 días 303 kgf/cm^2 .

También se puede observar que el concreto con 10% de ceniza de cáscara de cebada fue quien obtuvo mayores resistencias, a los 7 días alcanzó una resistencia de 293 kgf/cm^2 , a los 14 días 299 kgf/cm^2 y a los 28 días 378 kgf/cm^2 .

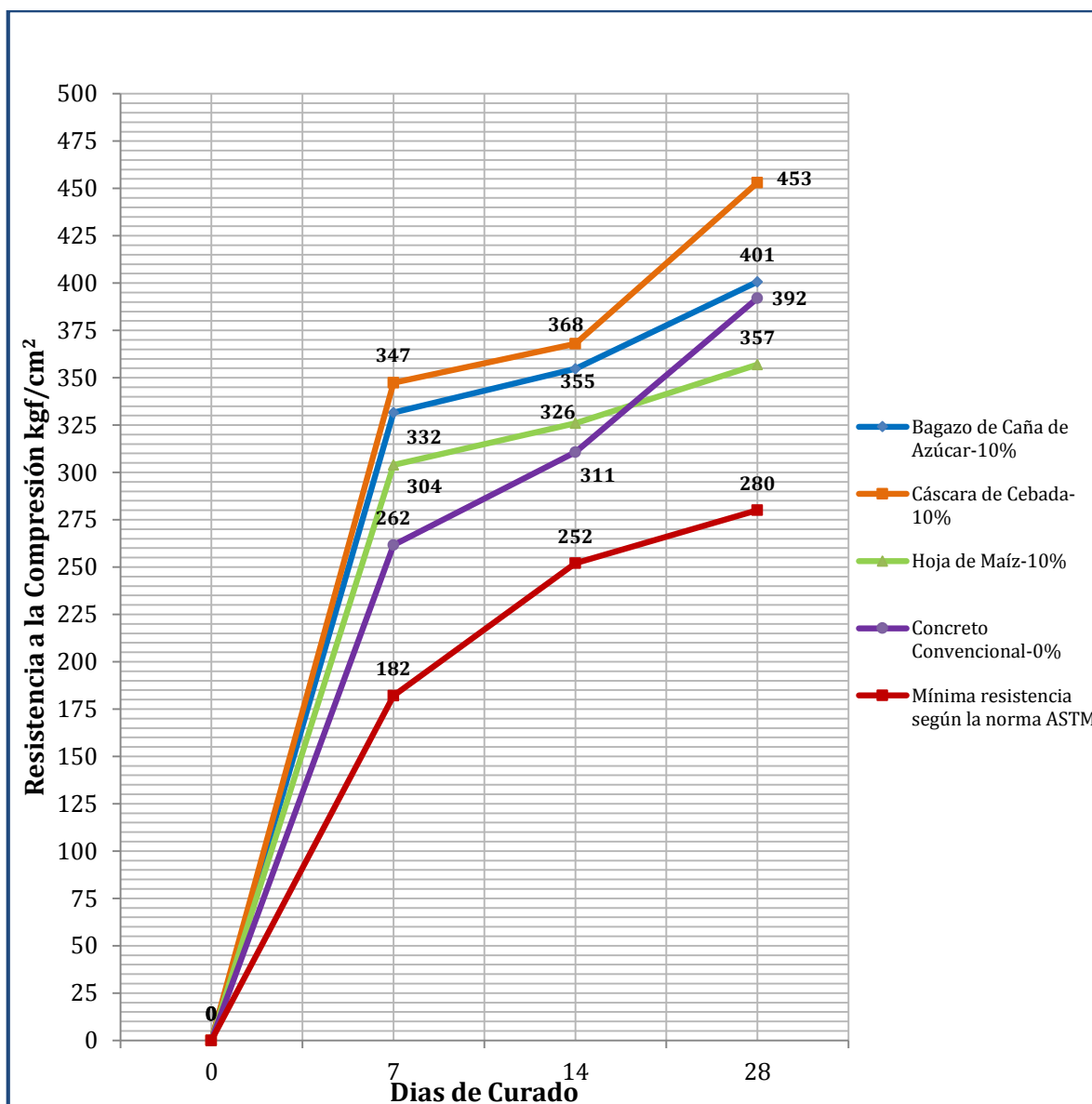


Gráfico N° 35: Comparación entre concretos de $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 35 se observa que todas las resistencias obtenidas de los concreto con 10% de cenizas de utilizando el método ACI 211 son superiores al concreto convencional con excepción del concreto con 10% de ceniza de hoja de maíz ya que obtuvo a los 28 días 357 kgf/cm^2 .

También se puede observar que el concreto con 10% de ceniza de cáscara de cebada fue quien obtuvo mayores resistencias, a los 7 días alcanzó una resistencia de 347 kgf/cm^2 , a los 14 días 368 kgf/cm^2 y a los 28 días 453 kgf/cm^2 .

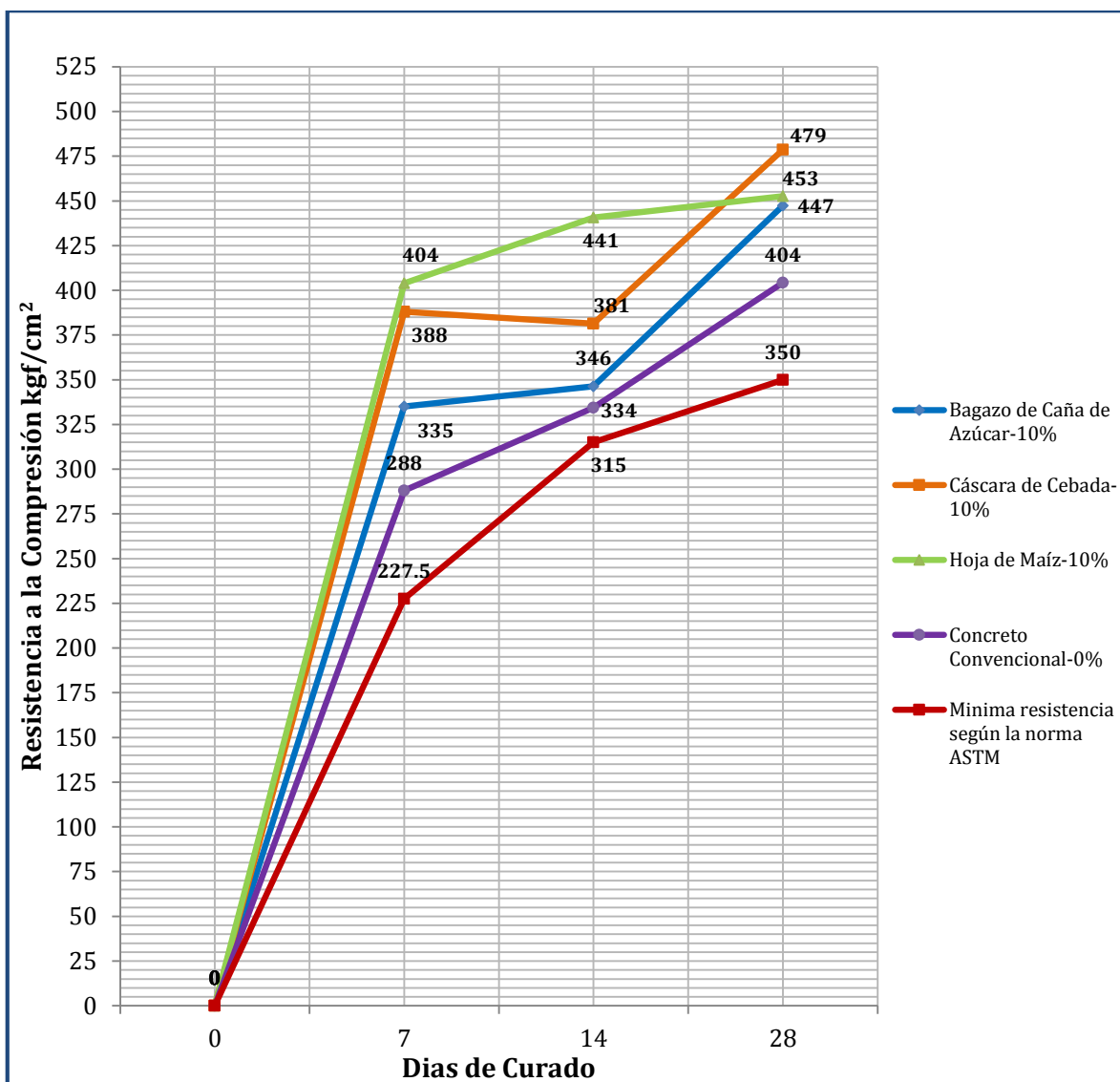


Gráfico N° 36: Comparación entre concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 36 se observa que todas las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días de los concretos con 10% de cenizas utilizando el método ACI 211 son superiores al concreto convencional.

También podemos observar que el concreto con 10% de ceniza de hoja de maíz obtuvo mayores valores a los 7 días de 404 kgf/cm^2 y a los 14 días de 441 kgf/cm^2 en comparación a las demás resistencias, a los 28 días el concreto con 10% de ceniza de cáscara de cebada alcanzó 479 kgf/cm^2 siendo el concreto con mayor resistencia respectivamente.

5.4.2.3. Resistencia a la Compresión de concretos con 15% de materiales puzolánicos para diseños por el Método ACI 211

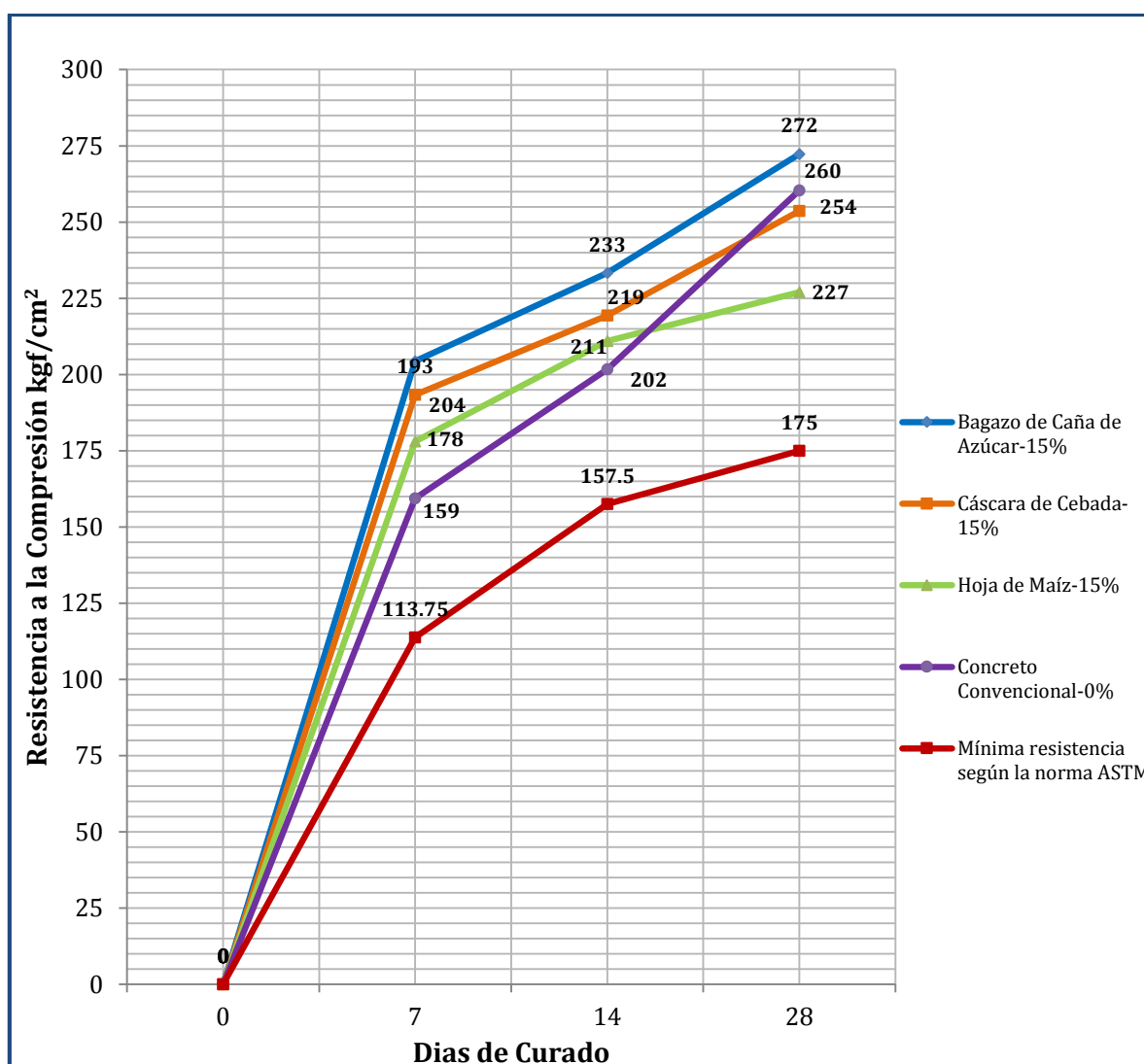


Gráfico N° 37: Comparación entre concretos de $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 37 se observa que todas las resistencias obtenidas a los 7 y 14 días de los concretos con 15% de cenizas utilizando el método ACI 211 son superiores al concreto convencional, a excepción de las resistencias obtenidas a los 28 días de los concretos con 15% de ceniza de hoja de maíz y de cáscara de cebada quienes obtuvieron resistencias menores al concreto convencional (227 kgf/cm^2 y 254 kgf/cm^2). También podemos observar que el concreto con 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar obtuvo mayores valores a los 7 días de 193 kgf/cm^2 , a los 14 días de 233 kgf/cm^2 y a los 28 días de 272 kgf/cm^2 .

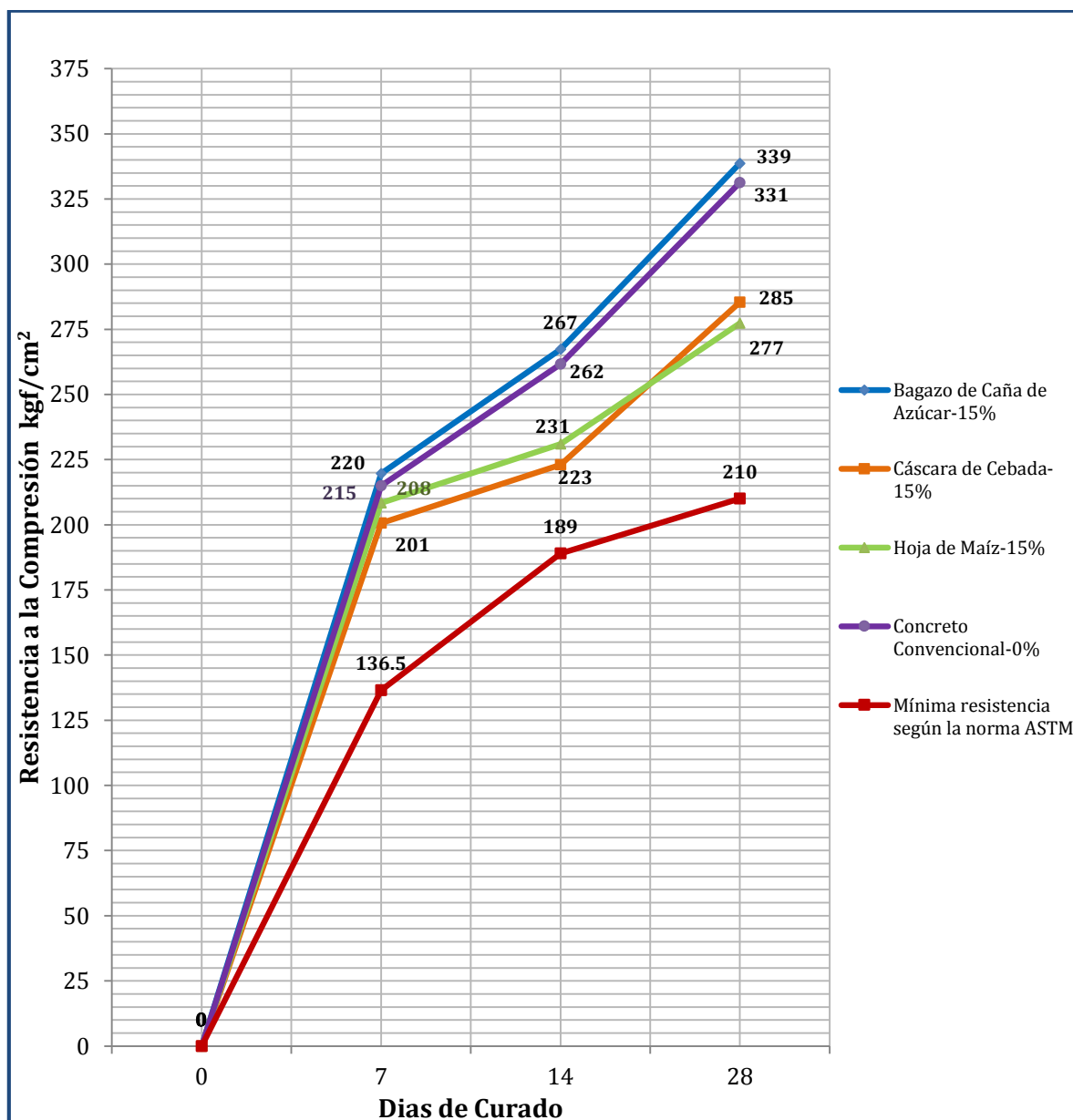


Gráfico N° 38: Comparación entre concretos de $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 38 se puede observar que las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días del concreto con 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar utilizando el método ACI 211 son superiores al concreto convencional.

También podemos observar que las resistencias obtenidas a los 7 y 14 días del concreto con 15% de ceniza de cáscara de cebada sus resultados fueron menores, a los 7 días de 201 kgf/cm^2 , a los 14 días de 223 kgf/cm^2 respectivamente, pero sin embargo a los 28 días superó al concreto con 15% de hoja de maíz.

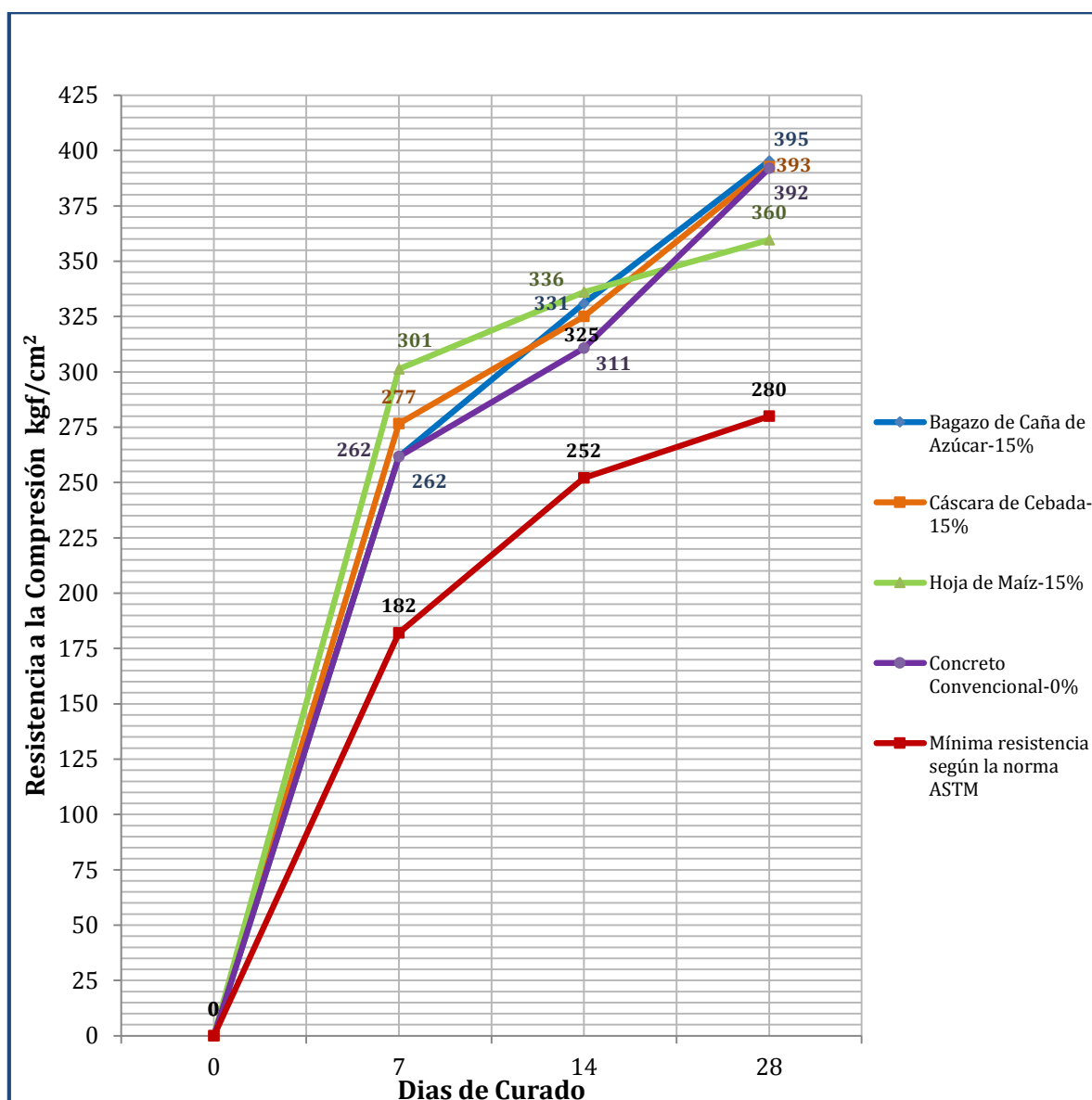


Gráfico N° 39: Comparación entre concretos de $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente grafica N° 39 podemos observar que las resistencias obtenidas a los 7 y 14 días de los concretos con 15% de cenizas superan al concreto convencional, sin embargo a los 28 días se puede observar que el concreto con 15% de ceniza de hoja de maíz no llega a superar a dicho concreto (convencional), en comparación a los demás concretos con cenizas (BCA, CC). También de dicha grafica se observa que el concreto con 15% de ceniza de hoja de maíz a los 7 y 14 días presento mayores resistencias de 301 kgf/cm^2 y 336 kgf/cm^2 pero a los 28 días el concreto con 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar alcanzo alcanzó la mayor resistencia de 395 kgf/cm^2 .

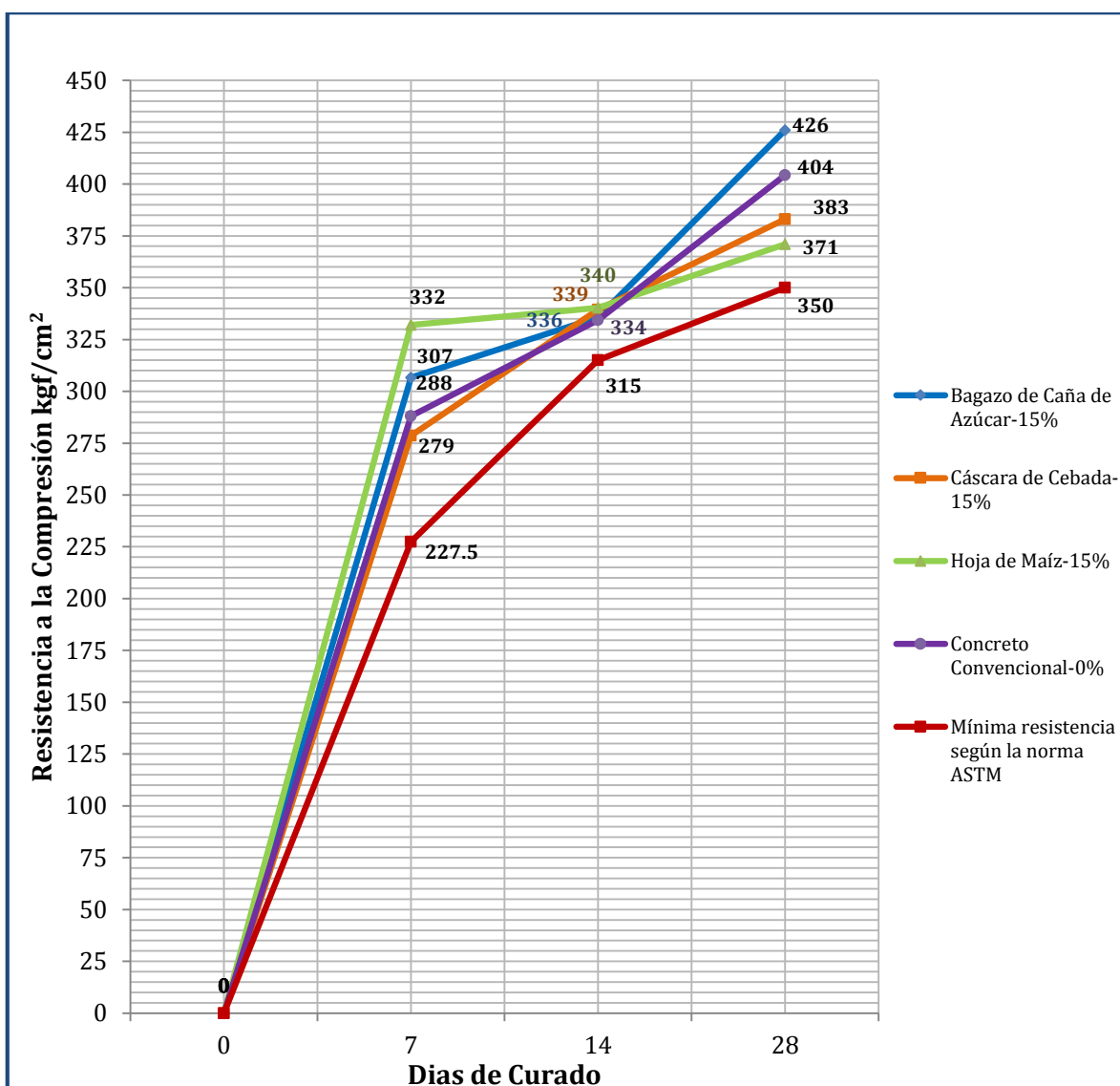


Gráfico N° 40: Comparación entre concretos de $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 40 podemos observar que las resistencias obtenidas a los 7 y 14 días del concreto con 15% de ceniza de hoja de maíz obtuvieron mayores resistencias de 332 kgf/cm^2 y de 340 kgf/cm^2 superando a las resistencias obtenidas del concreto convencional, en cambio a los 28 días el concreto con 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar superó a todos los concretos (con cenizas y convencional) obteniendo una resistencia de 426 kgf/cm^2

5.4.2.4. Resistencia a la Compresión de concretos con 20% de materiales puzolánicos para diseños por el Método ACI 211

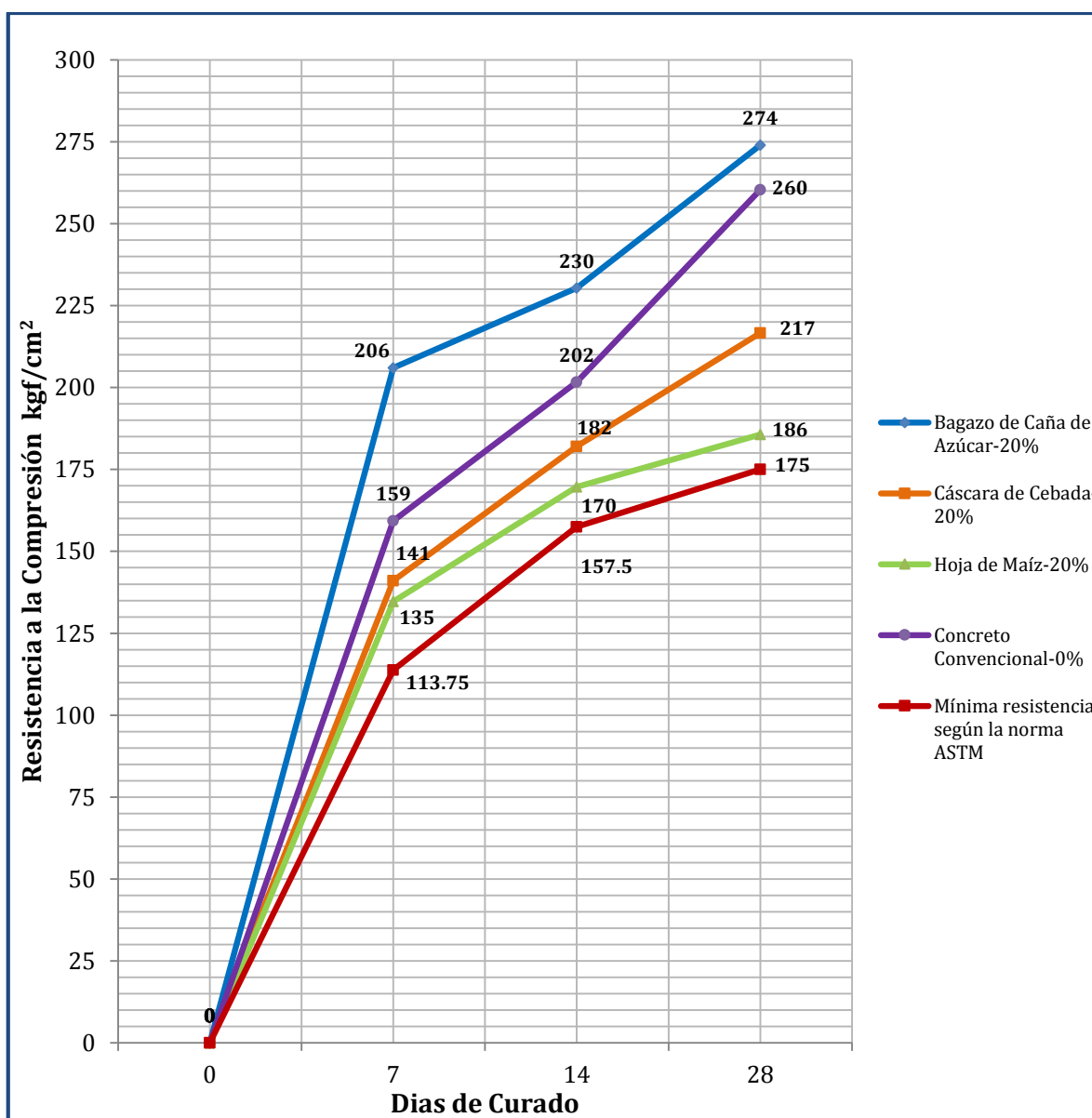


Gráfico N° 41: Comparación entre concretos de $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N°41 observar que el único concreto que superó al convencional fue el concreto con 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar, alcanzando a los 7 días 206 kgf/cm^2 , a los 14 días 230 kgf/cm^2 y a los 28 días de 274 kgf/cm^2 respectivamente.

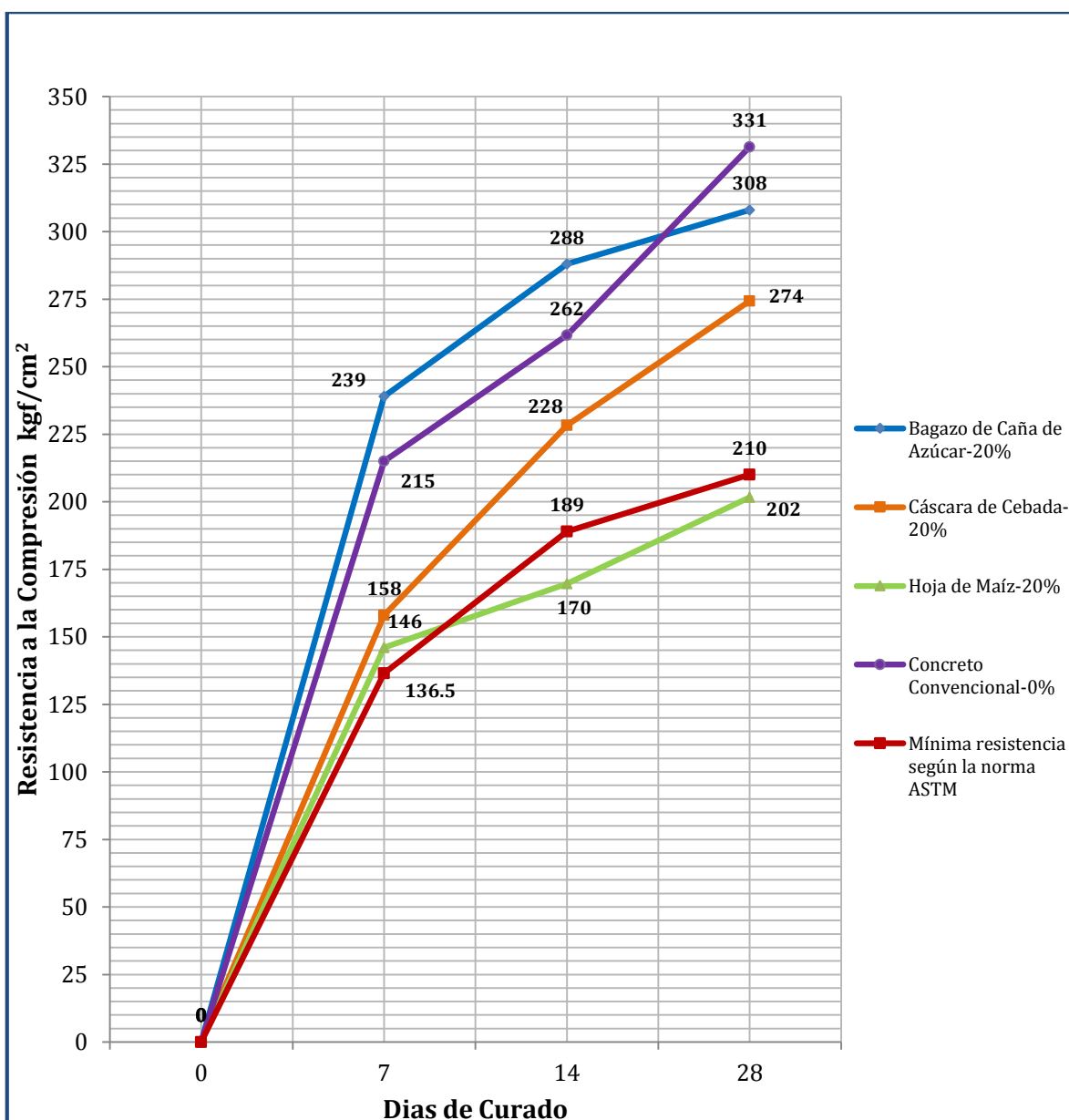


Gráfico N° 42: Comparación entre concretos de $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N°42 observamos que las resistencias obtenidas a los 7 y 14 días del concreto con 20% de bagazo de caña de azúcar fueron los únicos resultados que superan al concreto convencional, en cambio a los 28 días ningún concreto con cenizas llegan a superar al dicho concreto (convencional). También podemos observar que el concreto con 20% de ceniza de hoja de maíz presenta valores de resistencias a los 7, 14 y 28 días mínimas en comparación con los otros concretos y no llega a superar el límite que según la norma ASTM establece cuando se ensaya en dichos días.

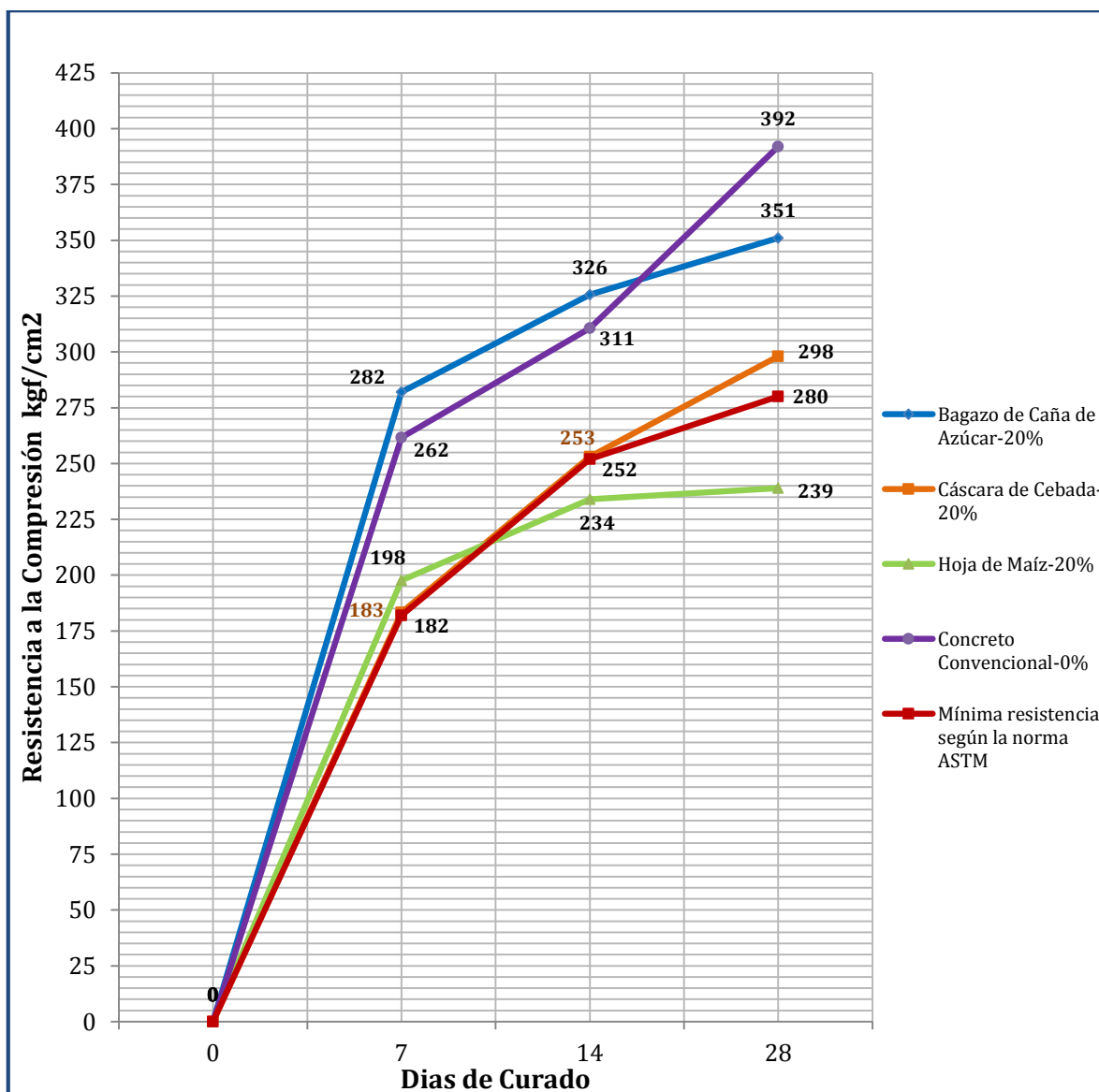


Gráfico N° 43: Comparación entre concretos de $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N°43 observamos que las resistencias obtenidas a los 7 y 14 días del concreto con 20% de bagazo de caña de azúcar fueron los únicos resultados que superan al concreto convencional, en cambio a los 28 días ningún concreto con cenizas llegan a superar al dicho concreto (convencional). También podemos observar que el concreto con 20% de ceniza de hoja de maíz presenta valores de resistencias a los 7, 14 y 28 días mínimas en comparación con los otros concretos y no llegó a superar el límite que según la norma ASTM establece cuando se ensaya en dichos días.

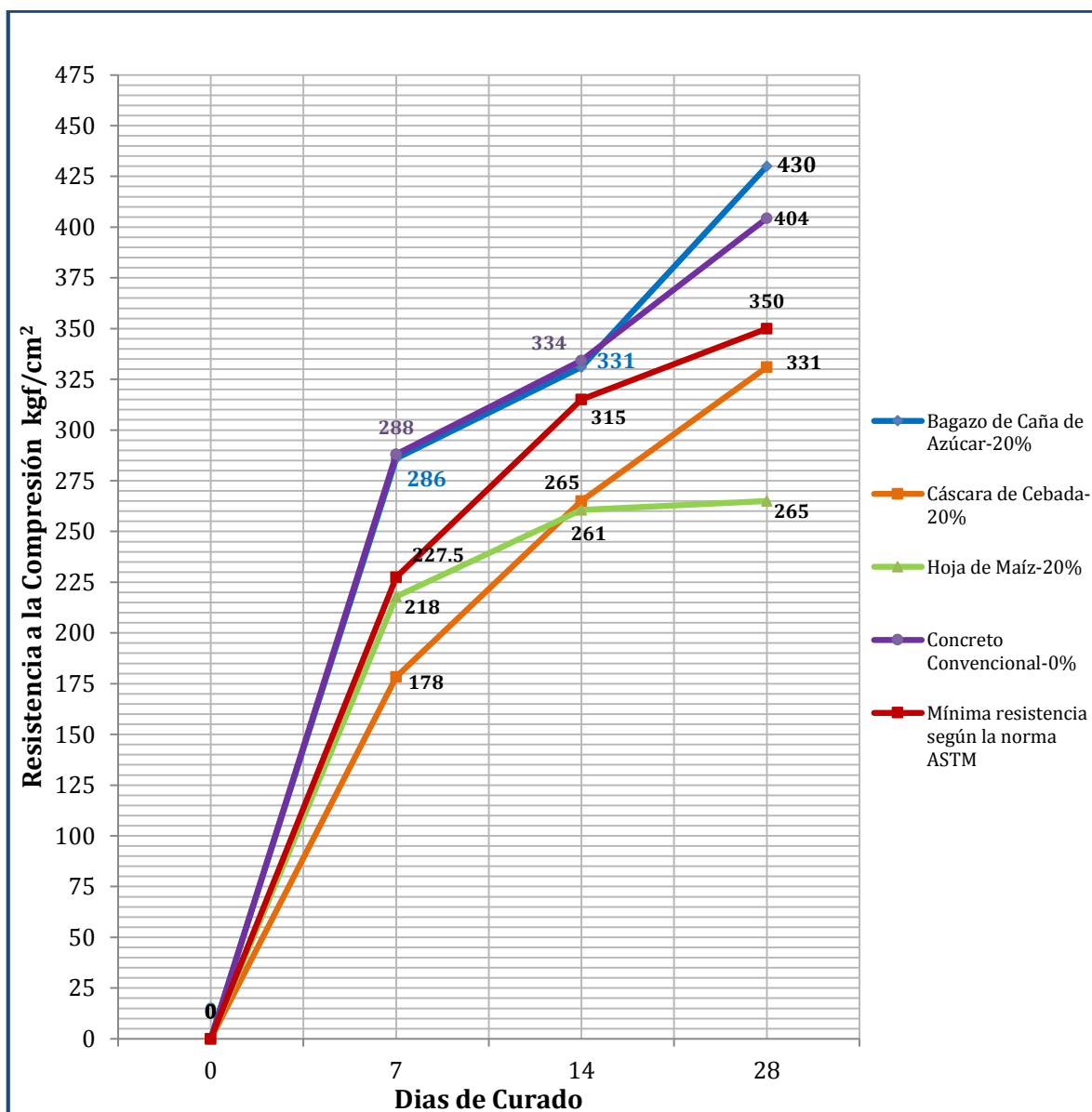


Gráfico N° 44: Comparación entre concretos de $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N°44 observamos que las resistencias obtenidas a los 7 y 14 días de los concretos con cenizas no llegan a superar al concreto convencional, siendo la ceniza de cáscara de cebada la que presenta un menor resultado a los 7 días de 178 kgf/cm^2 y a los 14 días lo obtuvo la ceniza de hoja de maíz con 261 kgf/cm^2 , en cambio a los 28 días ningún concreto con cenizas llegó a superar al convencional, quien presenta una menor resistencia a los 28 días fue la ceniza de hoja de maíz con 265 kgf/cm^2 . También observamos que solo el concreto convencional y el concreto con 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar superan los límites establecidos por la norma ASTM.

5.4.2.5. Resistencia a la Compresión de concretos con 5% de materiales puzolánicos para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

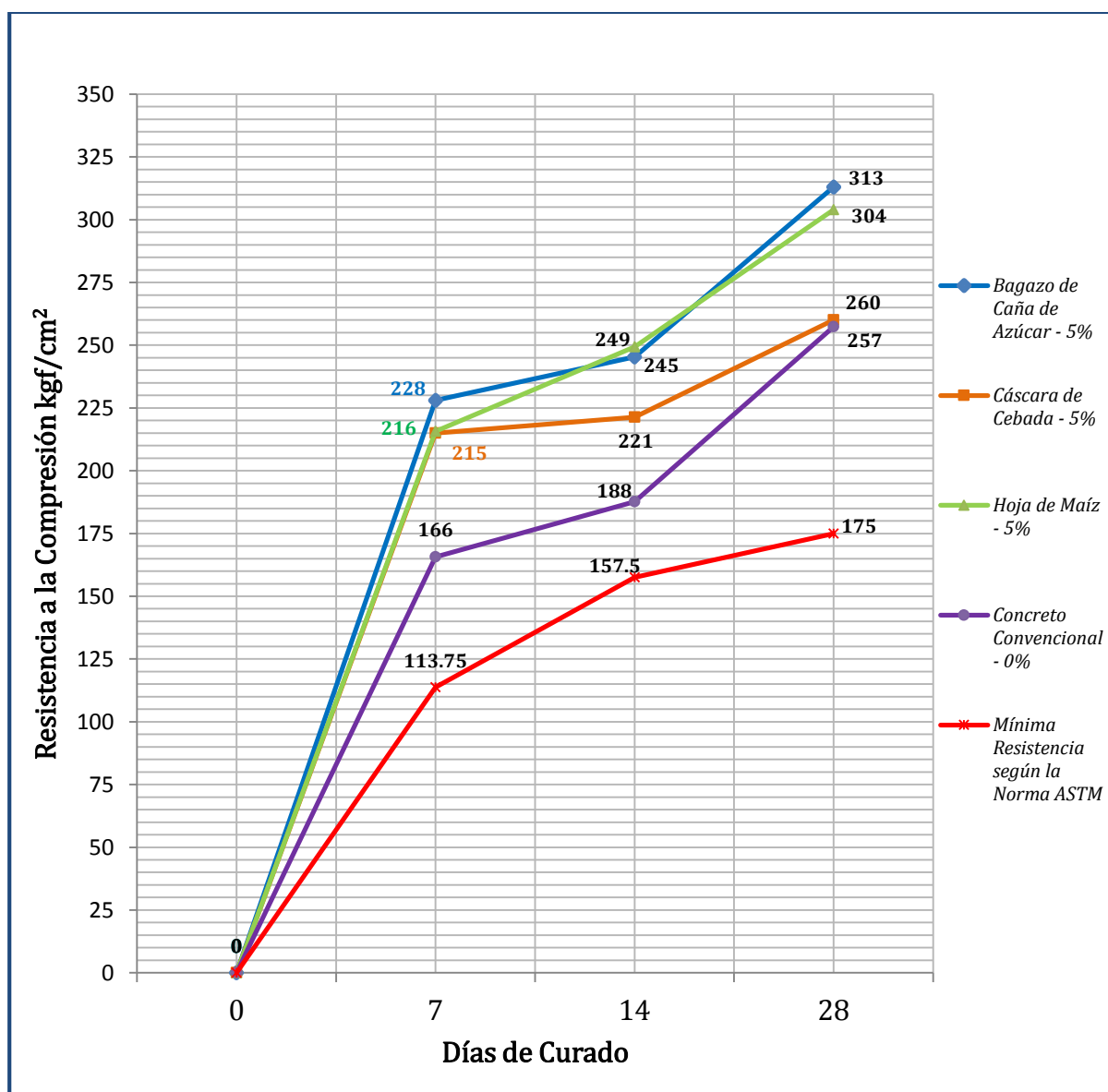


Gráfico N° 45: Comparación entre concretos de $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica podemos apreciar que a los 7 días quien obtiene una mayor resistencia es la ceniza del bagazo de caña de azúcar con respecto a los demás, sin embargo a los 14 días es superado ligeramente por la hoja de maíz quien a los 28 días nuevamente desciende y cede el paso a la ceniza de bagazo de caña quien llega a obtener hasta 313 kgf/cm^2 .

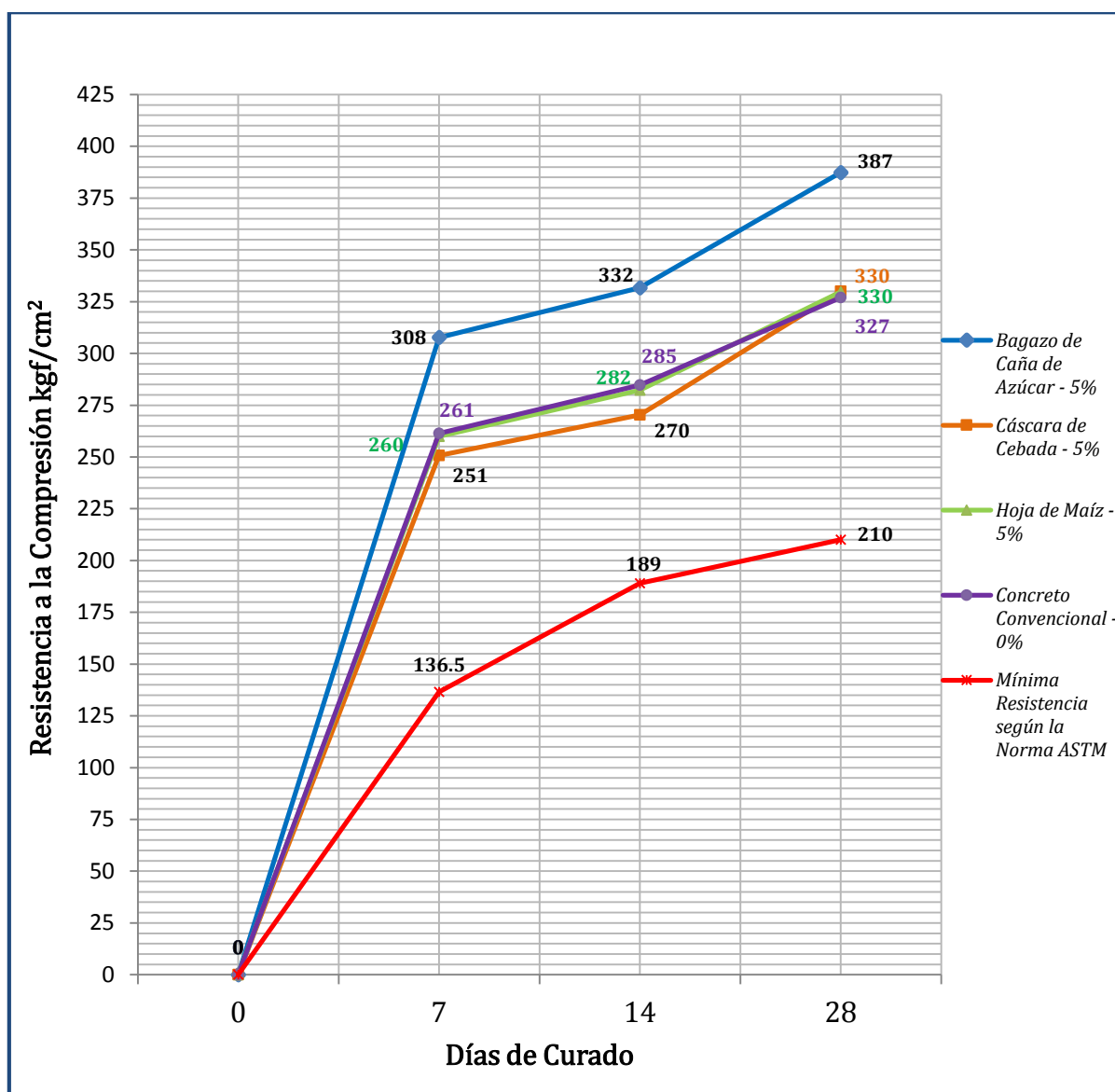


Gráfico N° 46: Comparación entre concretos de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N° 46 para una resistencia de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ la ceniza del bagazo de caña de azúcar ha superado por un gran intervalo a las demás puzolanas en todos los puntos de control como son los de 7, 14 y 28 días; sin embargo, nuestros otros especímenes lograron también superar ligeramente la resistencia de nuestro diseño convencional (sin sustitución del cemento).

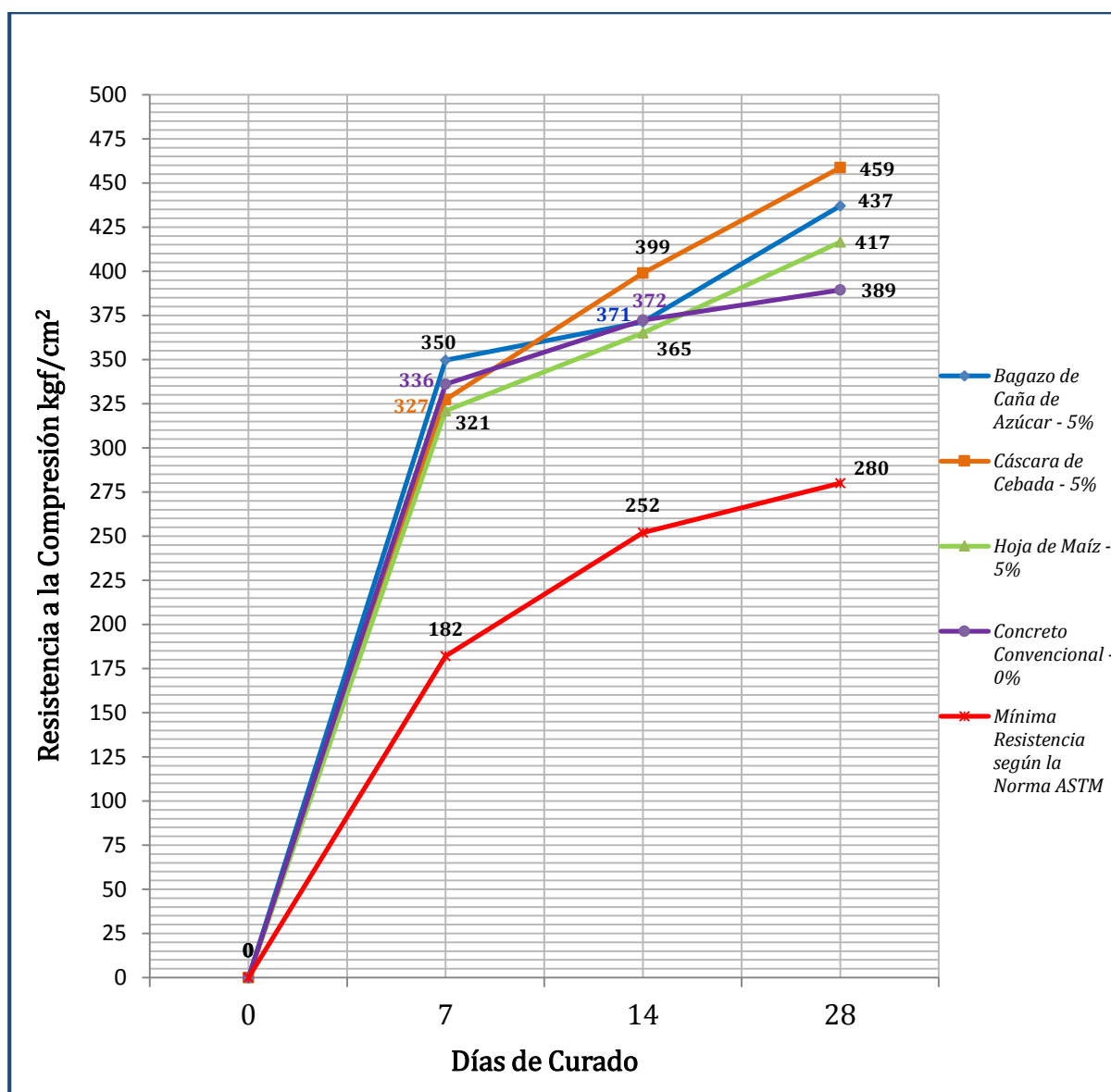


Gráfico N° 47: Comparación entre concretos de $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior para concretos de 280 kgf/cm^2 se muestra que a los 7 días el único diseño que supera la resistencia de nuestro concreto convencional es el de ceniza de bagazo de caña de azúcar; sin embargo cabe resaltar, que los diseños con cáscara de cebada y hoja de maíz a pesar de no superar la resistencia del concreto convencional superan la resistencia mínima exigida por la norma ASTM. A los 28 días observamos que todos los diseños superan la resistencia de nuestro concreto patrón, siendo mayor el de la ceniza de cáscara de cebada.

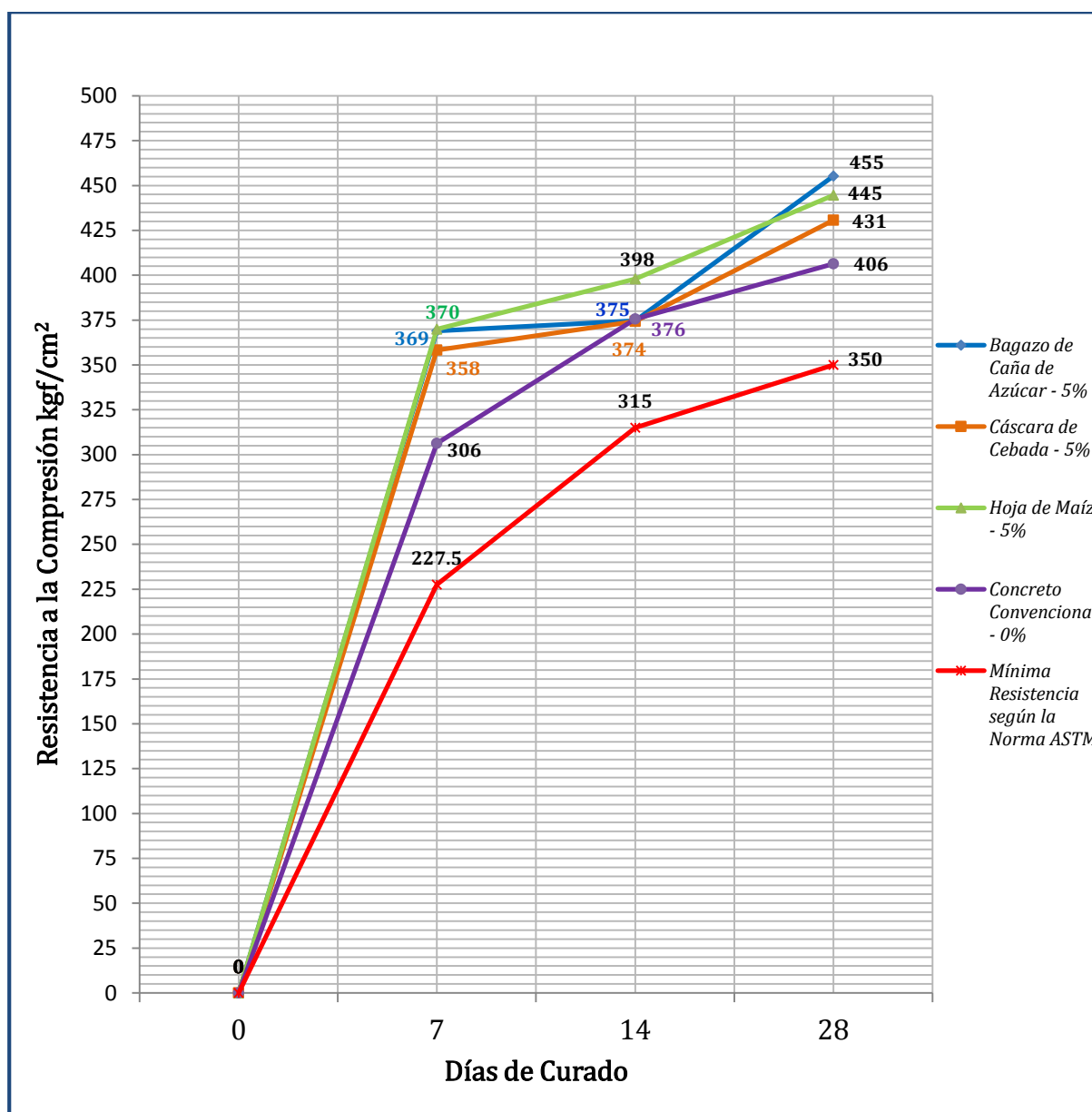


Gráfico N° 48: Comparación entre concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica mostrada se aprecia que la ceniza de hoja de maíz para los 7 y 14 días posee mayor resistencia que la requerida según la norma ASTM, nuestro concreto patrón y según las demás puzolanas utilizadas. Para los 28 días la resistencia del concreto con ceniza de hoja de maíz desciende levemente y es desplazado por el concreto con ceniza del bagazo de caña de azúcar el cual alcanza una resistencia de 455 kgf/cm^2 .

5.4.2.6. Resistencia a la Compresión de concretos con 10% de materiales puzolánicos para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

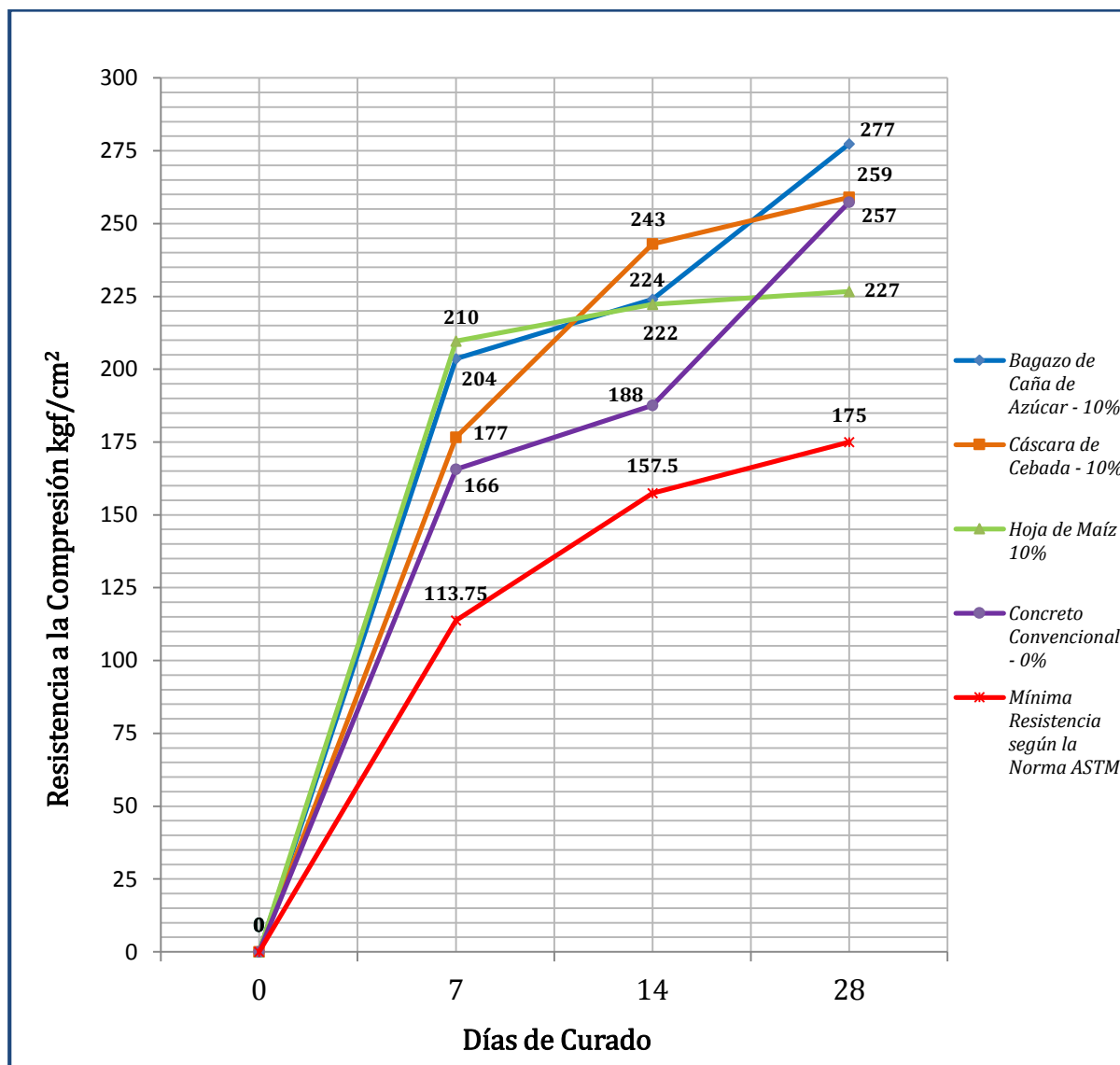


Gráfico N° 49: Comparación entre concretos de $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

Para concretos con 10% de sustitución del cemento por las puzolanas artificiales vemos que la resistencia sigue superando el valor del concreto patrón a los 7 y 14 días; sin embargo, a los 28 días la resistencia del concreto con ceniza de hoja de maíz se encuentra por debajo de la resistencia del concreto patrón pero supera el valor mínimo según la Norma ASTM y la resistencia del concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar sigue teniendo el valor más alto con 277 kgf/cm^2 .

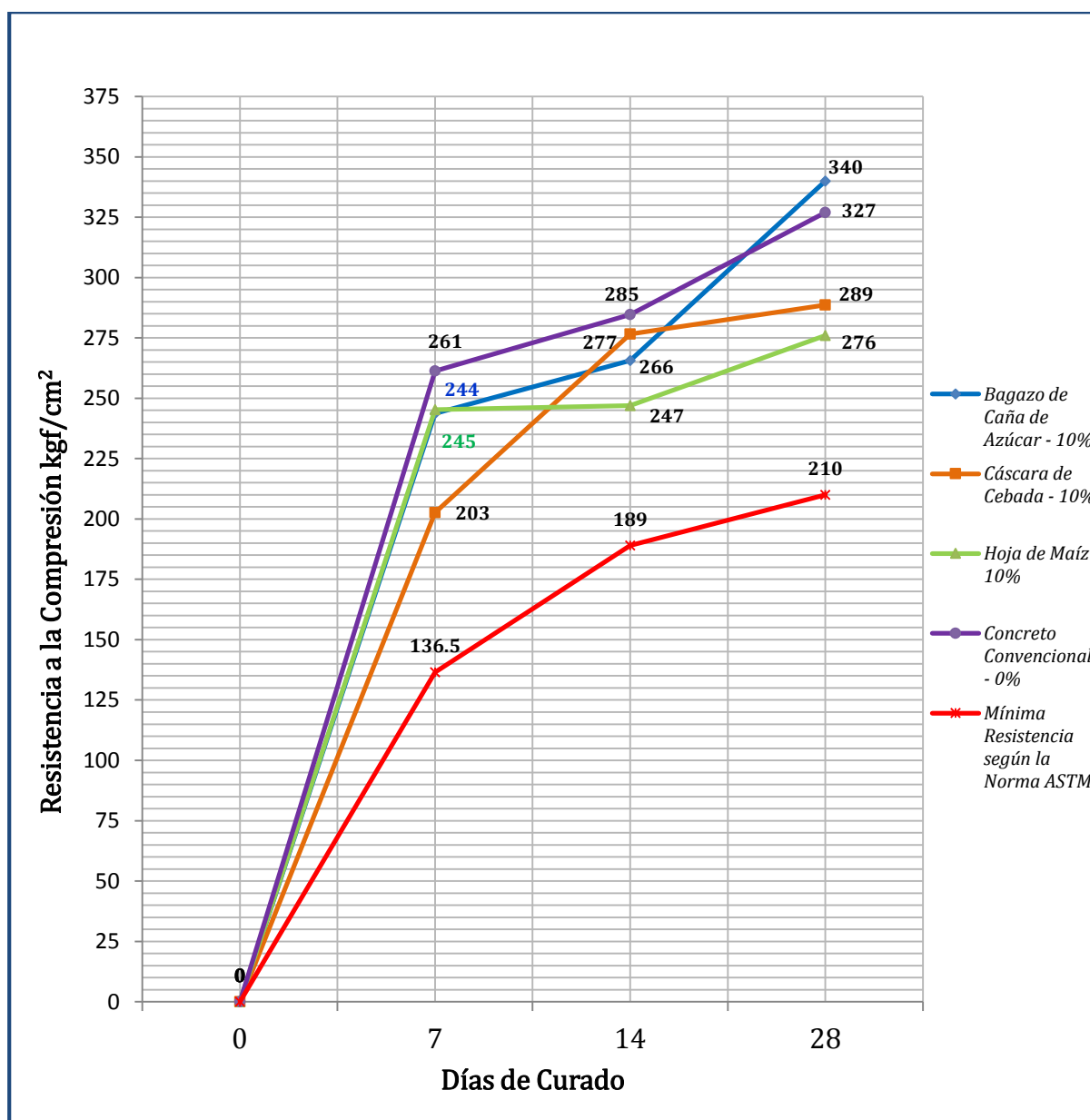


Gráfico N° 50: Comparación entre concretos de $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 50 podemos observar que a los 7 y 14 días la resistencia del concreto patrón es mayor a las resistencias de los concretos con sustitución parcial del cemento; sin embargo estos son mayores que la resistencia mínima establecida según la Norma ASTM. A los 28 días el diseño con bagazo de caña supera levemente el valor del concreto patrón con 340 kgf/cm^2 frente a los 327 kgf/cm^2 obtenidos con el diseño sin puzolanas artificiales.

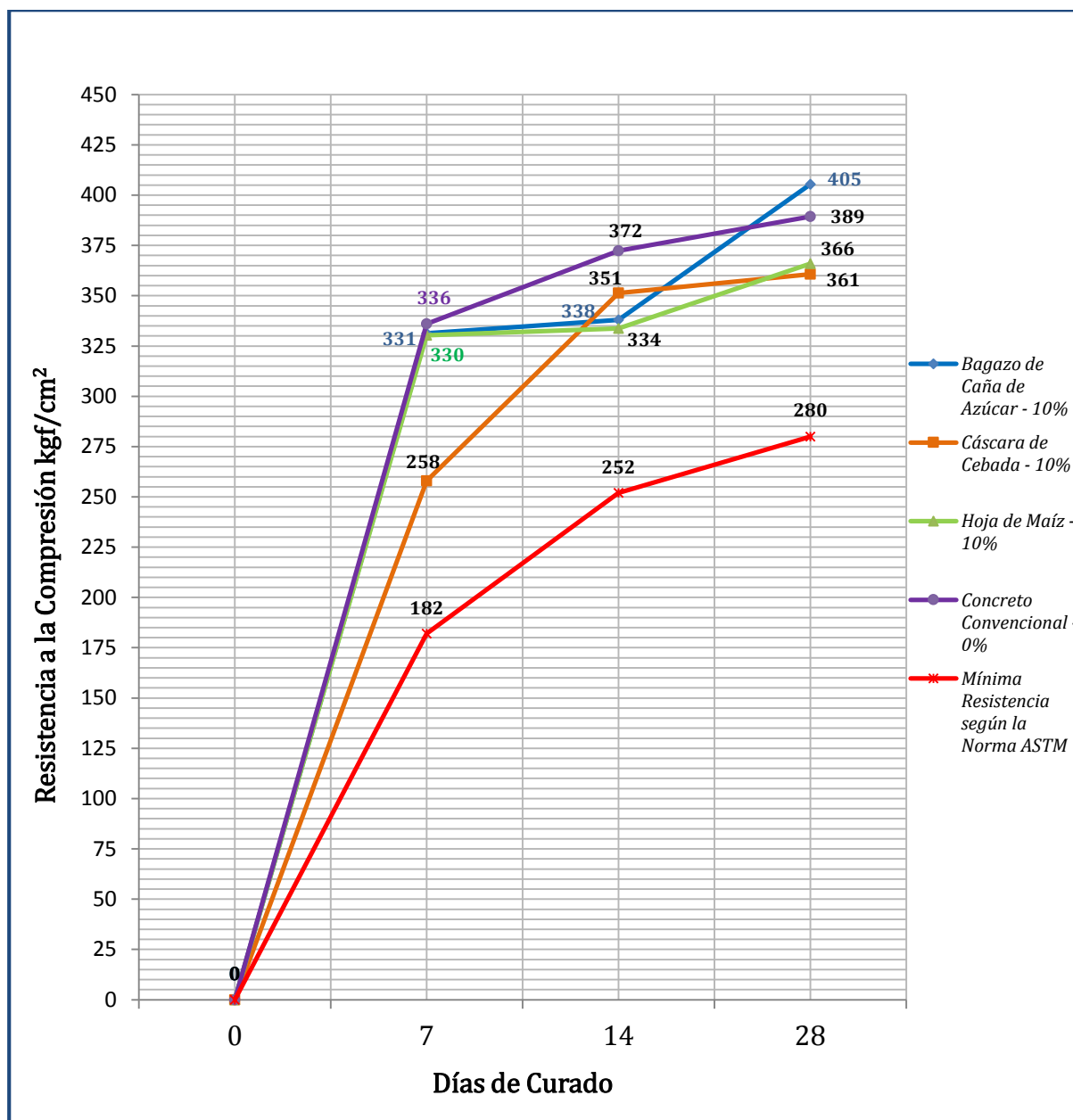


Gráfico N° 51: Comparación entre concretos de $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

Al igual que en la gráfica anterior podemos observar que la resistencia del concreto patrón a los 7 y 14 días supera el valor de los diseños con sustitución parcial del cemento, sin embargo a los 28 días es superada por el bagazo de caña de azúcar con 405 kgf/cm^2 frente a los 389 kgf/cm^2 del concreto convencional. Los demás diseños se encuentran por debajo del patrón pero poseen una gran ventaja frente a la resistencia mínima establecida según la Norma.

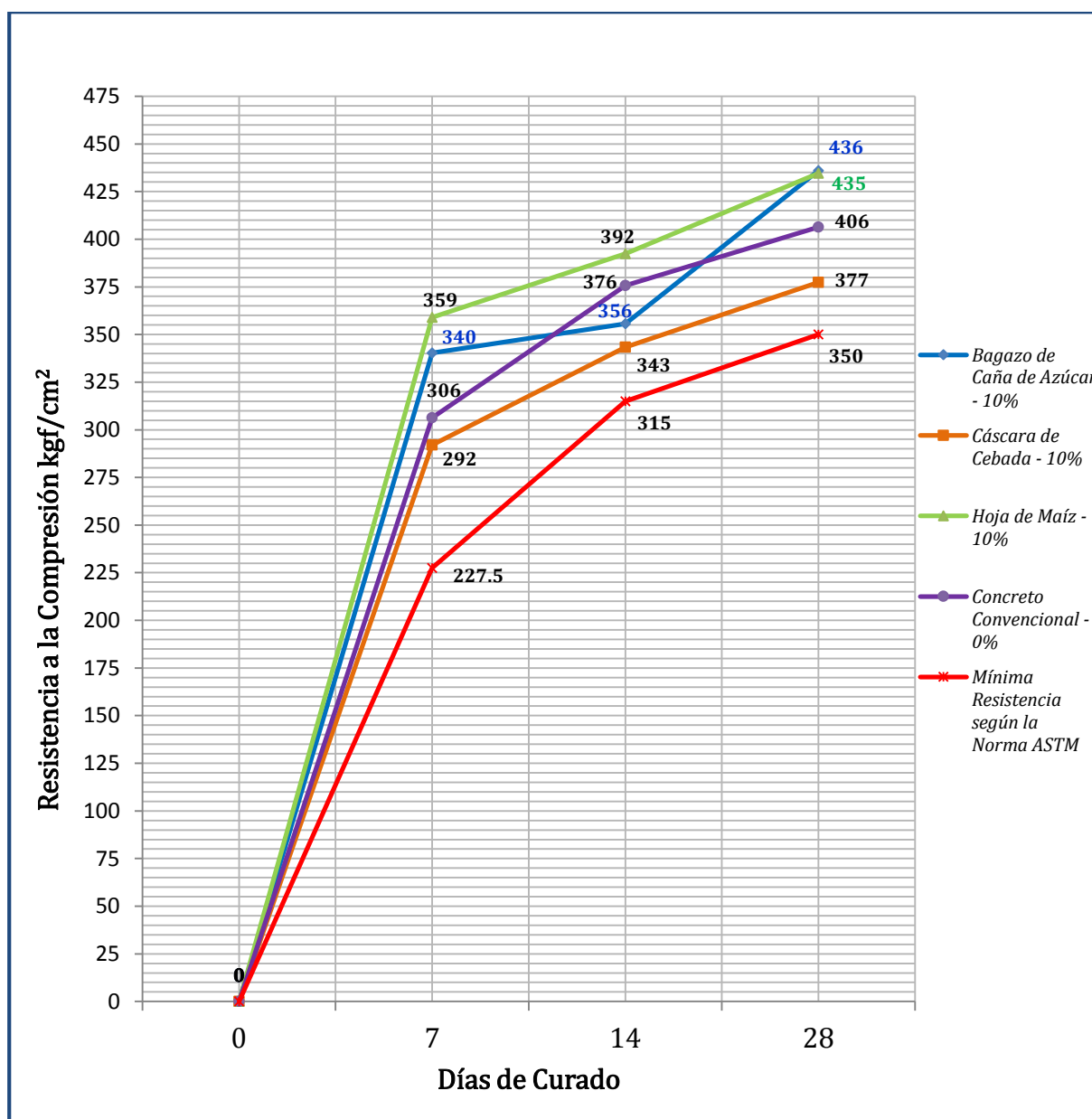


Gráfico N° 52: Comparación entre concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N° 52 observamos que las líneas que nos muestran la resistencia del concreto de la hoja de maíz y del bagazo de caña de azúcar se encuentran por encima del concreto patrón con 435 kgf/cm^2 y 436 kgf/cm^2 respectivamente y por debajo tenemos a la cáscara de cebada con 377 kgf/cm^2 que aun teniendo la menor resistencia supera el mínimo requerido según norma.

5.4.2.7. Resistencia a la Compresión de concretos con 15% de materiales puzolánicos para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

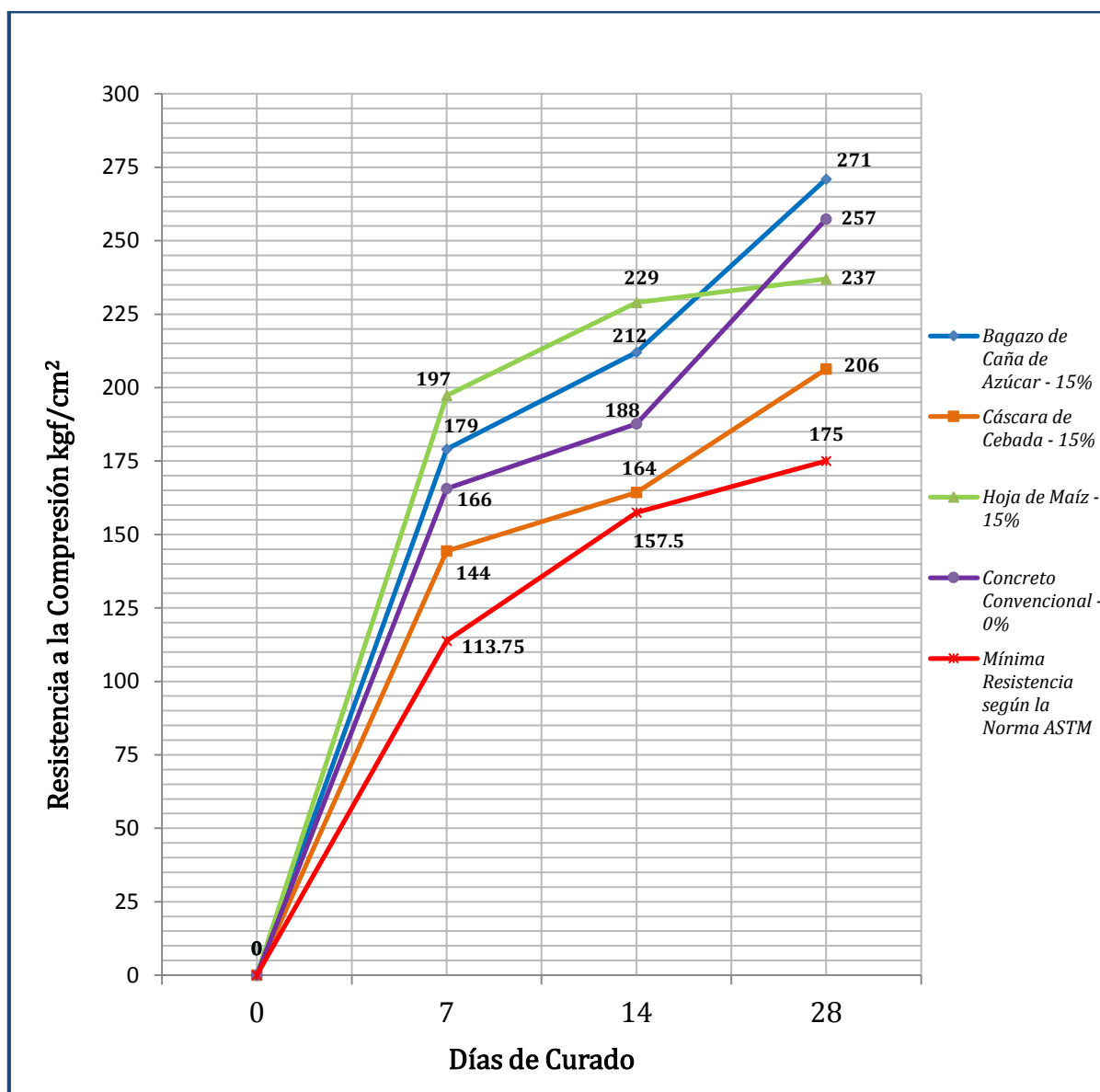


Gráfico N° 53: Comparación entre concretos de $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En la presente gráfica observamos que la mayor resistencia alcanzada es la del diseño con ceniza de bagazo de caña de azúcar con 271 kgf/cm^2 seguido del concreto patrón con 257 kgf/cm^2 , por debajo observamos a la hoja de maíz y por último a la cáscara de cebada con 237 kgf/cm^2 y 206 kgf/cm^2 respectivamente.

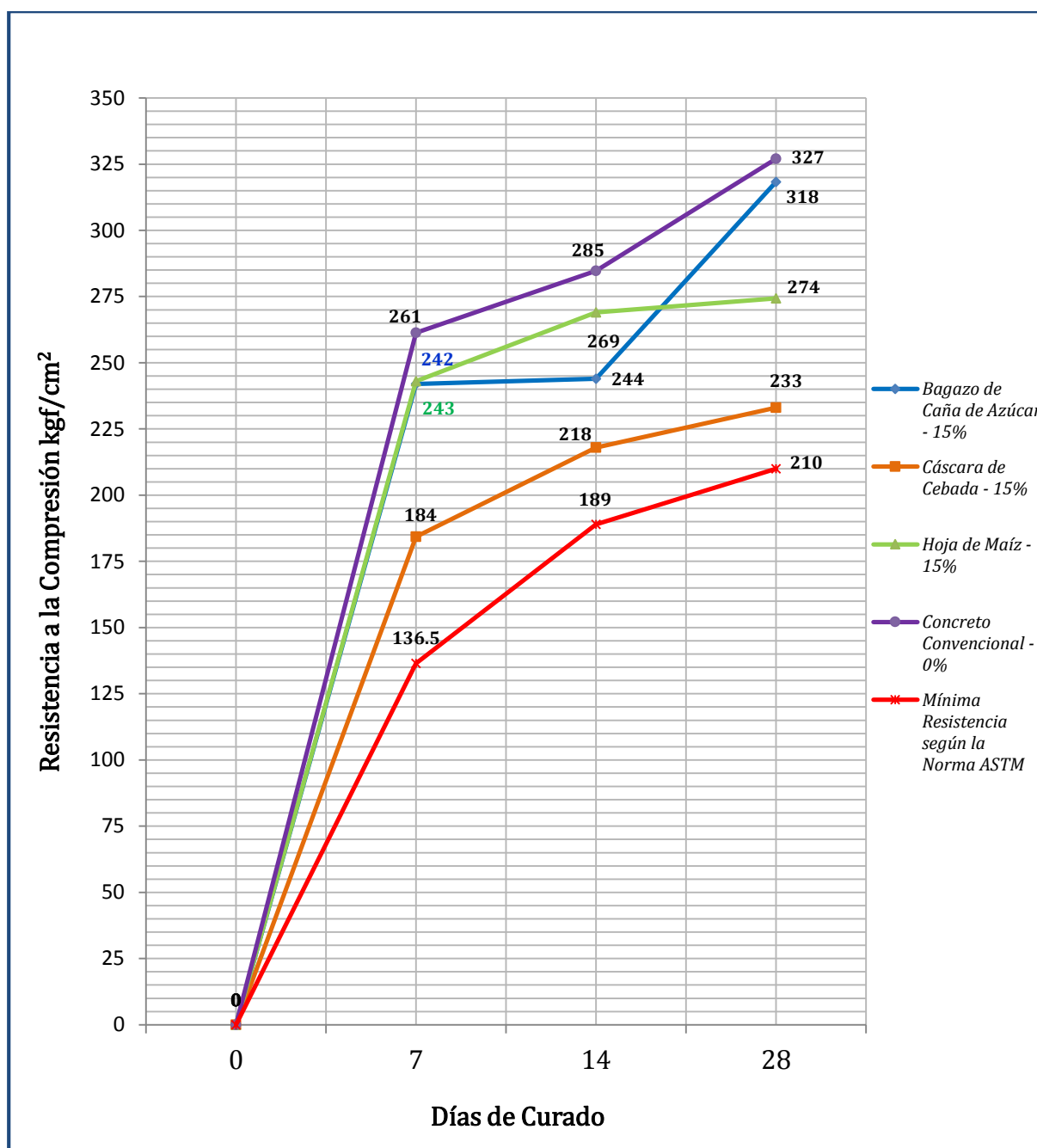


Gráfico N° 54: Comparación entre concretos de $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

Según se muestra en la gráfica la mayor resistencia obtenida es la de nuestro concreto convencional que alcanza los 327 kgf/cm^2 seguido del bagazo de caña de azúcar, la hoja de maíz y la cáscara de cebada con 318 kgf/cm^2 , 274 kgf/cm^2 y 233 kgf/cm^2 respectivamente. Aquí podemos concluir que nuestras resistencias empiezan a descender a medida que la sustitución del cemento es en mayor cantidad.

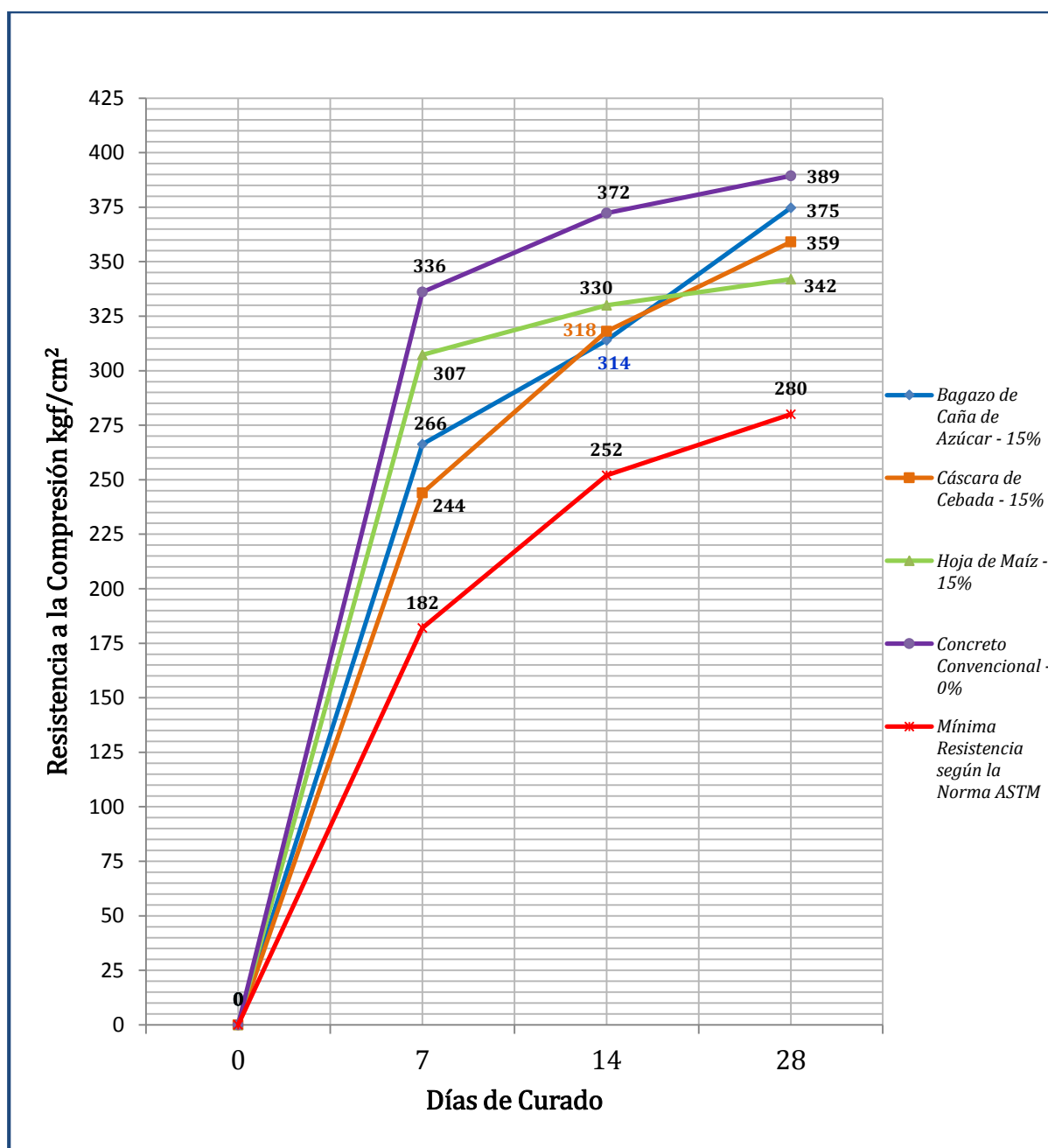


Gráfico N° 55: Comparación entre concretos de $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 55 observamos que la mayor resistencia ha sido alcanzada con el concreto convencional el cual ha obtenido una resistencia de 389 kgf/cm^2 seguido de los diseños con cenizas de bagazo, cebada y hoja de maíz los cuales poseen resistencias cercanas aunque menores pero que superan ampliamente la resistencia mínima según la ASTM con 375 kgf/cm^2 , 359 kgf/cm^2 y 342 kgf/cm^2 respectivamente.

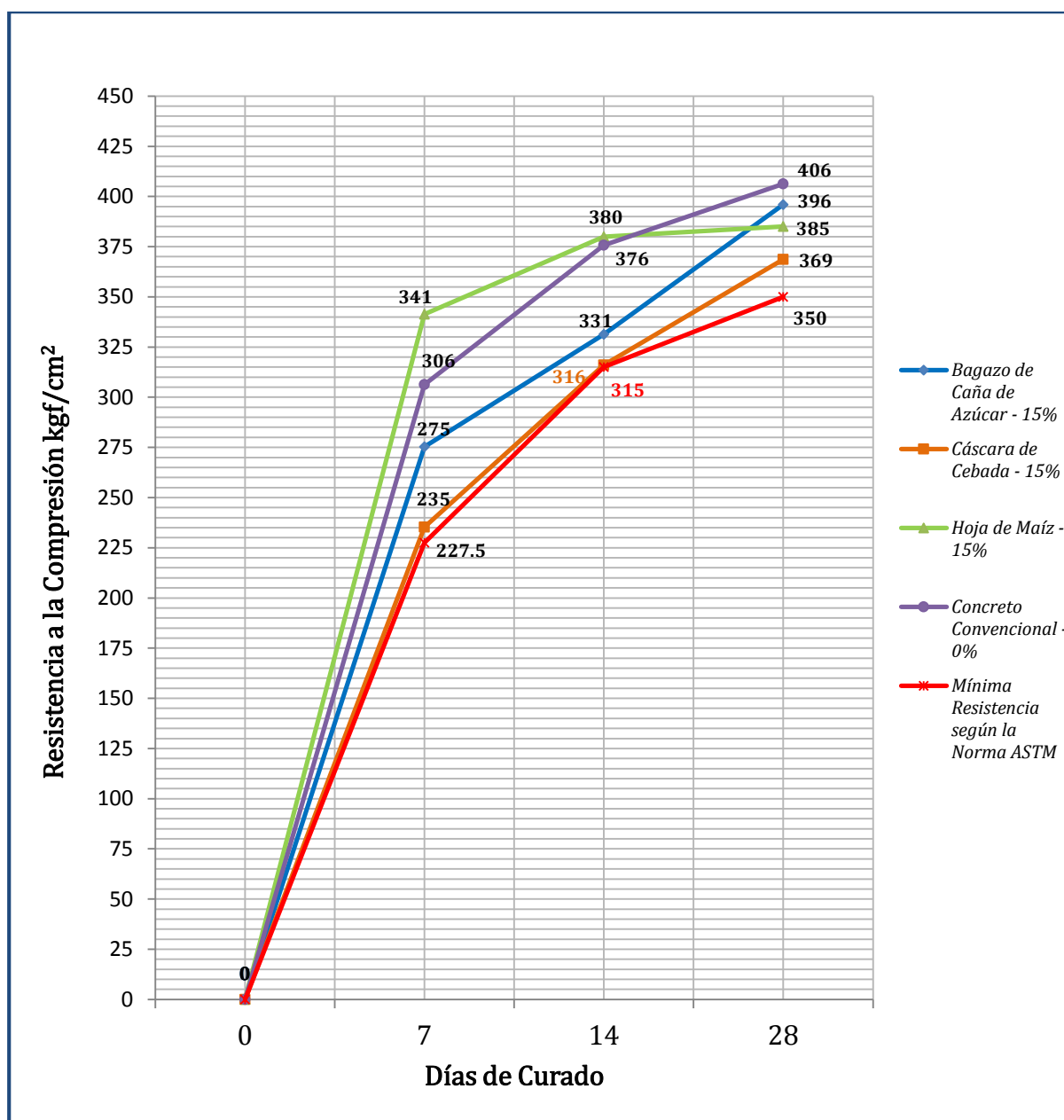


Gráfico N° 56: Comparación entre concretos de $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

El diseño con ceniza de hoja de maíz se encuentra superando todos los diseños a los 7 y 14 días pero a los 28 días es superada por el concreto convencional y el que sustituye con ceniza de bagazo de caña de azúcar con 406 kgf/cm^2 y 396 kgf/cm^2 respectivamente, la cáscara de cebada es la que menor resistencia tiene con 369 kgf/cm^2 la cual se encuentra ligeramente por encima de la resistencia mínima.

5.4.2.8. Resistencia a la Compresión de concretos con 20% de materiales puzolánicos para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

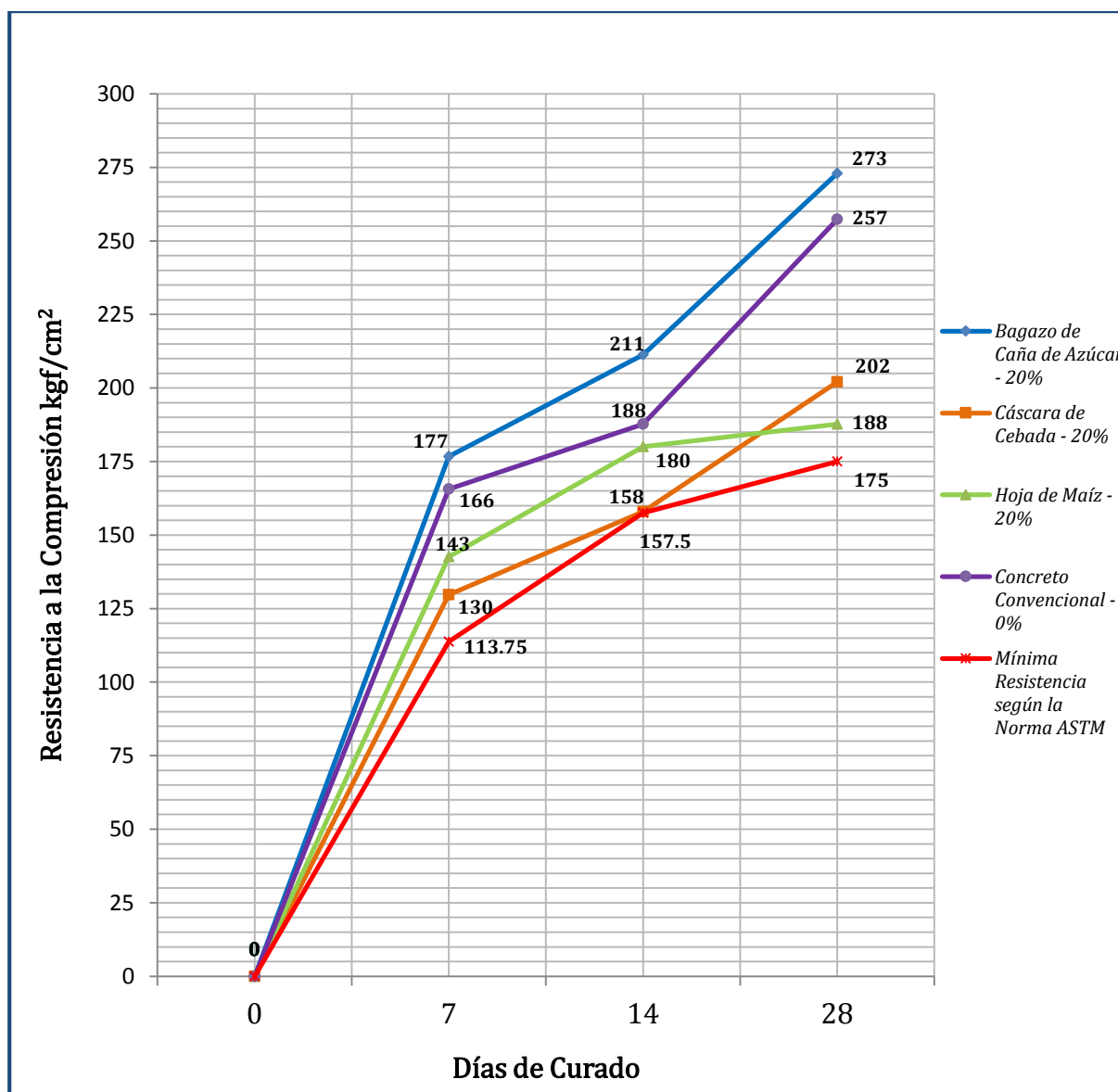


Gráfico N° 57: Comparación entre concretos de $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En el presente gráfico podemos observar que la resistencia máxima ha sido alcanzada por el diseño con sustitución de cemento por el de la ceniza de bagazo de caña de azúcar el cual llega a 273 kgf/cm^2 seguido del concreto patrón, la cáscara de cebada y por último la hoja de maíz con 257 kgf/cm^2 , 202 kgf/cm^2 y 188 kgf/cm^2 respectivamente.

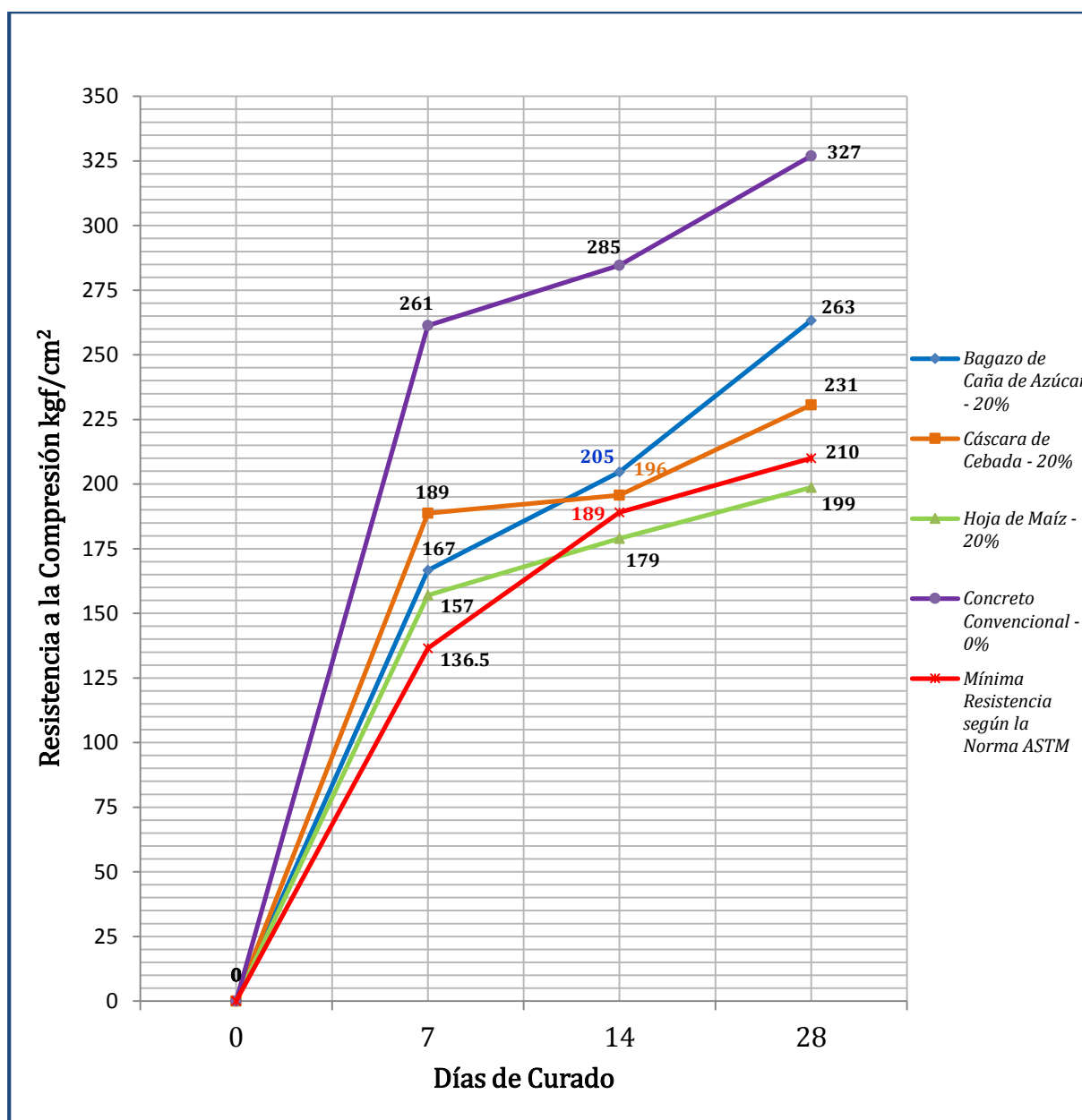


Gráfico N° 58: Comparación entre concretos de $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

Para este diseño observamos que la mayor resistencia ha sido alcanzada por el concreto patrón el cual supera grandemente a los demás diseños con 327 kgf/cm^2 frente a 263 kgf/cm^2 que corresponde al del bagazo de caña de azúcar que es el que le sigue. También se puede apreciar que la resistencia de la ceniza de hoja de maíz disminuye a los 14 y 28 días encontrándose por debajo de la resistencia mínima establecida según la ASTM.

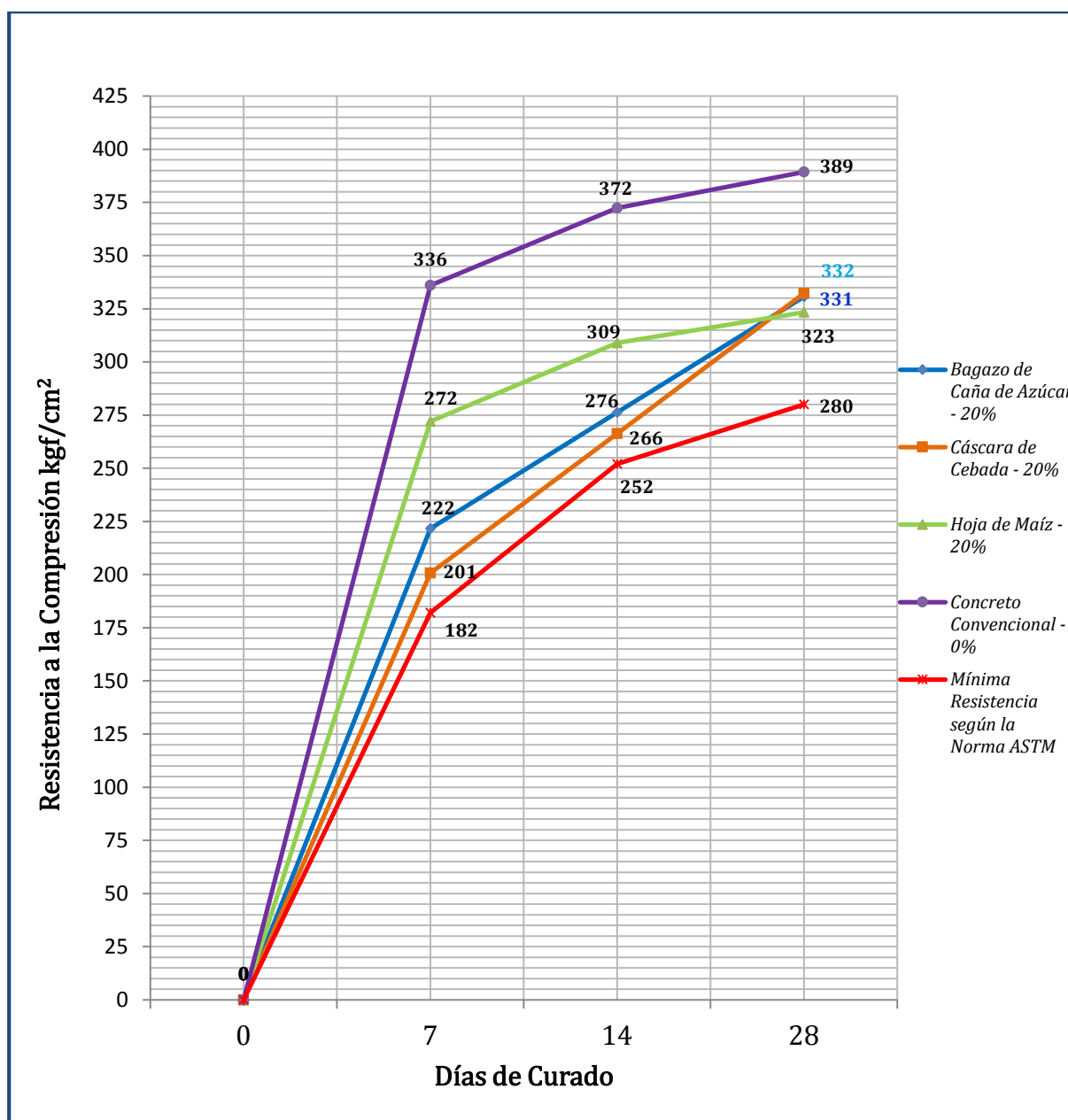


Gráfico N° 59: Comparación entre concretos de $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En el presente diseño la mayor resistencia ha sido alcanzada por el concreto patrón en los 7, 14 y 28 días superando ampliamente a la cáscara de cebada, bagazo de caña de azúcar y hoja de maíz con 389 kgf/cm^2 frente a 332 kgf/cm^2 , 331 kgf/cm^2 y 323 kgf/cm^2 respectivamente, aunque todos ellos superan la resistencia mínima según la Norma ASTM.

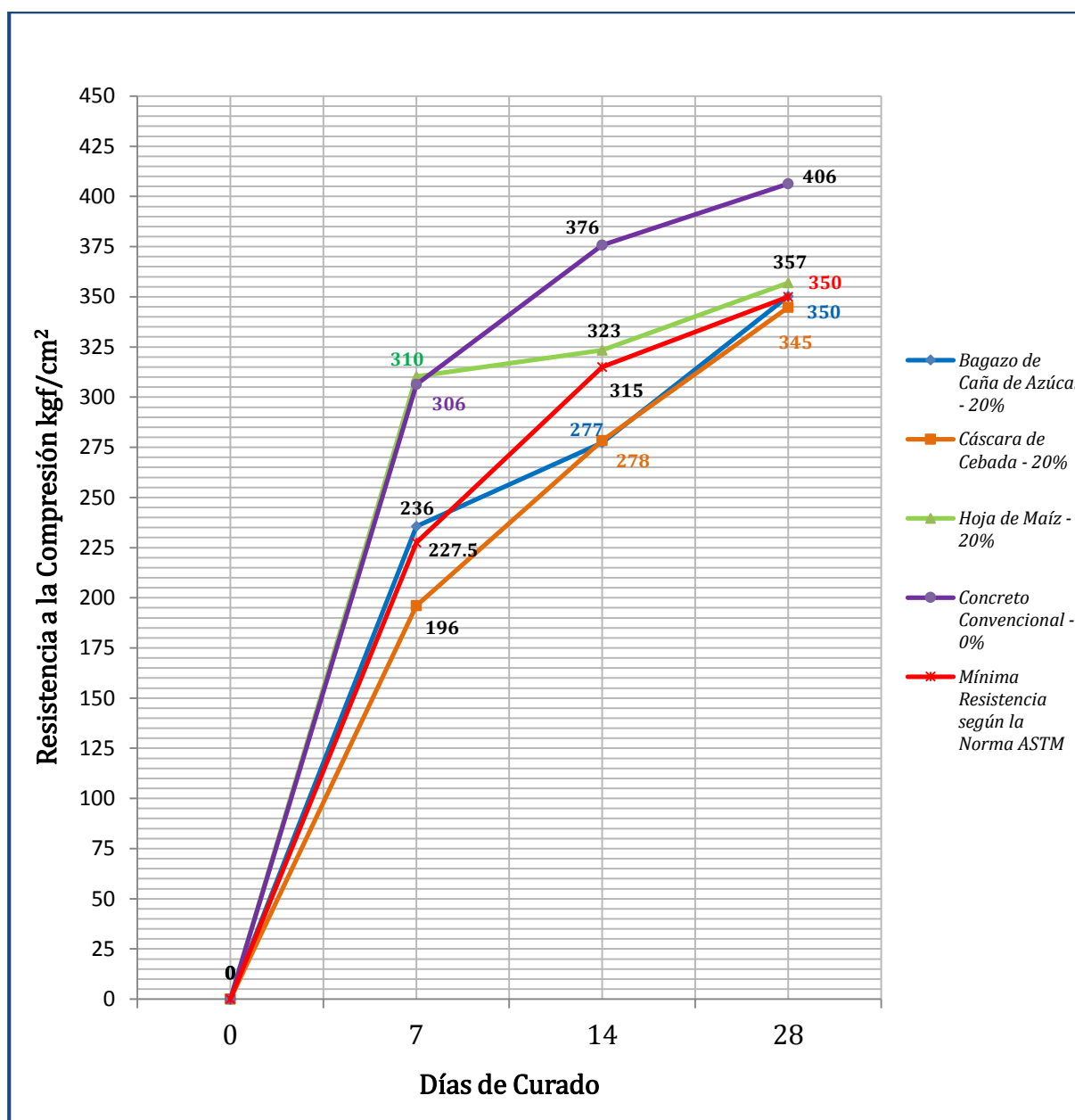


Gráfico N° 60: Comparación entre concretos de $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En la presente gráfica se muestra que el concreto patrón posee la mayor resistencia seguida de la hoja de maíz con 406 kgf/cm^2 y 357 kgf/cm^2 respectivamente, en el límite de la resistencia mínima está el bagazo de caña de azúcar con 350 kgf/cm^2 y finalmente la cáscara de cebada posee 345 kgf/cm^2 .

5.5. Influencia de los materiales puzolánicos artificiales en las propiedades mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido.

Tabla N° 123: Propiedades Mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido

	Concreto convencional (Sin Puzolana)	Concreto con ceniza de cáscara de cebada	Concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar	Concreto con ceniza de hoja de maíz
Slump	Se requirió el uso de plastificante y súper-plastificante para los diseños de $f'c = 280$ kgf/cm ² y $f'c = 350$ kgf/cm ² , los cuales tenían slump menores a 2", los demás diseños cumplieron con Slump de 2.3" y 2.5"	Los diseños con sustitución del 15% y 20% requirieron el uso de Súper-Plastificantes, los que tuvieron solo 5% y 10% requirieron de Plastificantes, para alcanzar Slump que estuvieron en el rango de 2" a 3.25"	Uso de Plastificantes y Súper-Plastificante en diseños que tenían sustitución del 15% y 20%, tanto en ACI como en el de Módulo de Fineza, para todas las resistencias obteniendo asentamientos de hasta 3.5"	La mayoría de las resistencias no requirieron el uso el aditivo, salvo resistencias altas como la de $f'c = 350$ kgf/cm ² , y en sustituciones del 20%, teniendo Slump hasta de 4"
Peso Específico	Los valores llegan hasta 2,400 kg/m ³ en concreto fresco y no superan los 2,300 kg/m ³ en el caso del concreto endurecido.	Los valores varían desde casi los 2,400 kg/m ³ hasta muy cerca de los 2,500 kg/m ³ en el caso del concreto fresco y en el concreto endurecido varía desde los 2,200 kg/m ³ hasta valores muy cercanos a los 2,400 kg/m ³	Los valores varían desde los 2,300 kg/m ³ hasta los 2,500 kg/m ³ en el caso del concreto fresco y en el concreto endurecido no llegan a los 2,400 kg/m ³	Los valores varían desde los 2,400 kg/m ³ hasta superar los 2,500 kg/m ³ en el caso del concreto fresco y en el concreto endurecido el valor promedio es de 2,300 kg/m ³
Temperatura	Los valores de la temperatura varían desde los 16.40°C para el concreto $f'c = 175$ kgf/cm ² hasta los 19.30°C para el de $f'c = 350$ kgf/cm ²	El menor valor de la temperatura es de 18.1°C para el de $f'c = 175$ kgf/cm ² con 5% de ceniza y llega a 20.9°C con 10% de puzolana en diseños de $f'c = 350$ kgf/cm ²	Los valores de la temperatura llegan a 20.4°C para el diseño con 10% de ceniza para concretos de $f'c = 175$ kgf/cm ² y el menor valor es de 16.8°C para el de $f'c = 280$ kgf/cm ² con 10% de puzolana.	La temperatura llega hasta los 21.6°C con 20% de ceniza para concretos $f'c = 175$ kgf/cm ² , siendo el menor valor 18.9°C para 5% con la misma resistencia, y con un promedio de 20.29°C
Aire	El valor promedio es de 1.85% y el máximo valor que alcanza es de 2% para el concreto $f'c = 350$ kgf/cm ²	El máximo valor alcanzado es de 2.6% para concretos con sustitución del 15% y el valor promedio es de 1.95%	El valor promedio es de 2.08% y la mayoría de los diseños poseen valores mayores a 2% sobre todo los de las resistencias de $f'c = 175$ kgf/cm ² y $f'c = 210$ kgf/cm ²	El valor promedio es de 2.03% y el contenido de aire en su mayoría es de 2%, siendo el menor valor 1.8%
Resistencia a la compresión	El valor promedio en el incremento de la resistencia con respecto al diseño en el método ACI es de 29.8% y en el método del Módulo de Fineza es de 37.3%	El valor promedio en el incremento de la resistencia con respecto al diseño en el método ACI es de 40.6% y en el método del Módulo de Fineza es de 26%	El valor promedio en el incremento de la resistencia con respecto al diseño en el método ACI es de 43.4% y en el método del Módulo de Fineza es de 37.1%	El valor promedio en el incremento de la resistencia con respecto al diseño en el método ACI es de 38.8% y en el método del Módulo de Fineza es de 33.6%

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS

6.1. Análisis de costos de la ceniza de Bagazo de la Caña de Azúcar

Debido a que la Azucarera Chucarapi – Pampa Blanca utiliza el bagazo de la caña como combustible para sus calderas, la ceniza la obtuvimos completamente gratis ya que esta ceniza dicha empresa lo elimina o son utilizadas para el abono de cultivos.

Solo se consideró el traslado de la ceniza de la Central Azucarera Chucarapi – Pampa Blanca hasta la ciudad de Arequipa, el cual fue de S/. 10.00 por los 35 kg obteniendo S/. 0.29/kilogramo.

6.1.1. Resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211

Tabla N° 124: Concreto Convencional $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	326.43	bls	7.681	S/. 20.80	S/. 159.76
Agua	l/ m ³	199.01	m ³	0.199	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	760.34	m ³	0.507	S/. 40.00	S/. 20.28
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Costo por m³						S/. 227.79

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 125: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	310.20	bls	7.30	S/. 20.80	S/. 151.82
Puzolana	kg/ m ³	16.37	kg	16.37	S/. 0.29	S/. 4.68
Agua	l/ m ³	199.12	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	756.10	m ³	0.50	S/. 40.00	S/. 20.16
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.39
Costo por m³						S/. 224.41

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 126: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	294.13	bls	6.92	S/. 20.80	S/. 143.95
Puzolana	kg/ m ³	32.76	kg	32.76	S/. 0.29	S/. 9.36
Agua	l/ m ³	199.23	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	751.67	m ³	0.50	S/. 40.00	S/. 20.04
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/ m ³	1.92	gal	0.48	S/. 35.00	S/. 16.83
Costo por m³						S/. 237.93

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 127: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	278.19	bls	6.55	S/. 20.80	S/. 136.15
Puzolana	kg/ m ³	49.22	kg	49.22	S/. 0.29	S/. 14.06
Agua	l/ m ³	199.34	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	747.06	m ³	0.50	S/. 40.00	S/. 19.92
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/ m ³	3.85	gal	0.96	S/. 35.00	S/. 33.70
Costo por m³						S/. 251.59

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 128: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	262.36	bls	6.17	S/. 20.80	S/. 128.40
Puzolana	kg/ m ³	65.75	kg	65.75	S/. 0.29	S/. 18.79
Agua	l/ m ³	199.45	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	742.26	m ³	0.49	S/. 40.00	S/. 19.79
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/ m ³	3.86	gal	0.97	S/. 35.00	S/. 33.78
Costo por m³						S/. 248.51

Fuente: Elaboración Propia

6.1.2. Resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Tabla N° 129: Concreto Convencional $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	326.43	bls	7.68	S/. 20.80	S/. 159.76
Agua	l/m^3	200.30	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m^3	700.04	m^3	0.47	S/. 40.00	S/. 18.67
Agregado grueso	kg/m^3	1,079.32	m^3	0.72	S/. 70.00	S/. 50.37
Costo por m^3						S/. 229.16

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 130: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	310.20	bls	7.30	S/. 20.80	S/. 151.82
Puzolana	kg/m^3	16.37	kg	16.37	S/. 0.29	S/. 4.75
Agua	l/m^3	200.12	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m^3	709.53	m^3	0.47	S/. 40.00	S/. 18.92
Agregado grueso	kg/m^3	1,064.79	m^3	0.71	S/. 70.00	S/. 49.69
Aditivo (P)	l/m^3	1.82	gal	0.46	S/. 35.00	S/. 15.97
Costo por m^3						S/. 241.50

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 131: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	294.13	bls	6.92	S/. 20.80	S/. 143.95
Puzolana	kg/m^3	32.76	kg	32.76	S/. 0.29	S/. 9.50
Agua	l/m^3	199.92	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m^3	719.14	m^3	0.48	S/. 40.00	S/. 19.18
Agregado grueso	kg/m^3	1,049.94	m^3	0.70	S/. 70.00	S/. 49.00
Aditivo (SP)	l/m^3	3.46	gal	0.87	S/. 35.00	S/. 30.28
Costo por m^3						S/. 252.27

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 132: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	278.19	bls	6.55	S/. 20.80	S/. 136.15
Puzolana	kg/m^3	49.22	kg	49.22	S/. 0.29	S/. 14.27
Agua	l/m^3	199.71	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m^3	729.70	m^3	0.49	S/. 40.00	S/. 19.46
Agregado grueso	kg/m^3	1,033.88	m^3	0.69	S/. 70.00	S/. 48.25
Aditivo (P)	l/m^3	1.64	gal	0.41	S/. 35.00	S/. 14.32
Costo por m^3						S/. 232.81

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 133: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	262.36	bls	6.17	S/. 20.80	S/. 128.40
Puzolana	kg/m^3	65.75	kg	65.75	S/. 0.29	S/. 19.07
Agua	l/m^3	199.50	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m^3	740.06	m^3	0.49	S/. 40.00	S/. 19.73
Agregado grueso	kg/m^3	1,017.85	m^3	0.68	S/. 70.00	S/. 47.50
Aditivo (SP)	l/m^3	3.09	gal	0.77	S/. 35.00	S/. 27.01
Costo por m^3						S/. 242.07

Fuente: Elaboración Propia

6.1.3. Resistencia a la compresión de 210 kgf/cm^2 por el Método ACI 211

Tabla N° 134: Concreto Convencional $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m^3	367.12	bls	8.638	S/. 20.80	S/. 179.67
Agua	l/m^3	199.58	m^3	0.200	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m^3	723.16	m^3	0.482	S/. 40.00	S/. 19.28
Agregado grueso	kg/ m^3	1015.52	m^3	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Costo por m^3						S/. 246.71

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 135: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	348.85	bls	8.208	S/. 20.80	S/. 170.73
Puzolana	kg/ m ³	18.41	kg	18.407	S/. 0.29	S/. 5.26
Agua	l/m ³	199.70	m ³	0.200	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	718.40	m ³	0.479	S/. 40.00	S/. 19.16
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	2.16	gal	0.540	S/. 35.00	S/. 18.90
Costo por m³						S/. 261.81

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 136: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	330.75	bls	7.782	S/. 20.80	S/. 161.87
Puzolana	kg/ m ³	36.84	kg	36.842	S/. 0.29	S/. 10.53
Agua	l/m ³	210.91	m ³	0.211	S/. 1.81	S/. 0.38
Agregado fino	kg/ m ³	713.46	m ³	0.476	S/. 40.00	S/. 19.03
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	4.32	gal	1.081	S/. 35.00	S/. 37.84
Costo por m³						S/. 277.04

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 137: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	312.78	bls	7.359	S/. 20.80	S/. 153.08
Puzolana	kg/ m ³	55.33	kg	55.334	S/. 0.29	S/. 15.81
Agua	l/m ³	205.50	m ³	0.205	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/ m ³	708.33	m ³	0.472	S/. 40.00	S/. 18.89
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	4.33	gal	1.083	S/. 35.00	S/. 37.89
Costo por m³						S/. 273. 43

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 138: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	294.91	bls	6.939	S/. 20.80	S/. 144.33
Puzolana	kg/ m ³	73.91	kg	73.912	S/. 0.29	S/. 21.12
Agua	l/m ³	205.62	m ³	0.206	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/ m ³	703.01	m ³	0.469	S/. 40.00	S/. 18.75
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	4.34	gal	1.085	S/. 35.00	S/. 37.97
Costo por m³						S/. 269. 93

Fuente: Elaboración Propia

6.1.4. Resistencia a la compresión de 210 kgf/cm² por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Tabla N° 139: Concreto Convencional $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m ³
Cemento	kg/m ³	367.12	bls	8.64	S/. 20.80	S/. 179.67
Agua	l/m ³	201.05	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m ³	654.64	m ³	0.44	S/. 40.00	S/. 17.46
Agregado grueso	kg/m ³	1,088.02	m ³	0.73	S/. 70.00	S/. 50.77
Costo por m³						S/. 248.27

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 140: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m ³
Cemento	kg/m ³	348.85	bls	8.21	S/. 20.80	S/. 170.73
Puzolana	kg/m ³	18.41	Kg	18.41	S/. 0.29	S/. 5.34
Agua	l/m ³	200.81	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m ³	666.96	m ³	0.44	S/. 40.00	S/. 17.79
Agregado grueso	kg/m ³	1,069.94	m ³	0.71	S/. 70.00	S/. 49.93
Aditivo (P)	l/m ³	2.05	gal	0.51	S/. 35.00	S/. 17.96
Costo por m³						S/. 262.11

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 141: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	330.75	bls	7.78	S/. 20.80	S/. 161.87
Puzolana	kg/m^3	36.84	kg	36.84	S/. 0.29	S/. 10.68
Agua	l/m^3	200.58	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m^3	678.12	m^3	0.45	S/. 40.00	S/. 18.08
Agregado grueso	kg/m^3	1,052.91	m^3	0.70	S/. 70.00	S/. 49.14
Aditivo (SP)	l/m^3	3.89	gal	0.97	S/. 35.00	S/. 34.05
Costo por m^3						S/. 274.19

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 142: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	312.78	bls	7.36	S/. 20.80	S/. 153.08
Puzolana	kg/m^3	55.33	kg	55.33	S/. 0.29	S/. 16.05
Agua	l/m^3	200.39	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m^3	688.05	m^3	0.46	S/. 40.00	S/. 18.35
Agregado grueso	kg/m^3	1,036.97	m^3	0.69	S/. 70.00	S/. 48.39
Aditivo (SP)	l/m^3	3.68	gal	0.92	S/. 35.00	S/. 32.20
Costo por m^3						S/. 268.42

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 143: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	294.91	bls	6.94	S/. 20.80	S/. 144.33
Puzolana	kg/m^3	73.91	Kg	73.91	S/. 0.29	S/. 21.43
Agua	l/m^3	211.20	m^3	0.21	S/. 1.81	S/. 0.38
Agregado fino	kg/m^3	698.07	m^3	0.47	S/. 40.00	S/. 18.62
Agregado grueso	kg/m^3	1,020.74	m^3	0.68	S/. 70.00	S/. 47.63
Aditivo (SP)	l/m^3	3.47	gal	0.87	S/. 35.00	S/. 30.36
Costo por m^3						S/. 262.76

Fuente: Elaboración Propia

6.1.5. Resistencia a la compresión de 280 kgf/cm² por el Método ACI 211

Tabla N° 144: Concreto Convencional f'c = 280 kgf/cm² - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	439.9	bls	10.351	S/. 20.80	S/. 215.30
Agua	l/m ³	200.6	m ³	0.201	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	656.6	m ³	0.438	S/. 40.00	S/. 17.51
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.5	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	2.6	gal	0.647	S/. 35.00	S/. 22.64
Costo por m³						S/. 303. 21

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 145: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para f'c = 280 kgf/cm² - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	418.01	bls	9.835	S/. 20.80	S/. 204.58
Puzolana	kg/ m ³	22.06	Kg	22.056	S/. 0.29	S/. 6.30
Agua	l/m ³	200.76	m ³	0.201	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	650.95	m ³	0.434	S/. 40.00	S/. 17.36
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	2.59	gal	0.647	S/. 35.00	S/. 22.65
Costo por m³						S/. 298. 64

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 146: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para f'c = 280 kgf/cm² - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	396.26	bls	9.324	S/. 20.80	S/. 193.94
Puzolana	kg/ m ³	44.14	Kg	44.140	S/. 0.29	S/. 12.61
Agua	l/m ³	223.07	m ³	0.223	S/. 1.81	S/. 0.40
Agregado fino	kg/ m ³	645.09	m ³	0.430	S/. 40.00	S/. 17.20
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	5.18	gal	1.295	S/. 35.00	S/. 45.34
Costo por m³						S/. 316. 88

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 147: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	374.65	bls	8.815	S/. 20.80	S/. 183.36
Puzolana	kg/ m ³	66.28	kg	66.281	S/. 0.29	S/. 18.94
Agua	l/m ³	217.68	m ³	0.218	S/. 1.81	S/. 0.39
Agregado fino	kg/ m ³	639.03	m ³	0.426	S/. 40.00	S/. 17.04
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	5.19	gal	1.297	S/. 35.00	S/. 45.39
Costo por m³						S/. 312. 51

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 148: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	353.14	bls	8.309	S/. 20.80	S/. 172.83
Puzolana	kg/ m ³	88.51	kg	88.507	S/. 0.29	S/. 25.29
Agua	l/m ³	217.83	m ³	0.218	S/. 1.81	S/. 0.39
Agregado fino	kg/ m ³	632.78	m ³	0.422	S/. 40.00	S/. 16.87
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	5.20	gal	1.299	S/. 35.00	S/. 45.46
Costo por m³						S/. 308. 24

Fuente: Elaboración Propia

6.1.6. Resistencia a la compresión de 280 kgf/cm^2 por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Tabla N° 149: Concreto Convencional $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m ³
Cemento	kg/m ³	439.91	bls	10.35	S/. 20.80	S/. 215.30
Agua	l/m ³	202.37	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	574.68	m ³	0.38	S/. 40.00	S/. 15.32
Agregado grueso	kg/m ³	1,102.24	m ³	0.73	S/. 70.00	S/. 51.44
Aditivo (P)	l/m ³	2.59	gal	0.65	S/. 35.00	S/. 22.64
Costo por m³						S/. 305.07

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 150: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	418.01	bls	9.84	S/. 20.80	S/. 204.58
Puzolana	kg/m^3	22.06	kg	22.06	S/. 0.29	S/. 6.40
Agua	l/m^3	205.10	m^3	0.21	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	588.88	m^3	0.39	S/. 40.00	S/. 15.70
Agregado grueso	kg/m^3	1,081.20	m^3	0.72	S/. 70.00	S/. 50.46
Aditivo (SP)	l/m^3	4.92	gal	1.23	S/. 35.00	S/. 43.03
Costo por m^3						S/. 320.54

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 151: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	396.26	bls	9.32	S/. 20.80	S/. 193.94
Puzolana	kg/m^3	44.14	kg	44.14	S/. 0.29	S/. 12.80
Agua	l/m^3	207.32	m^3	0.21	S/. 1.81	S/. 0.38
Agregado fino	kg/m^3	602.92	m^3	0.40	S/. 40.00	S/. 16.08
Agregado grueso	kg/m^3	1,060.14	m^3	0.71	S/. 70.00	S/. 49.47
Aditivo (SP)	l/m^3	4.66	gal	1.17	S/. 35.00	S/. 40.79
Costo por m^3						S/. 313.45

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 152: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	374.65	bls	8.82	S/. 20.80	S/. 183.36
Puzolana	kg/m^3	66.28	kg	66.28	S/. 0.29	S/. 19.22
Agua	l/m^3	215.63	m^3	0.22	S/. 1.81	S/. 0.39
Agregado fino	kg/m^3	616.43	m^3	0.41	S/. 40.00	S/. 16.44
Agregado grueso	kg/m^3	1,039.43	m^3	0.69	S/. 70.00	S/. 48.51
Aditivo (SP)	l/m^3	4.41	gal	1.10	S/. 35.00	S/. 38.57
Costo por m^3						S/. 306.48

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 153: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	353.14	bls	8.31	S/. 20.80	S/. 172.83
Puzolana	kg/m^3	88.51	kg	88.51	S/. 0.29	S/. 25.67
Agua	l/m^3	223.39	m^3	0.22	S/. 1.81	S/. 0.40
Agregado fino	kg/m^3	629.79	m^3	0.42	S/. 40.00	S/. 16.79
Agregado grueso	kg/m^3	1,018.68	m^3	0.68	S/. 70.00	S/. 47.54
Aditivo (SP)	l/m^3	4.15	gal	1.04	S/. 35.00	S/. 36.35
Costo por m^3						S/. 299.59

Fuente: Elaboración Propia

6.1.7. Resistencia a la compresión de 350 kgf/cm^2 por el Método ACI 211

Tabla N° 154: Concreto Convencional $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m^3	517.68	bls	12.181	S/. 20.80	S/. 253.36
Agua	l/m^3	201.71	m^3	0.202	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/ m^3	585.58	m^3	0.390	S/. 40.00	S/. 15.62
Agregado grueso	kg/ m^3	1015.52	m^3	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m^3	6.090	gal	1.523	S/. 35.00	S/. 53.29
Costo por m^3						S/. 370. 02

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 155: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m^3	491.88	bls	11.574	S/. 20.80	S/. 240.73
Puzolana	kg/ m^3	25.95	kg	25.953	S/. 0.29	S/. 7.42
Agua	l/m^3	223.22	m^3	0.223	S/. 1.81	S/. 0.40
Agregado fino	kg/ m^3	578.90	m^3	0.386	S/. 40.00	S/. 15.44
Agregado grueso	kg/ m^3	1015.52	m^3	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m^3	6.092	gal	1.523	S/. 35.00	S/. 53.31
Costo por m^3						S/. 364. 69

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 156: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	466.25	bls	10.971	S/. 20.80	S/. 228.19
Puzolana	kg/ m ³	51.94	kg	51.935	S/. 0.29	S/. 14.84
Agua	l/m ³	246.39	m ³	0.246	S/. 1.81	S/. 0.45
Agregado fino	kg/ m ³	572.05	m ³	0.381	S/. 40.00	S/. 15.25
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	6.096	gal	1.524	S/. 35.00	S/. 53.34
Costo por m³						S/. 359. 46

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 157: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	440.75	bls	10.371	S/. 20.80	S/. 215.71
Puzolana	kg/ m ³	77.97	kg	77.974	S/. 0.29	S/. 22.28
Agua	l/m ³	246.57	m ³	0.247	S/. 1.81	S/. 0.45
Agregado fino	kg/ m ³	565.00	m ³	0.377	S/. 40.00	S/. 15.07
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	6.103	gal	1.526	S/. 35.00	S/. 53.40
Costo por m³						S/. 354. 29

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 158: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	415.35	bls	9.773	S/. 20.80	S/. 203.28
Puzolana	kg/ m ³	104.10	Kg	104.098	S/. 0.29	S/. 29.74
Agua	l/m ³	241.20	m ³	0.241	S/. 1.81	S/. 0.44
Agregado fino	kg/ m ³	557.76	m ³	0.372	S/. 40.00	S/. 14.87
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	6.111	gal	1.528	S/. 35.00	S/. 53.47
Costo por m³						S/. 349. 19

Fuente: Elaboración Propia

6.1.8. Resistencia a la compresión de 350 kgf/cm² por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Tabla N° 159: Concreto Convencional f'c = 350 kgf/cm² - Método de Módulo de fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m ³
Cemento	kg/m ³	517.68	bls	12.18	S/. 20.80	S/. 253.36
Agua	l/m ³	203.67	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	494.09	m ³	0.33	S/. 40.00	S/. 13.18
Agregado grueso	kg/m ³	1,112.33	m ³	0.74	S/. 70.00	S/. 51.91
Aditivo (SP)	l/m ³	6.09	gal	1.52	S/. 35.00	S/. 53.29
Costo por m³						S/. 372.10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 160: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para f'c = 350 kgf/cm² - Método Módulo de fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m ³
Cemento	kg/m ³	491.88	bls	11.57	S/. 20.80	S/. 240.73
Puzolana	kg/m ³	25.95	kg	25.95	S/. 0.29	S/. 7.53
Agua	l/m ³	211.75	m ³	0.21	S/. 1.81	S/. 0.38
Agregado fino	kg/m ³	510.21	m ³	0.34	S/. 40.00	S/. 13.61
Agregado grueso	kg/m ³	1,088.21	m ³	0.73	S/. 70.00	S/. 50.78
Aditivo (SP)	l/m ³	5.79	gal	1.45	S/. 35.00	S/. 50.63
Costo por m³						S/. 363.67

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 161: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para f'c = 350 kgf/cm² - Método del Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m ³
Cemento	kg/m ³	466.25	bls	10.97	S/. 20.80	S/. 228.19
Puzolana	kg/m ³	51.94	kg	51.94	S/. 0.29	S/. 15.06
Agua	l/m ³	219.51	m ³	0.22	S/. 1.81	S/. 0.40
Agregado fino	kg/m ³	526.03	m ³	0.35	S/. 40.00	S/. 14.03
Agregado grueso	kg/m ³	1,064.21	m ³	0.71	S/. 70.00	S/. 49.66
Aditivo (SP)	l/m ³	5.49	gal	1.37	S/. 35.00	S/. 48.00
Costo por m³						S/. 355.33

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 162: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	440.75	bls	10.37	S/. 20.80	S/. 215.71
Puzolana	kg/m^3	77.97	kg	77.97	S/. 0.29	S/. 22.61
Agua	l/m^3	219.51	m^3	0.22	S/. 1.81	S/. 0.40
Agregado fino	kg/m^3	541.49	m^3	0.36	S/. 40.00	S/. 14.44
Agregado grueso	kg/m^3	1,040.40	m^3	0.69	S/. 70.00	S/. 48.55
Aditivo (SP)	l/m^3	5.19	gal	1.30	S/. 35.00	S/. 45.37
Costo por m^3						S/. 347.08

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 163: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	415.35	bls	9.77	S/. 20.80	S/. 203.28
Puzolana	kg/m^3	104.10	kg	104.10	S/. 0.29	S/. 30.19
Agua	l/m^3	241.13	m^3	0.24	S/. 1.81	S/. 0.44
Agregado fino	kg/m^3	556.66	m^3	0.37	S/. 40.00	S/. 14.84
Agregado grueso	kg/m^3	1,016.68	m^3	0.68	S/. 70.00	S/. 47.45
Aditivo (SP)	l/m^3	4.89	gal	1.22	S/. 35.00	S/. 42.76
Costo por m^3						S/. 338.95

Fuente: Elaboración Propia

6.2. Análisis de costos de la Ceniza de Cáscara de Cebada

Se adquirió 455 kg de cáscara de cebada, el cual 1 kg de dicho producto cuesta S/. 0.80, obteniendo un costo total de S/. 364.00

El costo de producción es decir la incineración de dicha cantidad fue de S/.50.00.

Consideramos el traslado del material de la ciudad de Arequipa hasta el la Central Azucarera Chucarapi – Pampa Blanca, el cual fue de S/. 100.00, y S/. 10.00 fue el costo del traslado nuevamente a la ciudad de Arequipa de la ceniza.

Finalmente considerando todos los gastos realizados para tener la ceniza de cascara de cebada como puzolana puesto en obra se tendría un costo de: S/. 364.00 + S/. 50.00 + S/. 100.00 + S/. 10.00 = **524.00 por los 455 kg** o también **S/. 1.15 / kilogramo**.

6.2.1. Resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211

Tabla N° 164: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	310.20	bls	7.30	S/. 20.80	S/. 151.82
Puzolana	kg/ m ³	16.75	kg	16.75	S/. 1.15	S/. 19.28
Agua	l/m ³	199.50	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	755.55	m ³	0.50	S/. 40.00	S/. 20.15
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.39
Costo por m³						S/. 239.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 165: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	294.13	bls	6.92	S/. 20.80	S/. 143.95
Puzolana	kg/ m ³	33.52	kg	33.52	S/. 1.15	S/. 38.60
Agua	l/m ³	200.00	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	750.57	m ³	0.50	S/. 40.00	S/. 20.02
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	1.93	gal	0.48	S/. 35.00	S/. 16.86
Costo por m³						S/. 267.19

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 166: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	278.19	bls	6.55	S/. 20.80	S/. 136.15
Puzolana	kg/ m ³	50.35	kg	50.35	S/. 1.15	S/. 57.99
Agua	l/m ³	200.50	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	745.41	m ³	0.50	S/. 40.00	S/. 19.88
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	3.87	gal	0.97	S/. 35.00	S/. 33.82
Costo por m³						S/. 295.59

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 167: Concreto con 20% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	262.36	bls	6.17	S/. 20.80	S/. 128.40
Puzolana	kg/ m ³	67.27	kg	67.27	S/. 1.15	S/. 77.47
Agua	l/m ³	201.01	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	740.05	m ³	0.49	S/. 40.00	S/. 19.73
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	3.88	gal	0.97	S/. 35.00	S/. 33.93
Costo por m³						S/. 307.30

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2. Resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Tabla N° 168: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ Método del Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m ³
Cemento	kg/m ³	310.20	bls	7.30	S/. 20.80	S/. 151.82
Puzolana	kg/m ³	16.75	kg	16.75	S/. 1.15	S/. 19.26
Agua	l/m ³	200.49	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m ³	709.31	m ³	0.47	S/. 40.00	S/. 18.91
Agregado grueso	kg/m ³	1,064.44	m ³	0.71	S/. 70.00	S/. 49.67
Aditivo (P)	l/m ³	1.82	gal	0.46	S/. 35.00	S/. 15.97
Costo por m³						S/. 255.99

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 169: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m ³
Cemento	kg/m ³	294.13	bls	6.92	S/. 20.80	S/. 143.95
Puzolana	kg/m ³	33.52	kg	33.52	S/. 1.15	S/. 38.55
Agua	l/m ³	200.68	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m ³	718.68	m ³	0.48	S/. 40.00	S/. 19.16
Agregado grueso	kg/m ³	1,049.27	m ³	0.70	S/. 70.00	S/. 48.97
Aditivo	l/m ³	0.00	gal	0.00	S/. 35.00	S/. 0.00
Costo por m³						S/. 250.99

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 170: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m ³	278.19	bls	6.55	S/. 20.80	S/. 136.15
Puzolana	kg/m ³	50.35	kg	50.35	S/. 1.15	S/. 57.90
Agua	l/m ³	200.85	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m ³	729.00	m ³	0.49	S/. 40.00	S/. 19.44
Agregado grueso	kg/m ³	1,032.88	m ³	0.69	S/. 70.00	S/. 48.20
Aditivo	l/m ³	0.00	gal	0.00	S/. 35.00	S/. 0.00
Costo por m³						S/. 262.06

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 171: Concreto con 20% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m ³	262.36	bls	6.17	S/. 20.80	S/. 128.40
Puzolana	kg/m ³	67.27	kg	67.27	S/. 1.15	S/. 77.36
Agua	l/m ³	201.03	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m ³	739.10	m ³	0.49	S/. 40.00	S/. 19.71
Agregado grueso	kg/m ³	1,016.53	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.44
Aditivo (P)	l/m ³	1.54	gal	0.39	S/. 35.00	S/. 13.50
Costo por m³						S/. 286.78

Fuente: Elaboración Propia

6.2.3. Resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211

Tabla N° 172: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	348.85	bls	8.208	S/. 20.80	S/. 170.73
Puzolana	kg/ m ³	18.83	kg	18.832	S/. 1.15	S/. 21.69
Agua	l/m ³	200.14	m ³	0.200	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	717.78	m ³	0.479	S/. 40.00	S/. 19.14
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	2.16	gal	0.541	S/. 35.00	S/. 18.93
Costo por m³						S/. 278. 24

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 173: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	330.75	bls	7.782	S/. 20.80	S/. 161.87
Puzolana	kg/ m ³	37.69	kg	37.692	S/. 1.15	S/. 43.41
Agua	l/m ³	200.70	m ³	0.201	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	712.22	m ³	0.475	S/. 40.00	S/. 18.99
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	2.17	gal	0.542	S/. 35.00	S/. 18.96
Costo por m³						S/. 290.99

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 174: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	312.78	bls	7.359	S/. 20.80	S/. 153.08
Puzolana	kg/ m ³	56.61	kg	56.611	S/. 1.15	S/. 65.20
Agua	l/m ³	201.26	m ³	0.201	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m ³	706.47	m ³	0.471	S/. 40.00	S/. 18.84
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	4.35	gal	1.086	S/. 35.00	S/. 38.03
Costo por m³						S/. 322.89

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 175: Concreto con 20% de Ceniza de Cáscara de cebada para
 $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	294.91	bls	6.939	S/. 20.80	S/. 144.33
Puzolana	kg/ m ³	75.62	kg	75.617	S/. 1.15	S/. 87.08
Agua	l/m ³	204.60	m ³	0.205	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/ m ³	700.53	m ³	0.467	S/. 40.00	S/. 18.68
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	4.36	gal	1.090	S/. 35.00	S/. 38.14
Costo por m³						S/. 336.00

Fuente: Elaboración Propia

6.2.4. Resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Tabla N° 176: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ Método Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	348.85	bls	8.21	S/. 20.80	S/. 170.73
Puzolana	kg/m^3	18.83	kg	18.83	S/. 1.15	S/. 21.66
Agua	l/m^3	201.23	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m^3	666.72	m^3	0.44	S/. 40.00	S/. 17.78
Agregado grueso	kg/m^3	1,069.55	m^3	0.71	S/. 70.00	S/. 49.91
Aditivo (P)	l/m^3	2.05	gal	0.51	S/. 35.00	S/. 17.96
Costo por m^3						S/. 278.40

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 177: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	330.75	bls	7.78	S/. 20.80	S/. 161.87
Puzolana	kg/m^3	37.69	kg	37.69	S/. 1.15	S/. 43.35
Agua	l/m^3	201.44	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m^3	677.62	m^3	0.45	S/. 40.00	S/. 18.07
Agregado grueso	kg/m^3	1,052.13	m^3	0.70	S/. 70.00	S/. 49.10
Aditivo (P)	l/m^3	1.95	gal	0.49	S/. 35.00	S/. 17.02
Costo por m^3						S/. 289.78

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 178: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	312.78	bls	7.36	S/. 20.80	S/. 153.08
Puzolana	kg/m^3	56.61	kg	56.61	S/. 1.15	S/. 65.10
Agua	l/m^3	201.67	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	687.29	m^3	0.46	S/. 40.00	S/. 18.33
Agregado grueso	kg/m^3	1,035.82	m^3	0.69	S/. 70.00	S/. 48.34
Aditivo (P)	l/m^3	1.84	gal	0.46	S/. 35.00	S/. 16.10
Costo por m^3						S/. 301.31

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 179: Concreto con 20% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ Método Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	294.91	bls	6.94	S/. 20.80	S/. 144.33
Puzolana	kg/m^3	75.62	kg	75.62	S/. 1.15	S/. 86.96
Agua	l/m^3	201.90	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	697.03	m^3	0.46	S/. 40.00	S/. 18.59
Agregado grueso	kg/m^3	1,019.21	m^3	0.68	S/. 70.00	S/. 47.56
Aditivo (SP)	l/m^3	3.47	gal	0.87	S/. 35.00	S/. 30.36
Costo por m^3						S/. 328.17

Fuente: Elaboración Propia

6.2.5. Resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211

Tabla N° 180: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m^3	418.01	bls	9.835	S/. 20.80	S/. 204.58
Puzolana	kg/ m^3	22.56	kg	22.565	S/. 1.15	S/. 25.99
Agua	l/m^3	201.28	m^3	0.201	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/ m^3	650.21	m^3	0.433	S/. 40.00	S/. 17.34
Agregado grueso	kg/ m^3	1015.52	m^3	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m^3	5.18	gal	1.296	S/. 35.00	S/. 45.35
Costo por m^3						S/. 341.01

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 181: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m^3	396.26	bls	9.324	S/. 20.80	S/. 193.94
Puzolana	kg/ m^3	45.16	kg	45.158	S/. 1.15	S/. 52.01
Agua	l/m^3	213.03	m^3	0.213	S/. 1.81	S/. 0.39
Agregado fino	kg/ m^3	643.60	m^3	0.429	S/. 40.00	S/. 17.16
Agregado grueso	kg/ m^3	1015.52	m^3	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m^3	5.19	gal	1.298	S/. 35.00	S/. 45.44
Costo por m^3						S/. 356.32

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 182: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	374.65	bls	8.815	S/. 20.80	S/. 183.36
Puzolana	kg/ m ³	67.81	kg	67.810	S/. 1.15	S/. 78.09
Agua	L/ m ³	230.33	m ³	0.230	S/. 1.81	S/. 0.42
Agregado fino	kg/ m ³	636.81	m ³	0.425	S/. 40.00	S/. 16.98
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	L/ m ³	5.21	gal	1.301	S/. 35.00	S/. 45.55
Costo por m³						S/. 371.79

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 183: Concreto con 20% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	353.14	bls	8.309	S/. 20.80	S/. 172.83
Puzolana	kg/ m ³	90.55	kg	90.549	S/. 1.15	S/. 104.28
Agua	L/ m ³	219.92	m ³	0.220	S/. 1.81	S/. 0.40
Agregado fino	kg/ m ³	629.81	m ³	0.420	S/. 40.00	S/. 16.79
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	L/ m ³	5.22	gal	1.305	S/. 35.00	S/. 45.67
Costo por m³						S/. 387.37

Fuente: Elaboración Propia

6.2.6. Resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Tabla N° 184: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ Método Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m ³
Cemento	kg/m ³	418.01	bls	9.84	S/. 20.80	S/. 204.58
Puzolana	kg/m ³	22.56	kg	22.56	S/. 1.15	S/. 25.95
Agua	l/m ³	202.60	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	588.61	m ³	0.39	S/. 40.00	S/. 15.70
Agregado grueso	kg/m ³	1,080.70	m ³	0.72	S/. 70.00	S/. 50.43
Aditivo (SP)	l/m ³	4.92	gal	1.23	S/. 35.00	S/. 43.03
Costo por m³						S/. 340.05

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 185: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	396.26	bls	9.32	S/. 20.80	S/. 193.94
Puzolana	kg/m^3	45.16	kg	45.16	S/. 1.15	S/. 51.93
Agua	l/m^3	202.83	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	602.36	m^3	0.40	S/. 40.00	S/. 16.06
Agregado grueso	kg/m^3	1,059.16	m^3	0.71	S/. 70.00	S/. 49.43
Aditivo (SP)	l/m^3	4.66	gal	1.17	S/. 35.00	S/. 40.79
Costo por m^3						S/. 352.52

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 186: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	374.65	bls	8.82	S/. 20.80	S/. 183.36
Puzolana	kg/m^3	67.81	kg	67.81	S/. 1.15	S/. 77.98
Agua	l/m^3	230.60	m^3	0.23	S/. 1.81	S/. 0.42
Agregado fino	kg/m^3	615.57	m^3	0.41	S/. 40.00	S/. 16.42
Agregado grueso	kg/m^3	1,037.98	m^3	0.69	S/. 70.00	S/. 48.44
Aditivo (SP)	l/m^3	4.41	gal	1.10	S/. 35.00	S/. 38.57
Costo por m^3						S/. 365.18

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 187: Concreto con 20% de Ceniza de Cáscara de cebada para
 $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	353.14	bls	8.31	S/. 20.80	S/. 172.83
Puzolana	kg/m^3	90.55	kg	90.55	S/. 1.15	S/. 104.13
Agua	l/m^3	217.29	m^3	0.22	S/. 1.81	S/. 0.39
Agregado fino	kg/m^3	628.62	m^3	0.42	S/. 40.00	S/. 16.76
Agregado grueso	kg/m^3	1,016.78	m^3	0.68	S/. 70.00	S/. 47.45
Aditivo (SP)	l/m^3	4.15	gal	1.04	S/. 35.00	S/. 36.35
Costo por m^3						S/. 377.92

Fuente: Elaboración Propia

6.2.7. Resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211

**Tabla N° 188: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	491.88	bls	11.574	S/. 20.80	S/. 240.73
Puzolana	kg/ m ³	26.55	kg	26.552	S/. 1.15	S/. 30.58
Agua	l/m ³	224.66	m ³	0.225	S/. 1.81	S/. 0.41
Agregado fino	kg/ m ³	578.03	m ³	0.385	S/. 40.00	S/. 15.41
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	6.099	gal	1.525	S/. 35.00	S/. 53.37
Costo por m³						S/. 387.89

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 189: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	466.25	bls	10.971	S/. 20.80	S/. 228.19
Puzolana	kg/ m ³	53.13	kg	53.134	S/. 1.15	S/. 61.19
Agua	l/m ³	236.53	m ³	0.237	S/. 1.81	S/. 0.43
Agregado fino	kg/ m ³	570.30	m ³	0.380	S/. 40.00	S/. 15.21
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	6.110	gal	1.528	S/. 35.00	S/. 53.47
Costo por m³						S/. 405.87

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 190: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para
 $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/m ³	415.35	bls	9.773	S/. 20.80	S/. 203.28
Puzolana	kg/m ³	106.50	kg	106.501	S/. 1.15	S/. 122.65
Agua	l/m ³	249.20	m ³	0.249	S/. 1.81	S/. 0.45
Agregado fino	kg/m ³	554.27	m ³	0.370	S/. 40.00	S/. 14.78
Agregado grueso	kg/m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	6.139	gal	1.535	S/. 35.00	S/. 53.72
Costo por m³						S/. 442.27

Fuente: Elaboración Propia

6.2.8. Resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211

**Tabla N° 191: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	491.88	bls	11.57	S/. 20.80	S/. 240.73
Puzolana	kg/m^3	26.55	kg	26.55	S/. 1.15	S/. 30.54
Agua	l/m^3	203.95	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	509.92	m^3	0.34	S/. 40.00	S/. 13.60
Agregado grueso	kg/m^3	1,087.59	m^3	0.73	S/. 70.00	S/. 50.75
Aditivo (SP)	l/m^3	5.79	gal	1.45	S/. 35.00	S/. 50.63
Costo por m^3						S/. 386.62

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 192: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	466.25	bls	10.97	S/. 20.80	S/. 228.19
Puzolana	kg/m^3	53.13	kg	53.13	S/. 1.15	S/. 61.10
Agua	l/m^3	209.53	m^3	0.21	S/. 1.81	S/. 0.38
Agregado fino	kg/m^3	525.43	m^3	0.35	S/. 40.00	S/. 14.01
Agregado grueso	kg/m^3	1,063.00	m^3	0.71	S/. 70.00	S/. 49.61
Aditivo (SP)	l/m^3	5.49	gal	1.37	S/. 35.00	S/. 48.00
Costo por m^3						S/. 401.29

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 193: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	440.75	bls	10.37	S/. 20.80	S/. 215.71
Puzolana	kg/m^3	79.77	kg	79.77	S/. 1.15	S/. 91.74
Agua	l/m^3	215.63	m^3	0.22	S/. 1.81	S/. 0.39
Agregado fino	kg/m^3	540.56	m^3	0.36	S/. 40.00	S/. 14.41
Agregado grueso	kg/m^3	1,038.61	m^3	0.69	S/. 70.00	S/. 48.47
Aditivo (SP)	l/m^3	5.19	gal	1.30	S/. 35.00	S/. 45.37
Costo por m^3						S/. 416.09

Fuente: Elaboración Propia

6.3. Análisis de costos de la ceniza de hoja de maíz

Se adquirió 1357 kg de hoja de maíz (chala), el cual 1 kg de dicho producto cuesta S/. 0.14, obteniendo un costo total de S/. 190.00

El costo de producción es decir la incineración de dicha cantidad fue de S/.50.00.

Consideramos el traslado del material de la localidad del Pedregal hasta el la Central Azucarera Chucarapi – Pampa Blanca, el cual fue de S/. 250.00, y el traslado de la ceniza a la ciudad de Arequipa fue de S/. 10.00. Finalmente considerando todos los gastos realizados para tener la ceniza de hoja de maíz (chala) como puzolana puesto en obra se tendría un costo de: S/. 190.00 + S/. 50.00 + S/. 250.00 + S/. 10.00 = **S/. 499.98** por los 1357 kg o también **S/. 0.37 / kilogramo**.

6.3.1. Resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211

**Tabla N° 194: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/m ³	310.20	bls	7.30	S/. 20.80	S/. 151.82
Puzolana	kg/m ³	17.19	kg	17.19	S/. 0.37	S/. 6.33
Agua	l/m ³	200.06	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m ³	748.32	m ³	0.50	S/. 40.00	S/. 19.96
Agregado grueso	kg/m ³	1015.52	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.39
Costo por m³						S/. 225. 86

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 195: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/m ³	294.13	bls	6.92	S/. 20.80	S/. 143.95
Puzolana	kg/m ³	34.40	kg	34.40	S/. 0.37	S/. 12.67
Agua	l/m ³	201.11	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m ³	736.10	m ³	0.49	S/. 40.00	S/. 19.63
Agregado grueso	kg/m ³	1015.52	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.39
Costo por m³						S/. 224. 01

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 196: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/m ³	278.19	bls	6.55	S/. 20.80	S/. 136.15
Puzolana	kg/m ³	51.68	kg	51.68	S/. 0.37	S/. 19.04
Agua	l/m ³	202.16	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	723.67	m ³	0.48	S/. 40.00	S/. 19.30
Agregado grueso	kg/m ³	1015.52	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.39
Costo por m³						S/. 222.24

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 197: Concreto con 20% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/m ³	262.36	bls	6.17	S/. 20.80	S/. 128.40
Puzolana	kg/m ³	69.04	kg	69.04	S/. 0.37	S/. 25.44
Agua	l/m ³	203.22	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	711.01	m ³	0.47	S/. 40.00	S/. 18.96
Agregado grueso	kg/m ³	1015.52	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.39
Costo por m³						S/. 220.56

Fuente: Elaboración Propia

6.3.2. Resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

**Tabla N° 198: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m ³
Cemento	kg/m ³	310.20	bls	7.30	S/. 20.80	S/. 151.82
Puzolana	kg/m ³	17.19	kg	17.19	S/. 0.37	S/. 6.36
Agua	l/m ³	200.96	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m ³	706.32	m ³	0.47	S/. 40.00	S/. 18.84
Agregado grueso	kg/m ³	1,059.96	m ³	0.71	S/. 70.00	S/. 49.46
Costo por m³						S/. 226.84

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 199: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m ³	294.00	bls	6.92	S/. 20.80	S/. 143.89
Puzolana	kg/m ³	34.40	kg	34.40	S/. 0.37	S/. 12.73
Agua	l/m ³	201.61	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m ³	712.60	m ³	0.48	S/. 40.00	S/. 19.00
Agregado grueso	kg/m ³	1,040.39	m ³	0.69	S/. 70.00	S/. 48.55
Costo por m³						S/. 224.53

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 200: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m ³	278.19	bls	6.55	S/. 20.80	S/. 136.15
Puzolana	kg/m ³	51.68	kg	51.68	S/. 0.37	S/. 19.12
Agua	l/m ³	202.25	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	719.70	m ³	0.48	S/. 40.00	S/. 19.19
Agregado grueso	kg/m ³	1,019.72	m ³	0.68	S/. 70.00	S/. 47.59
Costo por m³						S/. 222.42

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 201: Concreto con 20% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m ³	262.36	bls	6.17	S/. 20.80	S/. 128.40
Puzolana	kg/m ³	69.04	kg	69.04	S/. 0.37	S/. 25.55
Agua	l/m ³	202.89	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	726.47	m ³	0.48	S/. 40.00	S/. 19.37
Agregado grueso	kg/m ³	999.16	m ³	0.67	S/. 70.00	S/. 46.63
Costo por m³						S/. 220.31

Fuente: Elaboración Propia

6.3.3. Resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211

**Tabla N° 202: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/m ³	348.85	bls	8.208	S/. 20.80	S/. 170.73
Puzolana	kg/m ³	19.33	kg	19.327	S/. 0.37	S/. 7.12
Agua	l/m ³	200.76	m ³	0.201	S/. 1.81	S/. 0.36
Agregado fino	kg/m ³	709.65	m ³	0.473	S/. 40.00	S/. 18.92
Agregado grueso	kg/m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Costo por m³						S/. 244.53

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 203: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/m ³	330.75	bls	7.782	S/. 20.80	S/. 161.87
Puzolana	kg/m ³	38.68	kg	38.684	S/. 0.37	S/. 14.25
Agua	l/m ³	201.94	m ³	0.202	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	695.95	m ³	0.464	S/. 40.00	S/. 18.56
Agregado grueso	kg/m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Costo por m³						S/. 242.44

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 204: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/m ³	312.78	bls	7.359	S/. 20.80	S/. 153.08
Puzolana	kg/m ³	58.10	kg	58.101	S/. 0.37	S/. 21.41
Agua	l/m ³	203.13	m ³	0.203	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	682.03	m ³	0.455	S/. 40.00	S/. 18.19
Agregado grueso	kg/m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Costo por m³						S/. 240.43

Fuente: Elaboración Propia

6.3.4. Resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

**Tabla N° 205: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	348.85	bls	8.21	S/. 20.80	S/. 170.73
Puzolana	kg/m^3	19.33	kg	19.33	S/. 0.37	S/. 7.15
Agua	l/m^3	201.75	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	663.49	m^3	0.44	S/. 40.00	S/. 17.69
Agregado grueso	kg/m^3	1,064.36	m^3	0.71	S/. 70.00	S/. 49.67
Aditivo (P)	l/m^3	2.05	gal	0.51	S/. 35.00	S/. 17.96
Costo por m^3						S/. 263.57

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 206: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	330.75	bls	7.78	S/. 20.80	S/. 161.87
Puzolana	kg/m^3	38.68	kg	38.68	S/. 0.37	S/. 14.31
Agua	l/m^3	202.47	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	671.02	m^3	0.45	S/. 40.00	S/. 17.89
Agregado grueso	kg/m^3	1,041.89	m^3	0.69	S/. 70.00	S/. 48.62
Aditivo (P)	l/m^3	1.95	gal	0.49	S/. 35.00	S/. 17.02
Costo por m^3						S/. 260.09

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 207: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	312.78	bls	7.36	S/. 20.80	S/. 153.08
Puzolana	kg/m^3	58.10	kg	58.10	S/. 0.37	S/. 21.50
Agua	l/m^3	203.23	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	677.21	m^3	0.45	S/. 40.00	S/. 18.06
Agregado grueso	kg/m^3	1,020.62	m^3	0.68	S/. 70.00	S/. 47.63
Costo por m^3						S/. 240.63

Fuente: Elaboración Propia

6.3.5. Resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211

**Tabla N° 208: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/m ³	418.01	bls	9.835	S/. 20.80	S/. 204.58
Puzolana	kg/m ³	23.16	kg	23.158	S/. 0.37	S/. 8.53
Agua	l/m ³	202.02	m ³	0.202	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	640.47	m ³	0.427	S/. 40.00	S/. 17.08
Agregado grueso	kg/m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	2.60	gal	0.649	S/. 35.00	S/. 22.71
Costo por m³						S/. 300.65

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 209: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	396.26	bls	9.324	S/. 20.80	S/. 193.94
Puzolana	kg/ m ³	46.35	kg	46.347	S/. 0.37	S/. 17.08
Agua	L/ m ³	203.43	m ³	0.203	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/ m ³	624.11	m ³	0.416	S/. 40.00	S/. 16.64
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	L/ m ³	2.60	gal	0.651	S/. 35.00	S/. 22.78
Costo por m³						S/. 298.20

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 210: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/ m ³	374.65	bls	8.815	S/. 20.80	S/. 183.36
Puzolana	kg/ m ³	69.59	Kg	69.595	S/. 0.37	S/. 25.64
Agua	l/ m ³	204.85	m ³	0.205	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/ m ³	607.53	m ³	0.405	S/. 40.00	S/. 16.20
Agregado grueso	kg/ m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/ m ³	2.61	gal	0.653	S/. 35.00	S/. 22.87
Costo por m³						S/. 295.83

Fuente: Elaboración Propia

6.3.6. Resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

**Tabla N° 211: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	418.01	bls	9.84	S/. 20.80	S/. 204.58
Puzolana	kg/m^3	23.16	kg	23.16	S/. 0.37	S/. 8.57
Agua	l/m^3	203.21	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	585.04	m^3	0.39	S/. 40.00	S/. 15.60
Agregado grueso	kg/m^3	1,074.16	m^3	0.72	S/. 70.00	S/. 50.13
Aditivo (SP)	l/m^3	4.92	gal	1.23	S/. 35.00	S/. 43.03
Costo por m^3						S/. 322.27

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 212: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	396.26	bls	9.32	S/. 20.80	S/. 193.94
Puzolana	kg/m^3	46.35	kg	46.35	S/. 0.37	S/. 17.15
Agua	l/m^3	204.06	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	595.04	m^3	0.40	S/. 40.00	S/. 15.87
Agregado grueso	kg/m^3	1,046.28	m^3	0.70	S/. 70.00	S/. 48.83
Aditivo (SP)	l/m^3	4.66	gal	1.17	S/. 35.00	S/. 40.79
Costo por m^3						S/. 316.94

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 213: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	374.65	bls	8.82	S/. 20.80	S/. 183.36
Puzolana	kg/m^3	69.59	kg	69.59	S/. 0.37	S/. 25.75
Agua	l/m^3	204.92	m^3	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	604.29	m^3	0.40	S/. 40.00	S/. 16.11
Agregado grueso	kg/m^3	1,018.95	m^3	0.68	S/. 70.00	S/. 47.55
Aditivo (P)	l/m^3	2.20	gal	0.55	S/. 35.00	S/. 19.28
Costo por m^3						S/. 292.43

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 214: Concreto con 20% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	353.14	bls	8.31	S/. 20.80	S/. 172.83
Puzolana	kg/m^3	92.93	kg	92.93	S/. 0.37	S/. 34.38
Agua	l/m^3	205.80	m^3	0.21	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	613.16	m^3	0.41	S/. 40.00	S/. 16.35
Agregado grueso	kg/m^3	991.77	m^3	0.66	S/. 70.00	S/. 46.28
Aditivo (P)	l/m^3	2.08	gal	0.52	S/. 35.00	S/. 18.18
Costo por m^3						S/. 288.40

Fuente: Elaboración Propia

6.3.7. Resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método ACI 211

**Tabla N° 215: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/m^3	491.88	bls	11.574	S/. 20.80	S/. 240.73
Puzolana	kg/m^3	27.25	kg	27.251	S/. 0.37	S/. 10.04
Agua	l/m^3	203.37	m^3	0.203	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	566.57	m^3	0.378	S/. 40.00	S/. 15.11
Agregado grueso	kg/m^3	1015.52	m^3	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m^3	6.107	gal	1.527	S/. 35.00	S/. 53.44
Costo por m^3						S/. 367.08

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 216: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/m^3	466.25	bls	10.971	S/. 20.80	S/. 228.19
Puzolana	kg/m^3	54.53	kg	54.532	S/. 0.37	S/. 20.09
Agua	l/m^3	205.03	m^3	0.205	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	547.36	m^3	0.365	S/. 40.00	S/. 14.60
Agregado grueso	kg/m^3	1015.52	m^3	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m^3	6.127	gal	1.532	S/. 35.00	S/. 53.61
Costo por m^3						S/. 364.25

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 217: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
Método ACI 211**

Materiales	Unidad	Cantidad	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio Parcial
Cemento	kg/m ³	440.75	bls	10.371	S/. 20.80	S/. 215.71
Puzolana	kg/m ³	81.87	kg	81.873	S/. 0.37	S/. 30.17
Agua	l/m ³	206.69	m ³	0.207	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	527.94	m ³	0.352	S/. 40.00	S/. 14.08
Agregado grueso	kg/m ³	1015.52	m ³	0.677	S/. 70.00	S/. 47.39
Aditivo	l/m ³	3.074	gal	0.769	S/. 35.00	S/. 26.90
Costo por m³						S/. 334.62

Fuente: Elaboración Propia

6.3.8. Resistencia a la compresión de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

**Tabla N° 218: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m ³
Cemento	kg/m ³	491.88	bls	11.57	S/. 20.80	S/. 240.73
Puzolana	kg/m ³	27.25	kg	27.25	S/. 0.37	S/. 10.08
Agua	l/m ³	204.66	m ³	0.20	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	506.12	m ³	0.34	S/. 40.00	S/. 13.50
Agregado grueso	kg/m ³	1,079.48	m ³	0.72	S/. 70.00	S/. 50.38
Aditivo (SP)	l/m ³	5.79	gal	1.45	S/. 35.00	S/. 50.63
Costo por m³						S/. 365.69

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 219: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m ³
Cemento	kg/m ³	466.25	bls	10.97	S/. 20.80	S/. 228.19
Puzolana	kg/m ³	54.53	kg	54.53	S/. 0.37	S/. 20.18
Agua	l/m ³	205.67	m ³	0.21	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m ³	517.55	m ³	0.35	S/. 40.00	S/. 13.80
Agregado grueso	kg/m ³	1,047.06	m ³	0.70	S/. 70.00	S/. 48.86
Aditivo (SP)	l/m ³	5.49	gal	1.37	S/. 35.00	S/. 48.00
Costo por m³						S/. 359.40

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 220: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	440.75	bls	10.37	S/. 20.80	S/. 215.71
Puzolana	kg/m^3	81.87	kg	81.87	S/. 0.37	S/. 30.29
Agua	l/m^3	206.68	m^3	0.21	S/. 1.81	S/. 0.37
Agregado fino	kg/m^3	528.33	m^3	0.35	S/. 40.00	S/. 14.09
Agregado grueso	kg/m^3	1,015.11	m^3	0.68	S/. 70.00	S/. 47.37
Aditivo (P)	l/m^3	2.59	gal	0.65	S/. 35.00	S/. 22.69
Costo por m^3						S/. 330.52

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 221: Concreto con 20% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
Método Módulo de Fineza**

Materiales	Unidad usada	Cantidad usada	Unidad equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio para 1m^3
Cemento	kg/m^3	415.35	bls	9.77	S/. 20.80	S/. 203.28
Puzolana	kg/m^3	109.30	kg	109.30	S/. 0.37	S/. 40.44
Agua	l/m^3	207.72	m^3	0.21	S/. 1.81	S/. 0.38
Agregado fino	kg/m^3	538.51	m^3	0.36	S/. 40.00	S/. 14.36
Agregado grueso	kg/m^3	983.53	m^3	0.66	S/. 70.00	S/. 45.90
Aditivo (SP)	l/m^3	4.89	gal	1.22	S/. 35.00	S/. 42.76
Costo por m^3						S/. 347.11

Fuente: Elaboración Propia

6.4. Comparación de costos de los diferentes diseños para las Resistencias $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ por los Métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

6.4.1. Comparación de costos de los diseños con el método ACI 211

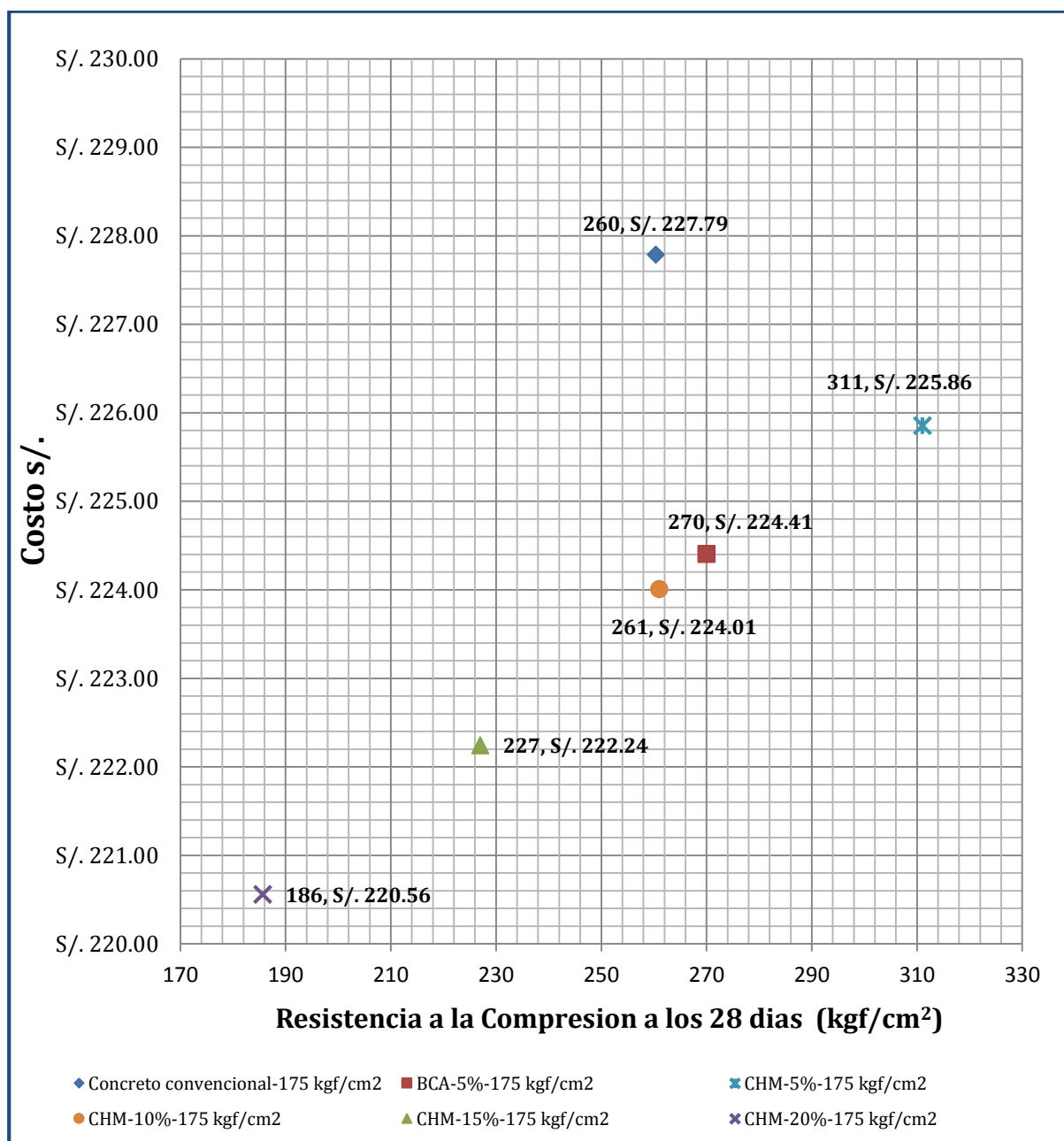


Gráfico N° 61: Costo - Resistencia para diseños $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ – Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente grafica se puede observar que para obtener resistencias de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ se puede usar diseños con hasta 20% de ceniza, en este caso al sustituir dicho porcentaje de cemento por ceniza de hoja de maíz nos da como un costo menor a las otras de S/. 220.56.

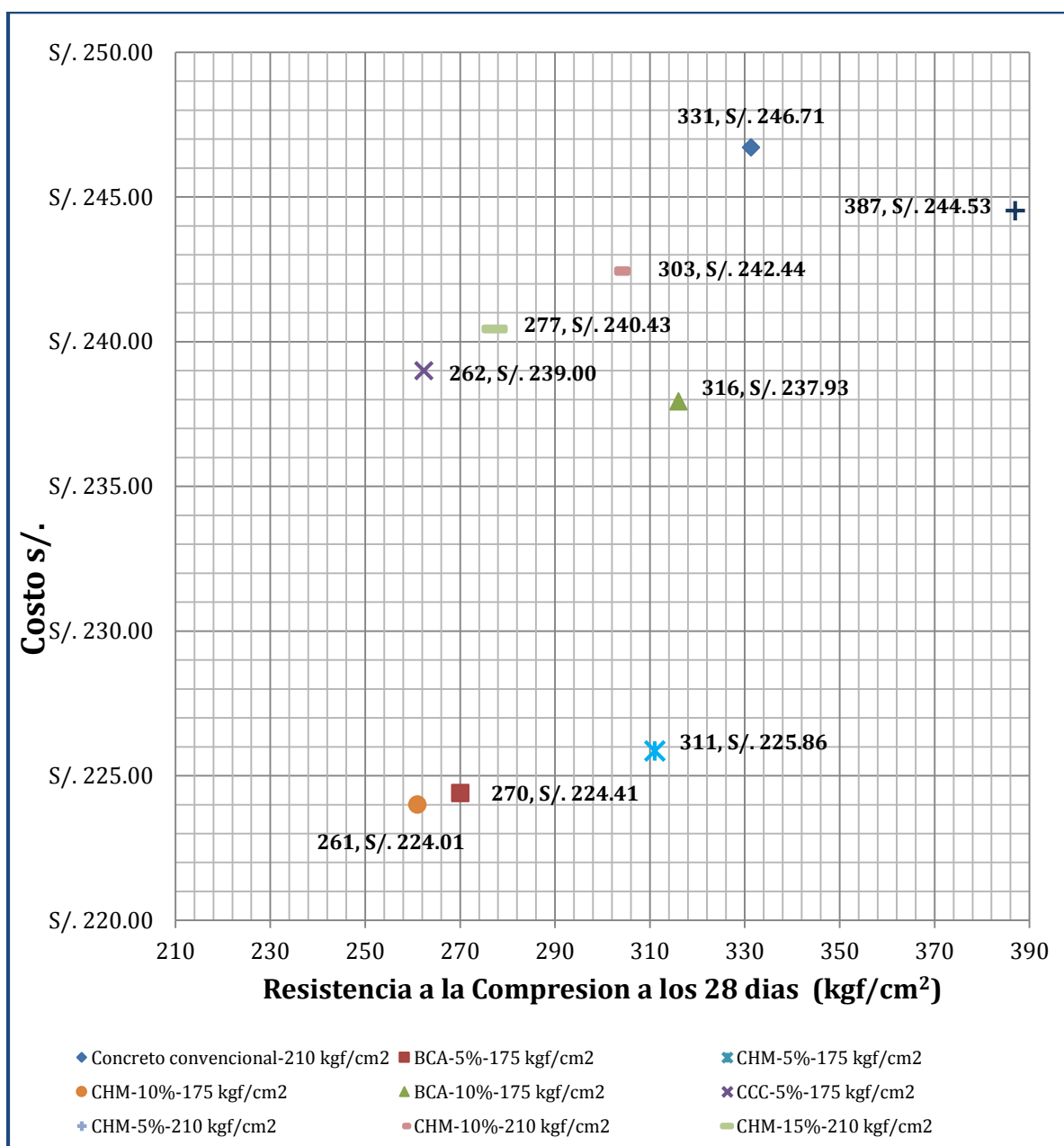


Gráfico N° 62: Costo-Resistencia para diseños $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente grafica se puede observar que para obtener resistencias de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando el método ACI 211 se puede usar diseños con hasta 15% de cenizas, en este caso al sustituir 10% de cemento por ceniza de hoja de maíz para un diseño de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ nos da como un costo menor a las otras de S/. 224.01 con una resistencia de 261 kgf/cm^2

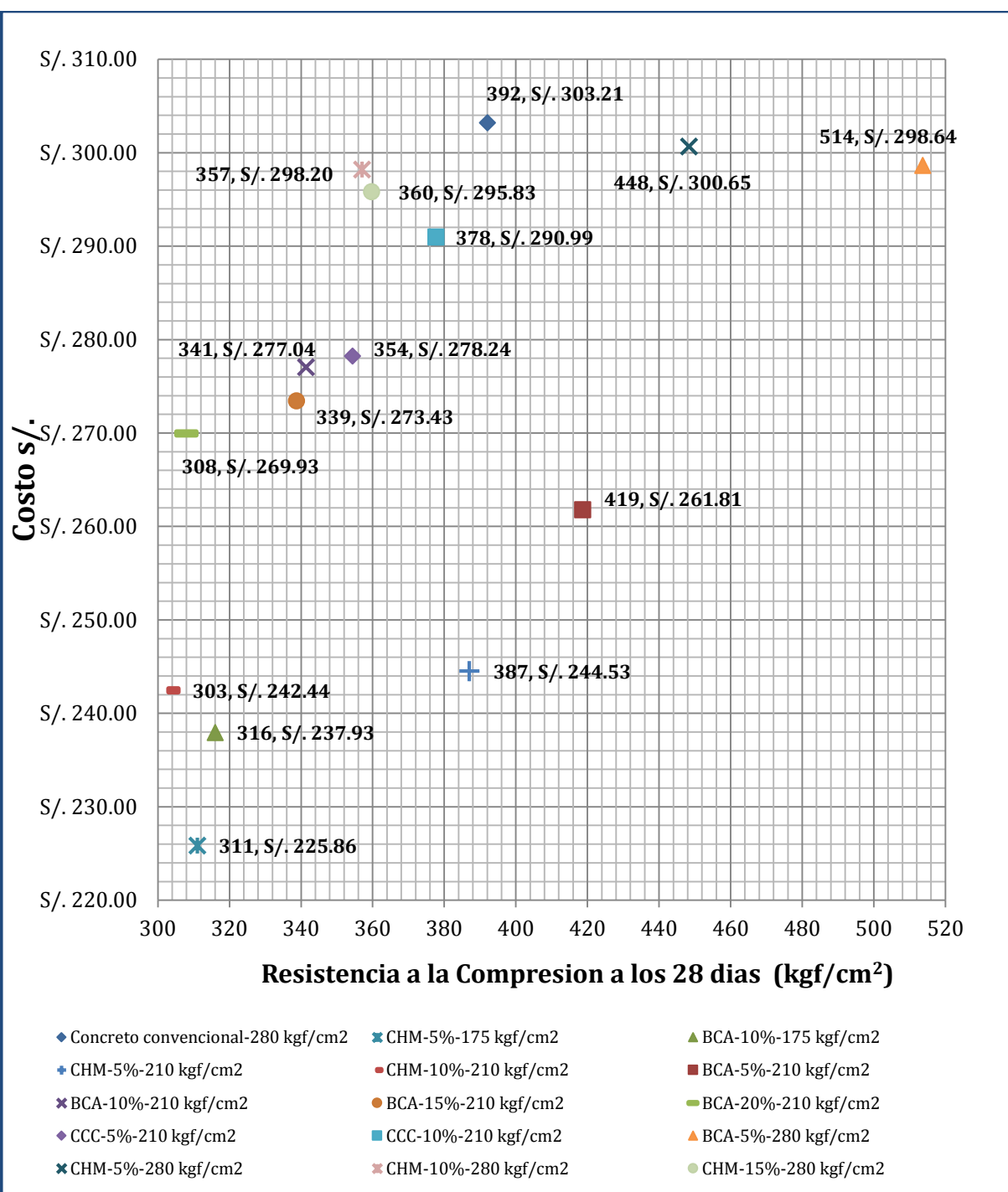


Gráfico N° 63: Costo- Resistencia para diseños $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ – Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente grafica se puede observar que para obtener resistencias de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando el método ACI 211 se puede usar diseños con hasta 20% de cenizas, en este caso al sustituir 5% de cemento por ceniza de hoja de maíz para un diseño de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ nos da como un costo menor a las otras de S/. 225.86 con una resistencia de 311 kgf/cm².

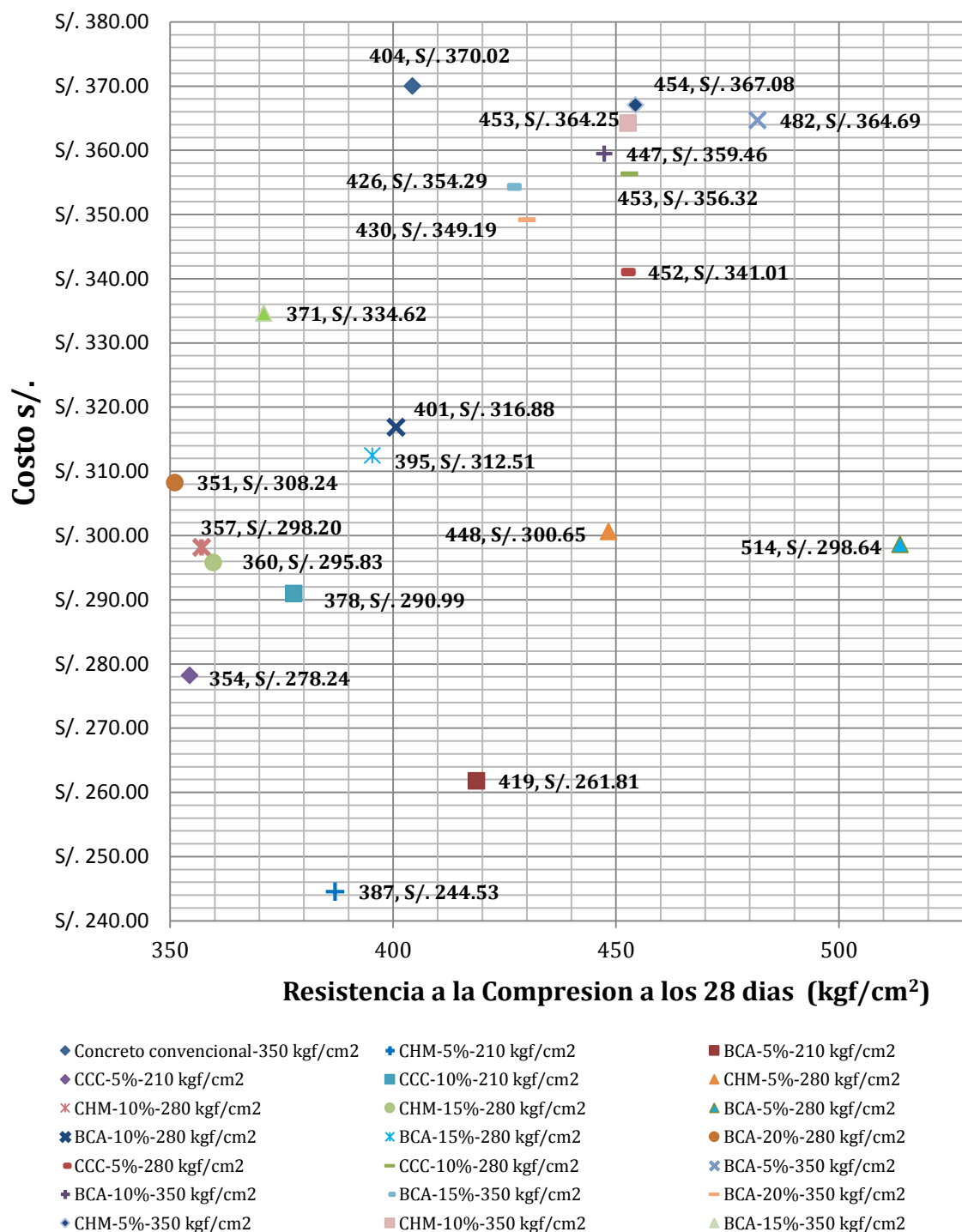


Gráfico N° 64: Costo- Resistencia para diseños $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ – Método ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente grafica se puede observar que para obtener resistencias de $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando el método ACI 211 se puede usar diseños con hasta 20% de cenizas, en este caso al sustituir 5% de cemento por ceniza de hoja de maíz para un diseño de $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ nos da como un costo menor a las otras de S/. 244.53 con una resistencia de 387 kgf/cm².

6.4.2. Comparación de costos de los diseños con el método del Módulo del Fineza de la Combinación de los Agregados

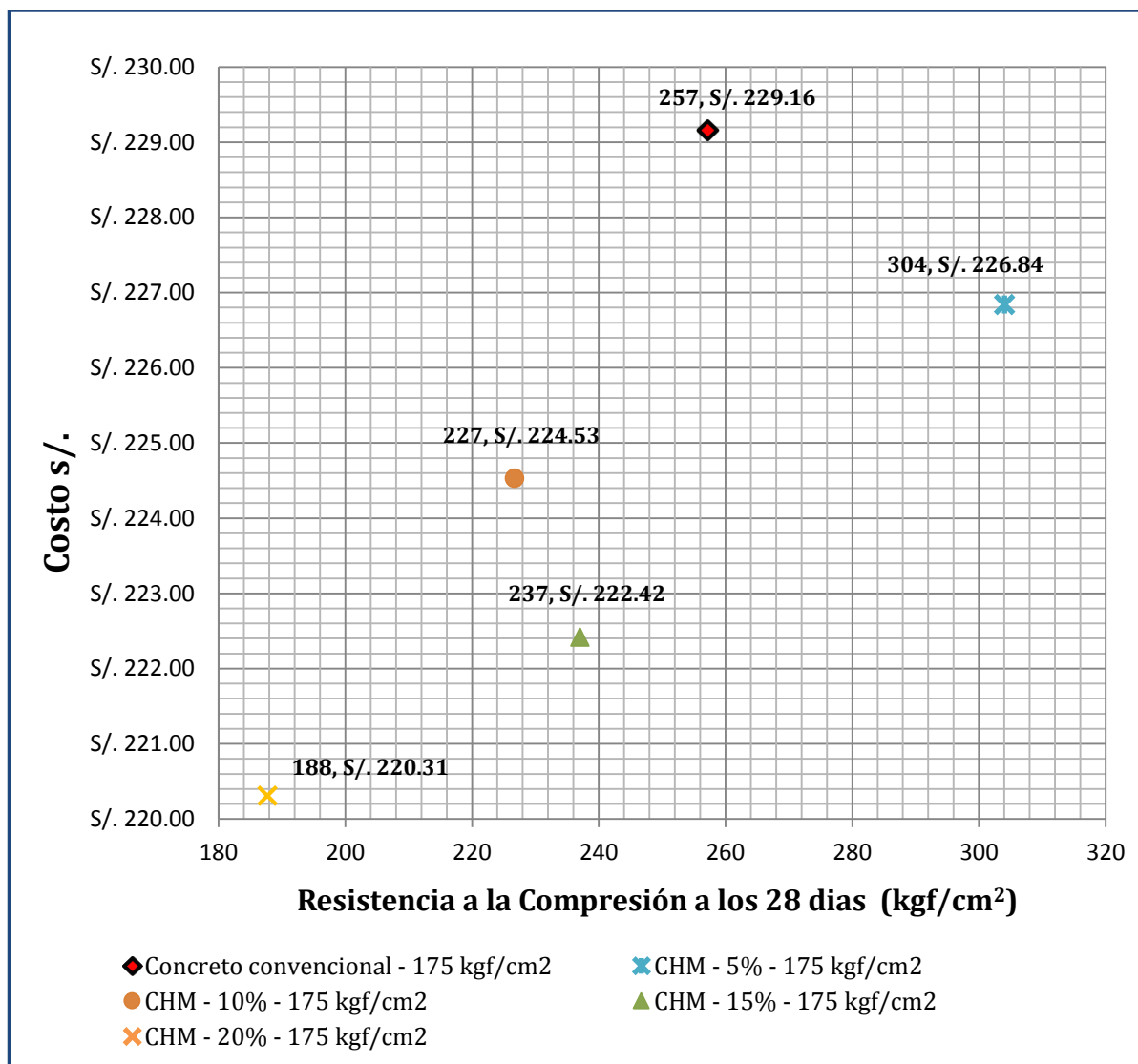


Gráfico N° 65: Costo – Resistencia para diseños $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ – Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 65 se tomó el valor del concreto patrón como nuestro monto máximo, donde podemos observar que los diseños con ceniza de hoja de maíz cumplen satisfactoriamente no solo en costo sino también en resistencia. Se pudo observar que el concreto más económico resulta ser el diseño con 20% de ceniza de hoja de maíz.

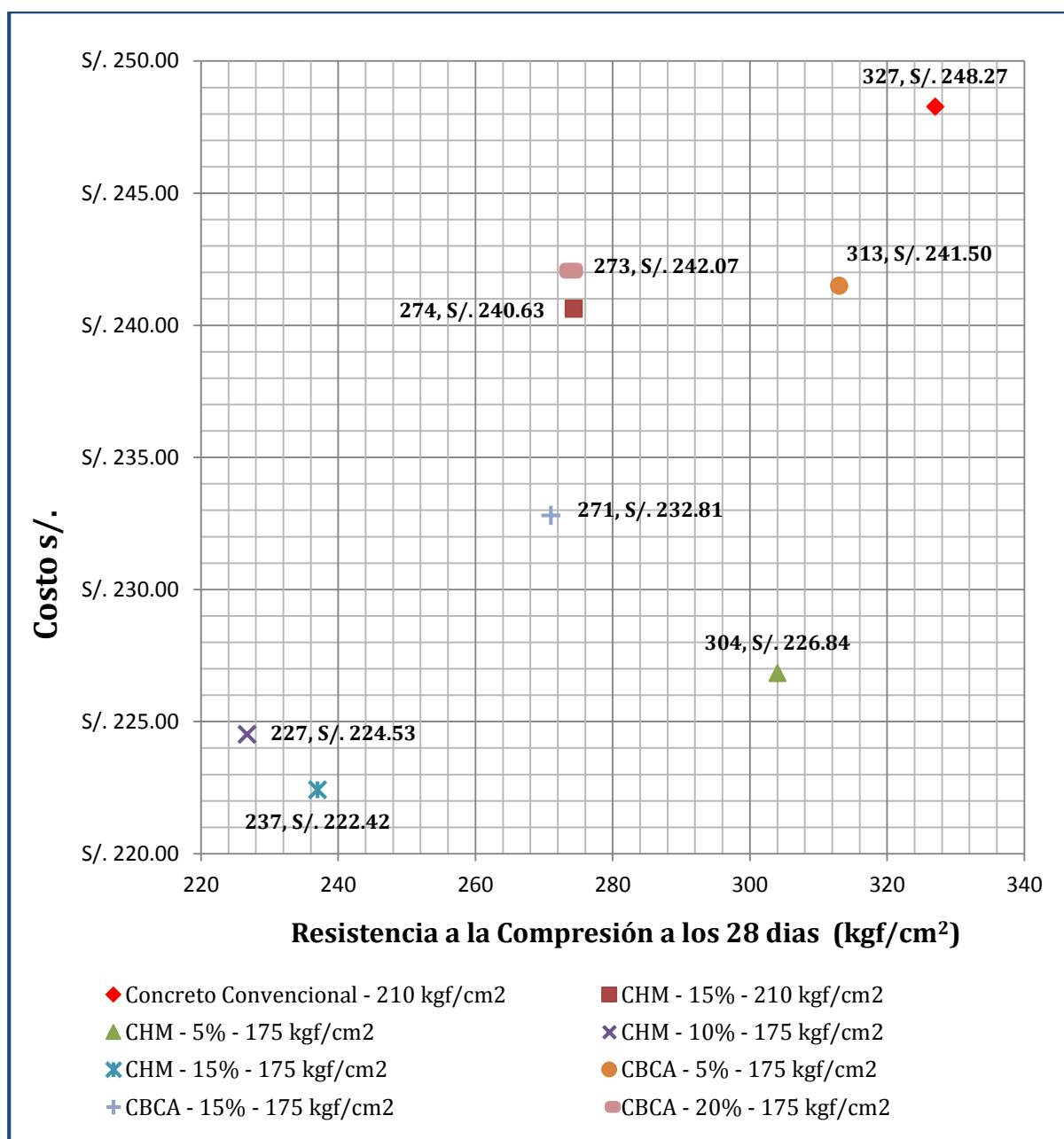


Gráfico N° 66: Costo - Resistencia para diseños $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ – Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

La gráfica N° 66 correspondiente al diseño $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ nos muestra costos más bajos que los correspondientes al concreto patrón y que de igual manera cumplen con la resistencia, aunque no superan la del concreto convencional son claramente superiores a las del diseño. El diseño más económico es el de 15% de ceniza de hoja de maíz con s/ 222.42 soles a diferencia del s/ 248.27 soles que se requiere para el cubo de concreto sin sustitución del cemento.

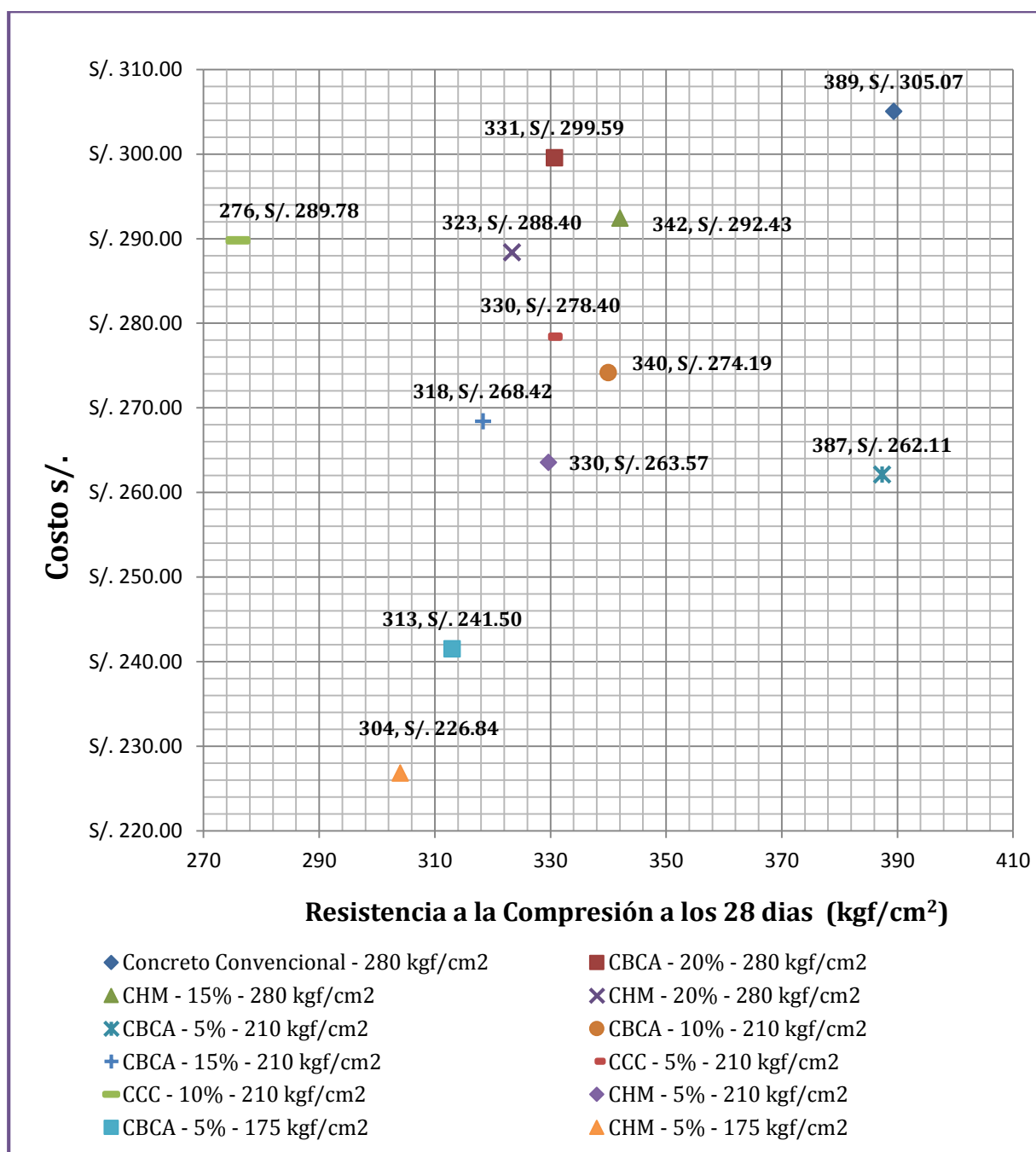


Gráfico N° 67: Costo- Resistencia para diseños $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ – Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente gráfica encontramos diferentes diseños que cumplen con la resistencia y a su vez poseen el costo por m^3 por debajo del concreto convencional, siendo el más económico el diseño $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ con sustitución del 5% de ceniza de hoja de maíz con un valor de s/ 226.84 soles a diferencia de los s/ 305.07 soles que nos costaría el m^3 de concreto convencional. Otro diseño que también resulta con menor costo y una de las mayores resistencias es el de 5% de ceniza de cáscara de cebada con 387 kgf/cm^2 .

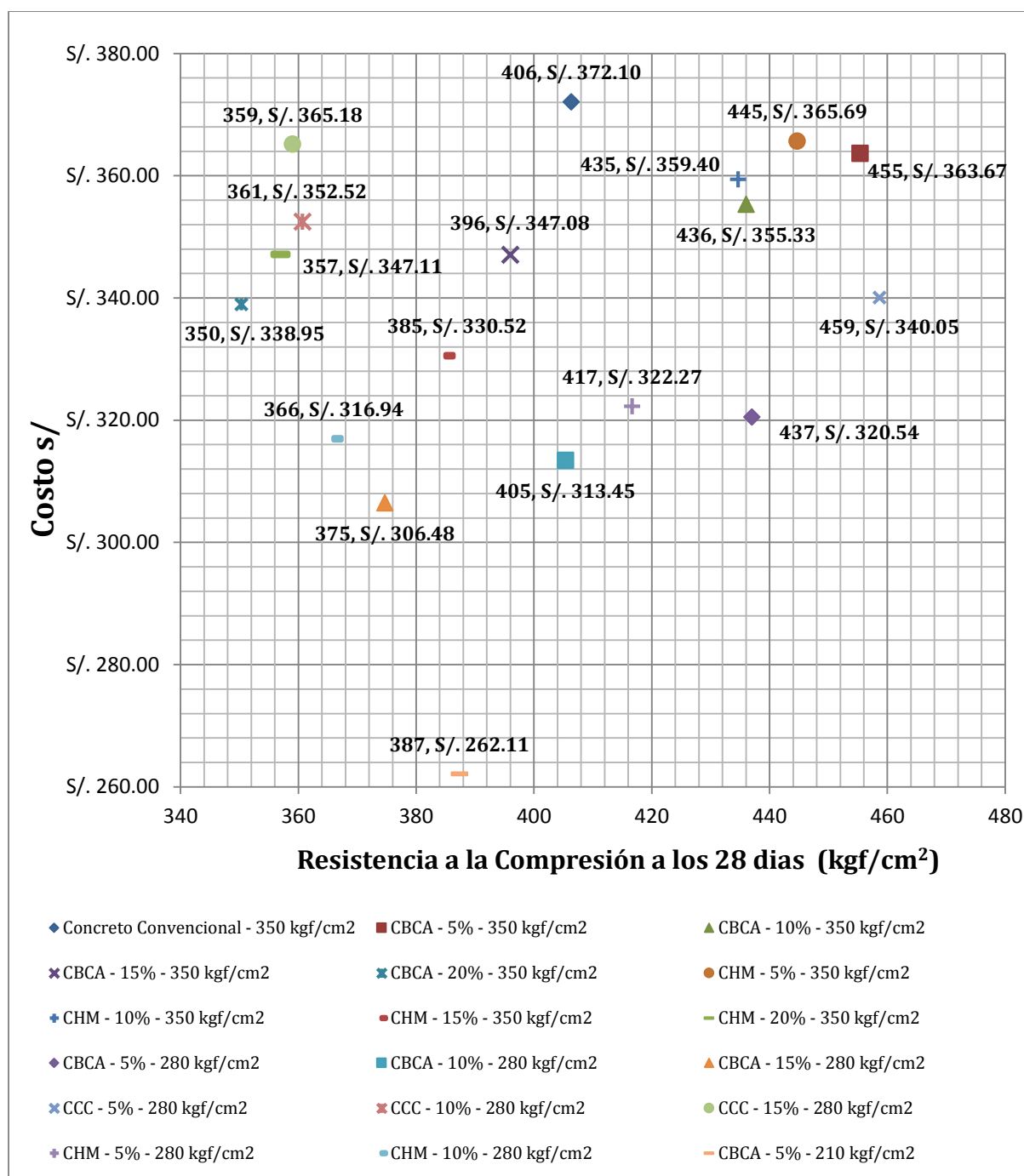


Gráfico N° 68: Costo- Resistencia para diseños $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ – Método del Módulo de Fineza

Fuente: Elaboración Propia

En el presente gráfico encontramos que el concreto más económico resulta ser el diseño con 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar el cual tiene un costo por m^3 de s/ 262.11 soles frente a los s/ 372.10 soles de concreto convencional. También encontramos concretos económicos que superan la resistencia del diseño patrón como es el de 5% ceniza de cáscara de cebada para un diseño $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ que posee una resistencia de $f'c = 459 \text{ kgf/cm}^2$ y que posee un valor de s/ 340.05 soles.

CONCLUSIONES

1. Se determinó el grado de influencia en la resistencia del concreto, sustituyendo parcialmente el cemento por las cenizas estudiadas con las probetas patrón, obteniendo los siguientes resultados:
 - Para el diseño de 175 kgf/cm^2 , los resultados fueron favorables al utilizar el 5%, 10%, 15% y 20% de la ceniza del bagazo de caña de azúcar con el método ACI 211, en comparación a las otras cenizas estudiadas, donde se observó un incremento de la resistencia a los 28 días de 3.7%, 21.4%, 4.6% y 5.2%, y con el método del Módulo de Fineza de 21.6%, 7.8%, 5.3% y 6.1% respectivamente.
 - Para el diseño de 210 kgf/cm^2 , los resultados favorables fueron al utilizar el 5%, 10% y 15% de la ceniza del bagazo de caña de azúcar con el método ACI 211, en comparación a las otras cenizas estudiadas, donde se observó un incremento de la resistencia a los 28 días de 26.4%, 3.0% y 2.2%, en cambio con el método de Módulo de Fineza solo se obtuvo un incremento de 18.5% y 4% utilizando 5% y 10% respectivamente.
 - Para el diseño de 280 kgf/cm^2 , los resultados fueron favorables al utilizar el 5%, 10% y 15% de la ceniza del bagazo de caña de azúcar y cáscara de cebada con el método ACI 211, donde se observó un incremento de 31.0%, 2.2%, 0.9% y de 15.2%, 15.6%, 0.2% respectivamente; en cambio con el método de Módulo de Fineza solo se observa un incremento de 12.2% y 4.1% utilizando 5% y 10% de ceniza del bagazo de la caña de azúcar en comparación de las demás cenizas ya que solo presentan incrementos al utilizar 5% en el diseño.
 - Para el diseño de 350 kgf/cm^2 , los resultados favorables fueron al utilizar el 5%, 10%, 15% y 20% de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar con el método ACI 211, en comparación a las otras cenizas estudiadas, donde se observó un incremento de la resistencia a los 28 días de 19.1%, 10.6%, 5.4% y 6.3%, en cambio con el método de Módulo de Fineza solo se muestra un incremento de 12.1% y 7.3% respectivamente.
2. Se realizó el diseño de mezclas utilizando los métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados para resistencias $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$.

3. Se realizó una comparación entre las cenizas de bagazo de caña de azúcar, cáscara de cebada y hoja de maíz provenientes de diferentes provincias del departamento de Arequipa, de las propiedades obtenidas para cada concreto diseñado con sustitución parcial de este material puzolánico artificial y sin sustitución de esta, obteniendo resultados que fueron utilizados en el análisis comparativo de esta investigación.
4. La relación entre el porcentaje de sustitución del cemento y la resistencia a la compresión en los concretos trabajados es inversamente proporcional, ya que la resistencia disminuye a medida que la cantidad de puzolana aumenta, lo cual es ocasionado por la reducción de la cantidad del cemento.
5. Se evaluaron las propiedades físicas del concreto en estado fresco a través de los ensayos de trabajabilidad, temperatura, contenido de aire, y peso unitario.
6. Los concretos utilizados con cenizas de bagazo de la caña de azúcar y cáscara de cebada presentan problemas de trabajabilidad a medida que la cantidad de puzolana en el concreto aumenta, ocasionando que en los concretos con 15% y 20% de sustitución de cemento por cenizas se tenga que adicionar aditivo Súper-plastificante, teniendo esto en su mayoría de concretos 280 kgf/cm^2 y 350 kgf/cm^2 , en comparación del concreto con ceniza de hoja de maíz que solo se utilizó aditivos plastificantes.
7. La variación entre los valores obtenidos de las propiedades de peso unitario, temperatura y contenido de aire son mínimas, por lo que se concluye que al sustituir el cemento por puzolana artificial no afecta significativamente a estas propiedades.
8. Se pudo realizar una comparación de costos entre el concreto convencional y un concreto con sustitución del cemento por cenizas de hoja de maíz, cáscara de cebada y bagazo de caña de azúcar, logrando el siguiente análisis:
 - Se obtuvo una disminución del costo de hasta 3.33% en comparación al concreto convencional, utilizando ceniza de hoja de maíz con el método ACI esto se debe a que en su mayoría este concreto no presentó problemas de trabajabilidad.
 - El costo más alto fue el del diseño con ceniza de cáscara de cebada y eso es debido a que el valor de adquisición del insumo fue bastante elevado ya que en la ciudad de Arequipa la cebada no es uno de los principales productos agrícolas, sin embargo su resistencia en varios diseños como se muestran en las gráficas son bastante altos.

- Aunque el costo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar fue bastante bajo, cuando se realizó el análisis por diseño pudimos ver que este encareció ligeramente por encima de la hoja de maíz y esto es debido a que por su baja trabajabilidad se tuvo que utilizar en la mayoría de los diseños súper-plastificantes.
 - Mediante las gráficas de Costo – Resistencia podemos encontrar diseños de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ que llegan hasta resistencias de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, logrando de esa manera reducir considerablemente la cantidad de cemento y por ende también el costo.
9. Se evaluaron las resistencias a la compresión obtenidas para diseños $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ para edades de curado de 7, 14 y 28 días, en concretos convencionales y en concretos con sustitución del 5%, 10%, 15% y 20% del cemento por cenizas de bagazo de caña de azúcar, hoja de maíz y cáscara de cebada; cuyos valores se muestran en el punto 5.4 a través de gráficas de barras.
 10. En la caracterización de la ceniza de hoja de maíz se puede apreciar un importante contenido de sílice (31.22%), el cual podría incrementarse si se estudia y desarrolla un proceso más riguroso de obtención del material. Se presentó un 0.65% de humedad y un alto 18.255% de pérdidas por fuego. Ambos elementos se podrían reducir y, por consiguiente, obtener un material más puro, si se estudia mejor el proceso de producción.
 11. En la caracterización de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar se puede apreciar un alto contenido de sílice (67.02%), el cual podría incrementarse si se estudia y desarrolla un proceso más riguroso de obtención del material. Se presentó un 0.37% de humedad y una pérdida por fuego mínima 2.895%. Ambos elementos muestran que se obtuvo un material más puro a comparación de la ceniza de hoja de maíz.
 12. En la caracterización de la ceniza de cáscara de cebada se puede apreciar un alto contenido de sílice (49.62%). Se presentó un 1.19% de humedad y un alto 5.12% de pérdidas por fuego. Estos elementos se podrían reducir y, por consiguiente, obtener un material más puro, si se estudia mejor el proceso de producción.
 13. Los concretos utilizando la ceniza de bagazo de caña de azúcar alcanzaron altas resistencias a la compresión a comparación de las otras puzolanas estudiadas, debido a que presenta mayor cantidad de sílice, observando que nos encontramos en

presencia de un material con la potencialidad de ser usado como sustituto parcial del cemento en las obras, al menos en proporciones que no superen el 20%.



RECOMENDACIONES

1. Es recomendable realizar la molienda de las puzolanas para que estas puedan alcanzar la finura del cemento y permitan mejorar las propiedades reológicas y mecánicas del concreto (Silva & Delvasto, 2014). Además la finura también ayudará a disminuir la segregación y exudación del concreto (Liu, 2010).
2. Es necesario realizar un análisis químico de las cenizas para corroborar que cumplan con las recomendaciones de la norma ASTM C 618-03, en cuanto al nivel de Sílice y Fósforo que estas contienen.
3. Realizar un quemado más homogéneo de los materiales utilizados en esta investigación, por métodos industrializados para obtener mayor porcentaje de SiO_2 en la ceniza, lo cual aumentará la resistencia del concreto.
4. Es recomendable utilizar la ceniza del bagazo de la caña de azúcar y ceniza de la cáscara de cebada hasta en un 10% puesto que a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución su trabajabilidad se hace casi nula.
5. Se recomienda no elevar la relación agua/cemento para aumentar la trabajabilidad del concreto con cenizas (puzolana artificial).
6. Se recomienda utilizar otros tipos de aditivos que nos puedan ayudar a conseguir una mejor trabajabilidad.
7. Se recomienda hacer uso de equipos certificados para poder validar los resultados como es debido.
8. Se recomienda dar más énfasis e importancia a las investigaciones con el uso de desechos agroindustriales para la construcción ya que es una gran alternativa de uso en mezclas de concreto, siempre y cuando cumplan con las exigencias de la norma ASTM C618-03.
9. Se recomienda en el proceso de mezcla seguir las siguientes pautas:
 - Añadir el 100% de arena y ceniza.
 - Añadir el 50% de agua.
 - Añadir el 100% de agregado grueso.
 - Añadir el 100% de cemento.
 - Añadir el 50% del agua.

BIBLIOGRAFIA

1. Águila A, Idalberto y Sosa G, Milena. (2008). *Evaluación físico química de ceniza de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de morteros, como materiales puzolánicos*. Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V, 23 (4), 55-66.
2. Águila A, Idalberto y Sosa G, Milena. (2005). *Evaluación de la hoja del maíz como posible fuente de material puzolánico*. Tecnología y Construcción, 21 (3), 9-18.
3. Iglesias V, Franco y Yupanqui Q, Ronald. (2016). *Utilización de la ceniza de cáscara de arroz del valle de majes como adición al cemento para la elaboración de concreto con resistencias 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 280 kg/cm² y 350 kg/cm² en la Ciudad de Arequipa*. Tesis de Grado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa.
4. Calderón P, Luis y Martínez C, Sara. (2017). *Influencia del tamaño de partícula y del porcentaje de reemplazo de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) por cemento portland tipo I sobre la resistencia a la compresión, actividad puzolánica, y reactividad alcali-silice en morteros modificados*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
5. Chipana Castro, J. (2014). *Proceso de obtención del yeso, cal, cemento y puzolanas*.
6. Dirección general de políticas agrarias(2017) .*Boletín Producción de Caña de Azúcar en el Perú, perspectivas*: Lima
7. Fernández R. Simón E, (2009). *Evaluación de concretos puzolánicos elaborados con contenido ceniza de hoja de maíz para uso estructural*. Tesis de Grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
8. Jiménez Chávez, Geoffrey A. (2016). *Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar*. Tesis de Grado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
9. Lencinas V, Fredd e Incahuanaco Callata, Becker. (2017). *Evaluación de mezclas de concreto con adiciones de ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del cemento portland puzolánico IP en la zona altiplánica*. Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
10. NTP 339.034. HORMIGÓN (CONCRETO). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. 3ª Edición.

11. NTP 339.035. HORMIGÓN (CONCRETO). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. 3ª Edición.
12. NTP 339.046. HORMIGÓN (CONCRETO). *Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)*. 2ª Edición.
13. NTP 339.080 CONCRETO. *Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión*. 3ª Edición.
14. NTP 339.088 HORMIGÓN (CONCRETO). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. 2ª Edición.
15. NTP 339.184. HORMIGÓN (CONCRETO). *Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto)*. 3ª Edición
16. Orlando, B. (2004). *Diseño de Mezclas de Hormigón*: Medellín
17. Pasquel, E.(1992). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*: Lima
18. Rivva, E. (2007). *Diseño de Mezclas* :Lima
19. Sistema Integrado de Estadística Agraria (2017). *Boletín Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2017 II – Trimestre*: Lima
20. Soria S, Francisco. (1963). *Puzolanas y cementos puzolánicos*. Revista Materiales de Construcción, 13 (111), 47-59
21. Salazar J., A. (2002). *”Síntesis de la tecnología del concreto. Una manera de entender a los materiales compuestos”*, 3ª Edición, Corporación Construir: Cali

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Contenido de ceniza y sílice en residuos agrícolas	10
Tabla N° 2: Comparación de composiciones químicas de cenizas obtenidas en diferentes estudios ...	17
Tabla N° 3: Perú Producción de caña de azúcar	22
Tabla N° 4: Resultados del Análisis Químicos para la CBCA, CHM Y CCC	26
Tabla N° 5: Trabajabilidad, revenimiento y factor de compactación de concretos con tamaño máximo de agregado de ¾” a 1 ½” (19 mm a 38 mm).....	29
Tabla N° 6: Datos del análisis granulométrico de la CHM.....	37
Tabla N° 7: Resultados corregidos del análisis granulométrico de la CHM.....	37
Tabla N° 8: Datos para obtener el peso específico y absorción de la CHM	40
Tabla N° 9: Resultados de los pesos específicos de la CHM.....	40
Tabla N° 10: Contenido de humedad de la CHM	42
Tabla N° 11: Datos del análisis granulométrico de la CCC.....	43
Tabla N° 12: Resultados corregidos del análisis granulométrico de la CCC.....	43
Tabla N° 13: Datos para obtener el peso específico y absorción de la CCC	46
Tabla N° 14: Pesos específicos de la CCC	47
Tabla N° 15: Contenido de humedad de la CCC	48
Tabla N° 16: Datos del análisis granulométrico de la CBCA.....	50
Tabla N° 17: Resultados corregidos del análisis granulométrico de la CBCA.....	50
Tabla N° 18: Datos para obtener el peso específico y absorción de la CBCA	53
Tabla N° 19: Resultados de los pesos específicos de la CBCA.....	54
Tabla N° 20: Contenido de humedad de la CBCA	55
Tabla N° 21: Límites para el análisis granulométrico del agregado grueso	57
Tabla N° 22: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso	58
Tabla N° 23: Datos del análisis granulométrico del agregado grueso	60
Tabla N° 24: Resultados corregidos del análisis granulométrico del agregado grueso	61
Tabla N° 25: Límites y husos del agregado grueso	61
Tabla N° 26: Datos para obtener los pesos específicos y absorción del agregado grueso.....	66
Tabla N° 27: Resultados de los pesos específicos del agregado grueso	66
Tabla N° 28: Absorción del agregado grueso	66
Tabla N° 29: Contenido de humedad del agregado grueso.....	68
Tabla N° 30: Requisitos de moldes cilíndricos	68
Tabla N° 31: Peso unitario seco suelto del agregado grueso	71
Tabla N° 32: Peso unitario seco compactado del agregado grueso	71
Tabla N° 33: Cantidad de materiales según el grado de la muestra.....	73
Tabla N° 34: Número de esferas según el grado de la muestra	74
Tabla N° 35: Valores obtenidos en el tamizado.....	75
Tabla N° 36: Datos obtenidos del ensayo de abrasión.....	75
Tabla N° 37: Análisis granulométricos para el Agregado Fino	77
Tabla N° 38: Datos del análisis granulométrico del agregado fino	79
Tabla N° 39: Resultados corregidos del análisis granulométrico del agregado fino	79
Tabla N° 40: Datos para obtener los pesos específicos y absorción del agregado fino	85
Tabla N° 41: Resultados de los pesos específicos del agregado fino	85
Tabla N° 42: Absorción del agregado fino	86
Tabla N° 43: Contenido de humedad del agregado fino.....	87
Tabla N° 44: Peso unitario seco suelto del agregado fino	90
Tabla N° 45: Peso unitario seco compactado del agregado fino.....	90

Tabla N° 46: Análisis físico - químico del Agua	92
Tabla N° 47: Diseños con y sin aditivo (Plastificante y Súper-plastificante)	93
Tabla N° 48: Resistencia a la compresión promedio	94
Tabla N° 49: Consistencia y Asentamiento	95
Tabla N° 50: Contenido de aire atrapado	95
Tabla N° 51: Volumen de agua por m ³	96
Tabla N° 52: Relación agua/cemento por resistencia	96
Tabla N° 53: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto	99
Tabla N° 54: Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados	103
Tabla N° 55: Diseño de Mezclas sin cenizas f'c = 175 kgf/cm ²	107
Tabla N° 56: Diseño de Mezclas sin cenizas f'c = 210 kgf/cm ²	107
Tabla N° 57: Diseño de Mezclas sin cenizas f'c = 280 kgf/cm ²	108
Tabla N° 58: Diseño de Mezclas sin cenizas f'c = 350 kgf/cm ²	108
Tabla N° 59: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CBCA f'c = 175 kgf/cm ²	109
Tabla N° 60: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CBCA f'c = 210 kgf/cm ²	109
Tabla N° 61: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CBCA f'c = 280 kgf/cm ²	110
Tabla N° 62: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CBCA f'c = 350 kgf/cm ²	110
Tabla N° 63: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CBCA f'c = 175 kgf/cm ²	111
Tabla N° 64: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CBCA f'c = 210 kgf/cm ²	111
Tabla N° 65: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CBCA f'c = 280 kgf/cm ²	112
Tabla N° 66: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CBCA f'c = 350 kgf/cm ²	112
Tabla N° 67: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CBCA f'c = 175 kgf/cm ²	113
Tabla N° 68: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CBCA f'c = 210 kgf/cm ²	113
Tabla N° 69: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CBCA f'c = 280 kgf/cm ²	114
Tabla N° 70: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CBCA f'c = 350 kgf/cm ²	114
Tabla N° 71: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CBCA f'c = 175kgf/cm ²	115
Tabla N° 72: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CBCA f'c = 210 kgf/cm ²	115
Tabla N° 73: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CBCA f'c = 280 kgf/cm ²	116
Tabla N° 74: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CBCA f'c = 350 kgf/cm ²	116
Tabla N° 75: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CCC f'c = 175 kgf/cm ²	117
Tabla N° 76: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CCC f'c = 210 kgf/cm ²	117
Tabla N° 77: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CCC f'c = 280 kgf/cm ²	118
Tabla N° 78: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CCC f'c = 350 kgf/cm ²	118
Tabla N° 79 : Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CCC f'c = 175 kgf/cm ²	119
Tabla N° 80: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CCC f'c = 210 kgf/cm ²	119
Tabla N° 81: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CCC f'c = 280kgf/cm ²	120
Tabla N° 82: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CCC f'c = 350 kgf/cm ²	120
Tabla N° 83: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CCC f'c = 175 kgf/cm ²	121
Tabla N° 84: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CCC f'c = 210 kgf/cm ²	121
Tabla N° 85: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CCC f'c = 280 kgf/cm ²	122
Tabla N° 86: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CCC f'c = 350 kgf/cm ²	122
Tabla N° 87: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CCC f'c = 175 kgf/cm ²	123
Tabla N° 88: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CCC f'c = 210 kgf/cm ²	123
Tabla N° 89: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CCC f'c = 280 kgf/cm ²	124
Tabla N° 90: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CCC f'c = 350 kgf/cm ²	124
Tabla N° 91: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CHM f'c = 175 kgf/cm ²	125
Tabla N° 92 : Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CHM f'c = 210 kgf/cm ²	125
Tabla N° 93: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CHM f'c = 280 kgf/cm ²	126

Tabla N° 94: Diseño de Mezclas sustituyendo el 5% del cemento por CHM $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$	126
Tabla N° 95: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CHM $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$	127
Tabla N° 96: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CHM $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	127
Tabla N° 97: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CHM $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	128
Tabla N° 98: Diseño de Mezclas sustituyendo el 10% del cemento por CHM $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$	128
Tabla N° 99: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CHM $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$	129
Tabla N° 100: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CHM $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	129
Tabla N° 101: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CHM $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$...	130
Tabla N° 102: Diseño de Mezclas sustituyendo el 15% del cemento por CHM $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$...	130
Tabla N° 103: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CHM $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$...	131
Tabla N° 104: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CHM $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$...	131
Tabla N° 105: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CHM $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$...	132
Tabla N° 106: Diseño de Mezclas sustituyendo el 20% del cemento por CHM $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$..	132
Tabla N° 107: Asentamientos para concretos con CBCA, CCC Y CHM	136
Tabla N° 108: Asentamientos para concretos con CBCA, CCC Y CHM	137
Tabla N° 109: Pesos unitarios para concretos con CBCA, CCC Y CHM	140
Tabla N° 110: Temperaturas obtenidas para concretos con CBCA, CCC Y CHM	142
Tabla N° 111: Contenido de aire obtenidas para concretos con CBCA, CCC y CHM	147
Tabla N° 112: Tolerancia permisible para ensayar las probetas a determinada edad	148
Tabla N° 113: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método ACI 211 para diseños de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$	151
Tabla N° 114: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método ACI 211 para diseños de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	151
Tabla N° 115: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método ACI 211 para diseños de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	151
Tabla N° 116: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método ACI 211 para diseños de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$	152
Tabla N° 117: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método Modulo de Fineza para diseños de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$	152
Tabla N° 118: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método Modulo de Fineza para diseños de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	152
Tabla N° 119: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método Modulo de Fineza para diseños de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	153
Tabla N° 120: Resistencia a la compresión de concretos con CBCA, CCC Y CHM obtenidas por el Método Modulo de Fineza para diseños de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$	153
Tabla N° 121: Resistencia a la compresión de concretos convencionales obtenidas por el Método ACI 211 y el Método Modulo de Fineza.....	153
Tabla N° 122: Densidad del concreto en estado endurecido.....	170
Tabla N° 123: Propiedades Mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido	215
Tabla N° 124: Concreto Convencional $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211	216
Tabla N° 125: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	216
Tabla N° 126: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	217
Tabla N° 127: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	217
Tabla N° 128: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	217

Tabla N° 129: Concreto Convencional $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza.....	218
Tabla N° 130: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	218
Tabla N° 131: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	218
Tabla N° 132: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	219
Tabla N° 133: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	219
Tabla N° 134: Concreto Convencional $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211	219
Tabla N° 135: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	220
Tabla N° 136: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	220
Tabla N° 137: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	220
Tabla N° 138: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	221
Tabla N° 139: Concreto Convencional $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza	221
Tabla N° 140: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza.....	221
Tabla N° 141: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza.....	222
Tabla N° 142: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza.....	222
Tabla N° 143: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza.....	222
Tabla N° 144: Concreto Convencional $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211	223
Tabla N° 145: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	223
Tabla N° 146: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	223
Tabla N° 147: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	224
Tabla N° 148: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	224
Tabla N° 149: Concreto Convencional $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza	224
Tabla N° 150: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza.....	225
Tabla N° 151: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza.....	225
Tabla N° 152: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza.....	225
Tabla N° 153: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de Fineza.....	226
Tabla N° 154: Concreto Convencional $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211	226
Tabla N° 155: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	226

Tabla N° 156: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	227
Tabla N° 157: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	227
Tabla N° 158: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	227
Tabla N° 159: Concreto Convencional $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método de Módulo de fineza.....	228
Tabla N° 160: Concreto con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de fineza	228
Tabla N° 161: Concreto con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza	228
Tabla N° 162: Concreto con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza	229
Tabla N° 163: Concreto con 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza	229
Tabla N° 164: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	230
Tabla N° 165: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	230
Tabla N° 166: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	230
Tabla N° 167: Concreto con 20% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	231
Tabla N° 168: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza	231
Tabla N° 169: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza	231
Tabla N° 170: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza	232
Tabla N° 171: Concreto con 20% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza	232
Tabla N° 172: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	232
Tabla N° 173: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	233
Tabla N° 174: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	233
Tabla N° 175: Concreto con 20% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	233
Tabla N° 176: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	234
Tabla N° 177: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	234
Tabla N° 178: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	234
Tabla N° 179: Concreto con 20% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	235

Tabla N° 180: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	235
Tabla N° 181: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	235
Tabla N° 182: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	236
Tabla N° 183: Concreto con 20% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	236
Tabla N° 184: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	236
Tabla N° 185: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	237
Tabla N° 186: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	237
Tabla N° 187: Concreto con 20% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	237
Tabla N° 188: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	238
Tabla N° 189: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	238
Tabla N° 190: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	238
Tabla N° 191: Concreto con 5% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	239
Tabla N° 192: Concreto con 10% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	239
Tabla N° 193: Concreto con 15% de Ceniza de Cáscara de cebada para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	239
Tabla N° 194: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	240
Tabla N° 195: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	240
Tabla N° 196: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	241
Tabla N° 197: Concreto con 20% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	241
Tabla N° 198: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	241
Tabla N° 199: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	242
Tabla N° 200: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	242
Tabla N° 201: Concreto con 20% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	242
Tabla N° 202: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	243
Tabla N° 203: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	243

Tabla N° 204: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	243
Tabla N° 205: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	244
Tabla N° 206: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	244
Tabla N° 207: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	244
Tabla N° 208: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	245
Tabla N° 209: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	245
Tabla N° 210: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	245
Tabla N° 211: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	246
Tabla N° 212: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	246
Tabla N° 213: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	246
Tabla N° 214: Concreto con 20% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	247
Tabla N° 215: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	247
Tabla N° 216: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	247
Tabla N° 217: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método ACI 211.....	248
Tabla N° 218: Concreto con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	248
Tabla N° 219: Concreto con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	248
Tabla N° 220: Concreto con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	249
Tabla N° 221: Concreto con 20% de Ceniza de Hoja de Maíz para $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ - Método Módulo de Fineza	249

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Plantación de Maíz ubicado en la localidad del Pedregal	12
Figura N° 2: Plantación de Maíz ubicado en la localidad de Arequipa	12
Figura N° 3: Hoja de maíz completamente húmeda	13
Figura N° 4: Secado de la hoja de maíz	13
Figura N° 5: Material (Hoja de Maíz) después de la incineración	14
Figura N° 6: Traslado de la hoja de maíz a Chucarapi-Pampa Blanca para la incineración ..	14
Figura N° 7: Ceniza de la hoja de maíz después de la molienda	15
Figura N° 8: Molienda de la hoja de maíz	15
Figura N° 9: Tamizado de la ceniza de hoja de maíz por la malla N° 50.....	15
Figura N° 10: Ceniza de hoja de maíz	16
Figura N° 11: Cultivo de cebada, ubicado en el distrito de Chuquibamba, Provincia de Condesuyo	18
Figura N° 12: Molino donde se almacena la cáscara de cebada.....	19
Figura N° 13: Ceniza de cáscara de cebada	20
Figura N° 14: Molienda de la cáscara de cebada	20
Figura N° 15: Tamizado de la ceniza de cáscara de cebada	21
Figura N° 16: Molienda de la ceniza de bagazo de la caña de azúcar	24
Figura N° 17: Tamizado del bagazo de caña de azúcar	25
Figura N° 18: Análisis Granulométrico de la CHM	36
Figura N° 19: Curva granulométrica de la ceniza de hoja de maíz	38
Figura N° 20: Secado de la muestra de CHM con la estufa.....	38
Figura N° 21: Comprobación si la muestra de CHM se encuentra en condiciones (SSS)	39
Figura N° 22: Peso de la muestra seca de CHM.....	41
Figura N° 23: Análisis Granulométrico de la CCC	42
Figura N° 24: Curva granulométrica de la ceniza de cáscara de cebada	44
Figura N° 25: Secado de la muestra de CCC con la estufa.....	44
Figura N° 26: Comprobación si la muestra de CCC se encuentra en condiciones (SSS).....	45
Figura N° 27: Peso de la fiola con la muestra después de eliminar el aire por 20 minutos.....	46
Figura N° 28: Peso de la muestra seca de CCC	48
Figura N° 29: Análisis Granulométrico de la CBCA	49
Figura N° 30: Curva de la ceniza de caña de azúcar	51
Figura N° 31: Secado de la muestra de CBCA con la estufa.....	51
Figura N° 32: Comprobación si la muestra de CBCA se encuentra en condiciones (SSS).....	52
Figura N° 33: Peso de la probeta con la muestra después de eliminar el aire por 20 minutos	53
Figura N° 34: Peso de la muestra seca de CBCA	55
Figura N° 35: Material (agregado grueso) retenido en la malla $\frac{3}{4}$ "	59
Figura N° 36: Análisis granulométrico del agregado grueso.....	59
Figura N° 37: Curva granulométrica del agregado grueso	62
Figura N° 38: Secado superficialmente seco del agregado grueso	64
Figura N° 39: Balanza hidrostática	65
Figura N° 40: Peso unitario seco suelto del agregado grueso.....	69

Figura N° 41: Peso unitario seco envarillado del agregado grueso	70
Figura N° 42: Muestras de agregado grueso para el ensayo de abrasión	73
Figura N° 43: Maquina de los ángeles.....	74
Figura N° 44: Análisis granulométrico del agregado fino	78
Figura N° 45: Curva granulométrica del agregado fino.....	80
Figura N° 46: Secado de la muestra de agregado fino con la estufa.....	82
Figura N° 47: Comprobación si la muestra de agregado fino se encuentra en condiciones (SSS) según la NTP 400.022	83
Figura N° 48: Peso del matraz aforado con la muestra después de eliminar el aire por 20 minutos	84
Figura N° 49: Muestras de fino después de estar en el horno por 24 horas.....	84
Figura N° 50: Peso unitario seco suelto del agregado fino	88
Figura N° 51: Peso del molde con la muestra después del compactado.....	89
Figura N° 52: Llenado del Cono de Abrams	134
Figura N° 53: Compactado de cada capa con la varilla de acero	135
Figura N° 54: Medición del asentamiento del concreto con CHM.....	135
Figura N° 55: Ensayo de peso unitario del concreto fresco.....	138
Figura N° 56 : Golpear 4 veces en cada lado del molde con el martillo de goma.....	138
Figura N° 57: Peso del molde de acero lleno con concreto en estado fresco	139
Figura N° 58: Control de la Temperatura con la ayuda del termómetro	141
Figura N° 59: Compactado con la varilla en la olla de Washington.....	144
Figura N° 60: Colocado de la tapa (Washington) para el cierre hermético	144
Figura N° 61: Introduciendo el agua con la pipeta	145
Figura N° 62: Bombeando aire hasta que marque cero el dial	145
Figura N° 63: Contenido de Aire del concreto con CHM	146
Figura N° 64: Instrumento Washington.....	146
Figura N° 65: Elaborado de las probetas cilíndricas de acuerdo a la NTP 339.183.....	148
Figura N° 66: Probetas listas para ser ensayadas en la compresora	149
Figura N° 67: Colocado de la probeta en la compresora	149
Figura N° 68: Fractura diagonal- Tipo V, según la NTP 339.034.....	150

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración N° 1: Ubicación de la localidad: El Pedregal	11
Ilustración N° 2: Ubicación del Molino donde se adquirió la cáscara de cebada.....	18
Ilustración N° 3: Ubicación de la central Azucarera Chucarapi-Pampa Blanca.....	23

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Comparación del slump para una resistencia de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$	154
Gráfico N° 2: Comparación del slump para una resistencia de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	155
Gráfico N° 3: Comparación del slump para una resistencia de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	156
Gráfico N° 4: Comparación del slump para una resistencia de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$	157
Gráfico N° 5: Comparación de la temperatura para una resistencia de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$	158
Gráfico N° 6: Comparación de la temperatura para una resistencia de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	159
Gráfico N° 7: Comparación de la temperatura para una resistencia de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	160
Gráfico N° 8: Comparación de la temperatura para una resistencia de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$	161
Gráfico N° 9: Peso unitario del concreto fresco para concretos de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$	162
Gráfico N° 10: Peso unitario del concreto fresco para concretos de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	163
Gráfico N° 11: Peso unitario del concreto fresco para concretos de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	164
Gráfico N° 12: Peso unitario del concreto fresco para concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$	165
Gráfico N° 13: Contenido de aire del concreto fresco para diseños de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$	166
Gráfico N° 14: Contenido de aire del concreto fresco para diseños de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	167
Gráfico N° 15: Contenido de aire del concreto fresco para diseños de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	168
Gráfico N° 16: Contenido de aire del concreto fresco para diseños de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$	169
Gráfico N° 17: Comparación de resistencias a la compresión para concretos $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ a los 7 días.....	171
Gráfico N° 18: Comparación de resistencias a la compresión para concretos $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ a los 7 días.....	172
Gráfico N° 19: Comparación de resistencias a la compresión para concretos $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ a los 7 días.....	173
Gráfico N° 20: Comparación de resistencias a la compresión para concretos $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ a los 7 días.....	174
Gráfico N° 21: Comparación de resistencias a la compresión para concretos $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ a los 14 días.....	175
Gráfico N° 22: Comparación de resistencias a la compresión para concretos $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ a los 14 días.....	176
Gráfico N° 23: Comparación de resistencias a la compresión para concretos $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ a los 14 días.....	177
Gráfico N° 24: Comparación de resistencias a la compresión para concretos $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ a los 14 días.....	178
Gráfico N° 25: Comparación de resistencias a la compresión para concretos $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ a los 28 días.....	179
Gráfico N° 26: Comparación de resistencias a la compresión para concretos $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ a los 28 días.....	180
Gráfico N° 27: Comparación de resistencias a la compresión para concretos $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ a los 28 días.....	181
Gráfico N° 28: Comparación de resistencias a la compresión para concretos $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ a los 28 días.....	182
Gráfico N° 29: Comparación entre concretos de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	183

Gráfico N° 30: Comparación entre concretos de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	184
Gráfico N° 31: Comparación entre concretos de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	185
Gráfico N° 32: Comparación entre concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	186
Gráfico N° 33: Comparación entre concretos de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	187
Gráfico N° 34: Comparación entre concretos de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	188
Gráfico N° 35: Comparación entre concretos de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	189
Gráfico N° 36: Comparación entre concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	190
Gráfico N° 37: Comparación entre concretos de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	191
Gráfico N° 38: Comparación entre concretos de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	192
Gráfico N° 39: Comparación entre concretos de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	193
Gráfico N° 40: Comparación entre concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	194
Gráfico N° 41: Comparación entre concretos de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211.....	195
Gráfico N° 42: Comparación entre concretos de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211	196
Gráfico N° 43: Comparación entre concretos de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211	197
Gráfico N° 44: Comparación entre concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211	198
Gráfico N° 45: Comparación entre concretos de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	199
Gráfico N° 46: Comparación entre concretos de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	200
Gráfico N° 47: Comparación entre concretos de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	201
Gráfico N° 48: Comparación entre concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 5% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	202
Gráfico N° 49: Comparación entre concretos de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	203
Gráfico N° 50: Comparación entre concretos de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	204
Gráfico N° 51: Comparación entre concretos de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	205

Gráfico N° 52: Comparación entre concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 10% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	206
Gráfico N° 53: Comparación entre concretos de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	207
Gráfico N° 54: Comparación entre concretos de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	208
Gráfico N° 55: Comparación entre concretos de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	209
Gráfico N° 56: Comparación entre concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 15% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	210
Gráfico N° 57: Comparación entre concretos de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	211
Gráfico N° 58: Comparación entre concretos de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	212
Gráfico N° 59: Comparación entre concretos de $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	213
Gráfico N° 60: Comparación entre concretos de $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando 20% de puzolana artificial para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza ...	214
Gráfico N° 61: Costo - Resistencia para diseños $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ – Método ACI 211	250
Gráfico N° 62: Costo-Resistencia para diseños $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ – Método ACI 211	251
Gráfico N° 63: Costo- Resistencia para diseños $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ – Método ACI 211	252
Gráfico N° 64: Costo- Resistencia para diseños $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ – Método ACI 211	253
Gráfico N° 65: Costo- Resistencia para diseños $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ – Método del Módulo de Fineza	254
Gráfico N° 66: Costo- Resistencia para diseños $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ – Método del Módulo de Fineza	255
Gráfico N° 67: Costo- Resistencia para diseños $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ – Método del Módulo de Fineza	256
Gráfico N° 68: Costo- Resistencia para diseños $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ – Método del Módulo de Fineza	257

ANEXOS

Anexo 01: Constancia del laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Católica de Santa María

Anexo 02: Análisis químico de la cenizas de Hoja de Maíz y Bagazo de la Caña de Azúcar

Anexo 03: Análisis químico de la ceniza de Cáscara de Cebada

Anexo 04: Ensayo Físico- Químico del Agua utilizada para la elaboración del concreto

Anexo 05: Hoja Técnica - Sika® Cem Plastificante





UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONSTANCIA

El que suscribe, **Dr. Ing. Alejandro Hidalgo Valdivia** Coordinador de Laboratorio de Suelos y Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa,

HACE CONSTAR

Que el (los) Señor(es) Bachiller(es) en Ingeniería Civil:

ELIZABETH VERÓNICA APAZA LAZO
JOSELYNN LISSET SALCEDO TEJEDA

(COD - 2009243492)
(COD - 2009100752)

Han realizado los ensayos en el Laboratorio de Suelos y Concreto correspondientes a su trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con la tesis denominada:

"INFLUENCIA DE LA CENIZA DE HOJA DE MAÍZ, CÁSCARA DE CEBADA Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (MATERIALES PUZOLÁNICOS ARTIFICIALES), COMO SUSTITUTOS PARCIALES DEL CEMENTO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PARA DISEÑOS $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ Y $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"

Los ensayos efectuados por las señoritas Bachilleres fueron los siguientes:

DESCRIPCIÓN	C.U al 25%	CANTIDAD	TOTAL
Contenido de Humedad de Agregados	5.00	15.00	75.00
Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso	11.25	1.00	11.25
Peso Específico y Absorción de Agregado Fino	11.25	5.00	56.25
Peso Unitario Suelto	6.25	12.00	75.00
Peso Unitario Varillado	8.75	12.00	105.00
Abrasión Los Ángeles (L.A.) al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores a 1 1/2"	27.50	1.00	27.50
Compresión de Probetas de Concreto de 4" y 6"	3.00	938.00	2814.00
Análisis Granulométrico por Tamizado	10.00	5.00	50.00
TOTAL			3214.00

El costo total de los ensayos realizados asciende a: S/. 3,214.00

El costo cancelado por dichos ensayos asciende a: S/. 500.00* (Comprobante BO17-00001755)

*Según autorización de la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Concreto, se llevaron a cabo entre el 08/07/2018 y el 06/12/18.

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para continuidad en el trámite de titulación.

Arequipa, 11 De diciembre Del 2018

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Alejandro Hidalgo Valdivia
Dr. Ing. ALEJANDRO VÍCTOR HIDALGO VALDIVIA
COORDINADOR DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL
EPIC - PARGA - CAMPUS PARQUE INDUSTRIAL



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-18-07799

Fecha de emisión: 04/12/2018

Página 1 de 1

Señores: APAZA LAZO ELIZABETH VERONICA
Dirección: SANCHEZ CERRO 220 PAUCARPATA AREQUIPA
Atención: SALCEDO TEJEDA JOSELYNN LISSET
Recepción: 29/11/2018
Realización: 29/11/2018
Observación: El Laboratorio no realiza la toma de muestra

Métodos ensayados

- *2043 Método de Ensayo para Manganese por Fusión Alcalina - Absorción Atómica
- *2049 Método de Ensayo para Magnesio fusión alcalina - Absorción Atómica
- *511 Método de Ensayo para Aluminio por Fusión Alcalina - Absorción Atómica
- *517 Método de Ensayo para Calcio por Digestión Ácida - Absorción Atómica
- *531 Método de Ensayo para Silice por Fusión Alcalina - Gravimetría
- *545 Método de Ensayo para Hierro por Fusión alcalina - Absorción Atómica
- *567 Método de Ensayo para Sulfatos por Digestión Específica - Fotometría
- *569 Método de ensayo para sodio por digestion especifica - absorción atómica
- *570 Método de Ensayo para Potasio por Digestión Específica - Absorción Atómica
- *582 Determinación de pérdidas de calcinación por Gravimetría (LOI)

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*2043		*2049		*511		*517		*531	*545
				Mn	Mn2O3	Mg	MgO	Al	Al2O3	Ca	CaO	SiO2	Fe
MN18014427	CENIZA DE HOJA DE MAIZ	No proporcionado por el cliente.	Ceniza	0,437	0,628	2,22	3,67	3,325	6,283	2,08	2,91	31,22	2,55
MN18014428	CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR	No proporcionado por el cliente.	Ceniza	0,365	0,525	0,49	0,81	3,303	6,240	0,146	0,204	67,02	1,74

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*545	*567		*569		*570		*582
				Fe2O3	SO3	SO4=	Na	Na2O	K	K2O	LOI
MN18014427	CENIZA DE HOJA DE MAIZ	No proporcionado por el cliente.	Ceniza	3,65	22086	26500	2,68	3,61	15,92	19,18	18,255
MN18014428	CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR	No proporcionado por el cliente.	Ceniza	2,48	--	--	1,26	1,70	9,89	11,91	2,895

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "<Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

N-18 N° 7550



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-18-08076

Fecha de emisión: 15/12/2018

Página 1 de 1

Señores: APAZA LAZO ELIZABETH VERONICA
Dirección: SANCHEZ CERRO 220 PAUCARPATA AREQUIPA
Atención: SALCEDO TEJEDA JOSELYNN LISSET
Recepción: 10/12/2018
Realización: 10/12/2018
Observación: El Laboratorio no realiza la toma de muestra

Métodos ensayados

- *2043 Método de Ensayo para Manganeso por Fusión Alcalina - Absorción Atómica
- *2049 Método de Ensayo para Magnesio fusión alcalina - Absorción Atómica
- *511 Método de Ensayo para Aluminio por Fusión Alcalina - Absorción Atómica
- *517 Método de Ensayo para Calcio por Digestión Ácida - Absorción Atómica
- *531 Método de Ensayo para Sílice por Fusión Alcalina - Gravimetría
- *545 Método de Ensayo para Hierro por Fusión alcalina - Absorción Atómica
- *569 Método de ensayo para sodio por digestión específica - absorción atómica
- *570 Método de Ensayo para Potasio por Digestión Específica - Absorción Atómica
- *582 Determinación de pérdidas de calcinación por Gravimetría (LOI)

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*2043		*2049		*511		*517		*531	*545
				Mn	Mn2O3	Mg	MgO	Al	Al2O3	Ca	CaO	SiO2	Fe
MN18014999	CENIZA DE CASCARA DE CEBADA	No proporcionado por el cliente.	Ceniza	0,40	0,57	2,69	4,46	0,876	1,655	2,56	3,58	49,62	2,69

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*545	*569		*570		*582
				Fe2O3	Na	Na2O	K	K2O	LOI
MN18014999	CENIZA DE CASCARA DE CEBADA	No proporcionado por el cliente.	Ceniza	3,84	3,72	5,01	16,14	19,45	5,12

Sigro-Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "<Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

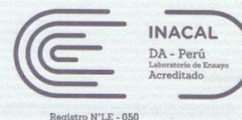
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

N-18 N° 7746



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INFORME DE ENSAYO LAS-AC-18-02607

Fecha de emisión : 04/12/2018

Página 1 de 3

Señores : APAZA LAZO ELIZABETH VERONICA
Dirección : SANCHEZ CERRO 220 PAUCARPATA AREQUIPA
Atención : SALCEDO TEJEDA JOSELYNN LISSET
Proyecto : TESIS :INFLUENCIA DE LA CENIZA DE HOJA DE MAÍZ, CÁSCARA DE CEBADA Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (MATERIALES PUZOLÁNICOS ARTIFICIALES), COMO SUSTITUTOS PARCIALES DEL CEMENTO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : APAZA LAZO ELIZABETH VERONICA
Registro de muestreo : 417-18
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 28/11/2018
Fecha de ensayo : 28/11/2018
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Lugar de muestreo	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG18001093	PI - AGUA	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	CAYETANO ARENAS S/N / HUNTER / AREQUIPA	LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	29/11/2018	13:02

(c) : datos proporcionados por el cliente.

Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

Observación

-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 4701



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

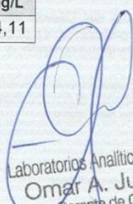
INFORME DE ENSAYO LAS-AC-18-02607

Fecha de emisión : 04/12/2018

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*823 Cl-	848 SO ₄ =
		mg/L	mg/L
AG18001093	PI - AGUA	36,9	44,11


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "<Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

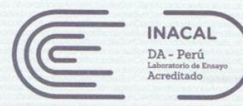
Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 4649



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS-AC-18-02607

Fecha de emisión : 04/12/2018

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
*823	Ion cloruro en agua: SMEWW. 22 nd Ed. Item 4500-Cl-. Part. C. Mercuric Nitrate Method	[^a 0.82 - 1000] mg/L
848	Ensayo de Sulfatos en agua : SMEWW. 22 th Ed. 4500-SO4- ² Part. E. Turbidimetric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^a 0.6 - 4000] mg/L

^a : Límite detección

^b : Límite de cuantificación

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "<Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 4650

BUILDING TRUST



HOJA TÉCNICA

Sika® Cem Plastificante

Super plastificante para mezclas de Concreto Y Mortero

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Cem Plastificante es un aditivo súper plastificante para mezclas de concreto, permite una reducción de agua de hasta 20% según la dosificación utilizada.

Sika® Cem Plastificante no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

USOS

Sika® Cem está particularmente indicado para:

- Todo tipo de mezclas de concreto o mortero que requiera reducir agua, mejorar la trabajabilidad (fluidez del concreto) o ambos casos para lograr reducir costos de: mano de obra, materiales (cemento) y/o tiempo.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

Sika® Cem Plastificante tiene las siguientes ventajas:

- Aumento de las resistencias mecánicas.
- Mejores acabados.
- Mayor adherencia al acero.
- Mejor trabajabilidad (fluidez) en el tiempo.
- Permite reducir hasta el 20% del agua de la mezcla.
- Aumenta la impermeabilidad y durabilidad del concreto.
- Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas.
- Ayuda a reducir la formación de cangrejeras.

NORMAS

ESTÁNDARES

Sika® Cem Plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo D y tipo G.

DATOS BÁSICOS

FORMA

COLORES

Pardo oscuro.

PRESENTACIÓN

- Envase PET x 4 L
- Balde x 20 L

Hoja Técnica
Sika® Cem Plastificante
22.01.15, Edición 3

1/3

ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Un año en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.
DATOS TÉCNICOS	DENSIDAD 1,20 kg/L $\pm$ 0,02 USGBC VALORACIÓN LEED Sika® Cem Plastificante cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Contenido de VOC < 420 g/L (menos agua)
INFORMACIÓN DEL SISTEMA	
DETALLES DE APLICACIÓN	CONSUMO / DOSIS - Como plastificante: 250 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg. - Como superplastificante: hasta 500 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.
MÉTODO DE APLICACIÓN	MODO DE EMPLEO Adicionar a la mezcla de concreto preferentemente una vez amasado y haciendo un re-mezclado de al menos 1 minuto por cada tanda. PRECAUCIONES Limpie todas la herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos indicados en esta hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.
BASES	Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.
RESTRICCIONES LOCALES	Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.
INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE	Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.
NOTAS LEGALES	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Hoja Técnica
Sika® Cem Plastificante
22.01.15, Edición 3

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

**"La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 2
la misma que deberá ser destruida"**

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® Cem Plastificante :

1.- SIKa PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKa CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Concrete
Centro Industrial "Las Praderas
de Lurín S/N - Mz "B" Lote 3 y
6, Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.
CG, Departamento Técnico
Telf: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com



Hoja Técnica
Sika® Cem Plastificante
22.01.15, Edición 3

3/3

BUILDING TRUST



© 2014 Sika Perú S.A.