

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**“CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN
ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”**

AUTORES:

BACH. ADRIAN ESTRADA, JORGE LUIS

BACH. BARTOLO PAREDES, ROBERTO JULIO

ASESOR:

Ms. Ing. JULIO CÉSAR RIVASPLATA DÍAZ

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2021



“Año del bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 03 días del mes de febrero del año dos mil veintiuno, siendo las nueve horas de la mañana, cumpliendo el con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.120) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la “ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 248-2020-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretario) y Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Integrante) y en base a la Resolución Decanal N° 013-2021-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: “**CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO**” presentado por los Bachilleres **ADRIAN ESTRADA JORGE LUIS JOAN, con código de matrícula N° 0201313060 y BARTOLO PAREDES ROBERTO JULIO, con código de matrícula N° 201313008**, quienes fueron asesorados por el Ms. Julio César Rivasplata Díaz, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 682-2018-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
ADRIAN ESTRADA JORGE LUIS JOAN	15	BUENO

Siendo las diez de la mañana del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 03 de febrero de 2021.

Ms. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente

Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Secretario

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Integrante

“Año del bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 03 días del mes de febrero del año dos mil veintiuno, siendo las nueve horas de la mañana, cumpliendo el con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.120) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la “ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 248-2020-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretario) y Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Integrante) y en base a la Resolución Decanal N° 013-2021-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **“CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”** presentado por los Bachilleres **ADRIAN ESTRADA JORGE LUIS JOAN, con código de matrícula N° 0201313060 y BARTOLO PAREDES ROBERTO JULIO, con código de matrícula N° 201313008**, quienes fueron asesorados por el Ms. Julio César Rivasplata Díaz, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 682-2018-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
BARTOLO PAREDES ROBERTO JULIO	15	BUENO

Siendo las diez de la mañana del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 03 de febrero de 2021.



Ms. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente



Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Secretario



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Integrante

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**“CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN
ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”**

REVISADO Y APROBADA POR:

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Julio César Rivasplata Díaz', is written over a horizontal line. Below the signature, the name 'Julio César Rivasplata Díaz' is printed in a small, black font.

Ms. Ing. JULIO CÉSAR RIVASPLATA DÍAZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**“CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN
ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”**

REVISADO Y APROBADA POR:

Ms Ing. Abner León Bobadilla
Presidente

Ms Ing. Janet Saavedra Vera
Secretario

Ms Ing. Julio Rivasplata Díaz
Integrante

DEDICATORIA

A mi madre Angélica María por el esfuerzo constante en mi educación, por los consejos, ánimos en los momentos de dificultad y por confiar siempre en mí.

A mis hermanas Lucia, Ximena y Alejandro, que me brindan fortaleza cada Momento de la vida, y me apoyan a Cumplir mis metas académicas y personales.

A mi tía por estar en los momentos de dificultad pero con su apoyo me ayudo a seguir adelante.

ADRIAN ESTRADA, Jorge Luis Joan

DEDICATORIA

A mis padres por el esfuerzo que hicieron y siguen haciendo para cumplir todos mis sueños y anhelos y a mí querida abuelita Catalina Oliva Villareal; quien es mi mayor apoyo y ejemplo moral para este rumbo profesional que me estoy trazando.

A mí amada sobrina Fabianna, que llegó a este mundo para llenar de muchas bendiciones a mi hogar.

A mis hermanas Yomira y Kiara que son las mujeres más importantes en mi vida y son partícipes de mis logros.

En especial, a mis amigos y a todas las personas que mostraron su apoyo incondicional para poder realizar este proyecto importante para mis intereses académicos y profesionales.

BARTOLO PAREDES, Roberto Julio

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, damos gracias a Dios por posibilitarnos cumplir con unas de nuestras metas, a pesar que se presentaron algunos inconvenientes en el transcurso de la elaboración del proyecto de tesis pero nunca nos dejó de brindar ayuda así como tranquilidad espiritual y conocimiento necesario para confrontar los problemas.

A los docentes de la Escuela Académica de ingeniería civil por sus enseñanzas durante nuestra vida universitaria, ya que con los estudios obtenidos nos permitieron hacer frente a los inconvenientes que se presentan a un ingeniero civil.

Agradecemos a nuestro asesor el Ms. Ing. Julio Rivasplata Díaz por haber estado con nosotros en toda la presente elaboración del proyecto de tesis, guiándonos y brindándonos su apoyo con todo lo que era necesario.

JORGE ADRIAN Y ROBERTO BARTOLO

Índice general

DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE	vi
RESUMEN	18
ABSTRACT	19
I. INTRODUCCIÓN	22
1.1. Antecedentes	24
1.2. Formulación del problema.....	27
1.3. Objetivos.....	28
1.3.1. Objetivo general	28
1.3.2. Objetivos específicos.....	28
1.4. Justificación e importancia.....	29
1.5. Limitación.....	30
1.5.1. Limitación espacial.....	30
1.5.2. Limitación temporal	31
1.6. Hipótesis de la investigación.....	31
1.7. Variables.....	31

II. MARCO TEÓRICO	33
2.1.Marco conceptual.....	33
2.1.1. Concreto.....	33
2.1.1.1. Definición.....	33
2.1.1.2. Componentes del concreto.....	35
2.1.1.3. Propiedades del concreto.....	37
2.1.1.3.1. Concreto en estado fresco.....	38
2.1.1.3.1.1. Trabajabilidad.....	38
2.1.1.3.1.2. Segregación.....	39
2.1.1.3.1.3. Exudación.....	40
2.1.1.3.1.4. Cohesividad.....	41
2.1.1.3.2. Concreto en estado endurecido.....	42
2.1.1.3.2.1. Características física – químicas.....	42
2.1.1.3.2.1.1. Impermeabilidad.....	42
2.1.1.3.2.1.2. Durabilidad.....	42
2.1.1.3.2.2. Características mecánicas.....	43
2.1.1.3.2.2.1. Resistencia (Compresión, Flexión).....	43

2.1.2. Cemento portland.....	45
2.1.2.1. Composición química del cemento portland.....	47
2.1.2.2. Fabricación del cemento portland.....	48
2.1.2.3. Tipos de cementos portland.....	49
2.1.1. Agregados.....	52
2.1.1.1. Agregado fino.....	53
2.1.1.2. Agregado grueso.....	55
2.1.1.3. Características.....	58
2.1.1.3.1. Peso unitario.....	58
2.1.1.3.2. Peso específico.....	59
2.1.1.3.3. Absorción.....	61
2.1.1.3.4. Humedad.....	61
2.1.4. Agua.....	62
2.1.5. Puzolanas.....	66
2.1.5.1. Definición.....	66
2.1.5.2. Clasificación de las puzolanas.....	66
2.1.5.3. Clasificación de las puzolanas naturales y artificiales.....	67
2.1.6. Cenizas de bagazo de caña de azúcar.....	69

2.1.6.1. Producción de azúcar en el Perú.....	69
2.1.6.2. Proceso industrial de la obtención de la ceniza de bagazo de caña de azúcar....	70
2.1.6.3. Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (cbca).....	72
2.1.6.4. Ceniza de bagazo de caña de azúcar como material puzolánico.....	73
2.2. Bases teóricas.....	74
2.2.1. Ensayos a realizar para el diseño de mezcla.....	74
2.2.1.1. Extracción y preparación de muestras	74
2.2.1.2. Contenido de humedad	74
2.2.1.3. Módulo de finura.....	75
2.2.1.4. Peso unitario del agregado	76
2.2.1.5. Peso específico y absorción del agregado grueso	77
2.2.1.6. Peso específico y absorción de agregado fino	77
2.2.2. Diseño de mezclas de concreto	77
2.2.2.1. Parámetros básicos	78
2.2.2.2. Pasos para el proporcionamiento.....	81
2.2.2.3. Ensayo resistencia a la compresión	85

A) Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, muestras cilíndricas.....	86
B) Método de ensayo normalizado para la determinación del asentamiento de las muestras cilíndricas.....	88
2.3. Definiciones de términos.....	89
2.4. Marco normativo.....	90
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	94
3.1. Tipo de investigación.....	94
3.2. Nivel de investigación.....	94
3.3. Unidad de análisis.....	94
3.4. Ubicación.....	94
3.5. Población y muestra.....	94
3.5.1. Población.....	94
3.5.2. Muestra.....	94
3.6. Variables.....	95
3.6.1. Variable independiente.....	95
3.6.2. Variable dependiente.....	95

3.6.3. Matriz de consistencia.....	96
3.6.4. Operacionalización de variables.....	96
3.7. Instrumentos.....	99
3.8. Procedimientos.....	99
3.8.1. Ensayos realizados a los agregados.....	99
3.8.2. Diseño de mezcla del concreto.....	109
3.8.3. Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.....	119
3.8.4. Proceso de obtención de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para llegar a la finura deseada	124
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	127
4.1. Análisis e interpretación de resultados.....	127
4.1.1. Resultados del análisis de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.....	127
4.1.2. Resultado de los ensayos realizados a los agregados utilizados en laboratorio para el cálculo de diseño de mezcla.....	128
4.1.3. Resultado del ensayo de resistencia a la compresión.....	132
4.2. Discusión.....	147
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	151

5.1. Conclusiones.....	151
5.2. Recomendaciones.....	153
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
VII. ANEXOS	158
7.1. Anexo 1. Ensayo de fluorescencia de rayos x.....	159
7.2. Anexo 2. Ensayo de los agregados.....	162
7.3. Anexo 3. Tabla de resistencias.....	172
7.4. Anexo 4. Diseño de mezcla	180
7.5. Anexo 5. Panel fotográfico	188

Índice de figuras

Figura 1. Concreto.....	34
Figura 2. Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.....	36
Figura 3. Proceso industrial de la caña de azúcar.....	71
Figura 4. Cuarteo del agregados.....	100
Figura 5. Análisis de composición química expresado en oxido de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (cbca).....	127
Figura 6. Clasificación química de cbca.....	127
Figura 7. Resistencia a la compresión del concreto primera dosis de cbca.....	137
Figura 8. Resistencia a la compresión del concreto segunda dosis de cbca.....	142
Figura 9. Histograma-concreto $f'c=210$ kg/cm ² – 2% de cbca de adición.....	146
Figura 10. Distribución normal- concreto $f'c=210$ kg/cm ² – 2% de cbca de adición.....	146

Índice de tablas

Tabla 1. Ficha técnica del cemento.....	46
Tabla 2. Componentes químicos.....	47
Tabla 3. Límites granulométricos.....	54
Tabla 4. Límite de graduación agregado grueso.....	56
Tabla 5. Límites permisibles del agua para concreto.....	64
Tabla 6. Requisitos químicos de las puzolanas.....	67
Tabla 7. Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (cbca).....	72
Tabla 8. Tamaño de muestra del agregado.....	75
Tabla 9. Muestreo del agregado grueso.....	76
Tabla 10. Consistencia y asentamiento	82
Tabla 11. Asentamientos recomendados para varios tipos de obras.....	82
Tabla 12. Volumen unitario de agua según el tamaño de los agregado.....	83
Tabla 13. Relación agua/cemento por resistencia.....	83
Tabla 14. Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto.....	84
Tabla 15 . Resistencia a la compresión del concreto mínima (%) según día de ensayo.....	86
Tabla 16. Matriz de consistencia.....	96
Tabla 17. Operacionalización de variable independiente.....	97
Tabla 18. Operacionalización de variable dependiente.....	98
Tabla 19. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.....	101
Tabla 20. Tamaño de la muestra del agregado.....	103
Tabla 21. Peso unitario de agregado fino y grueso.....	104

Tabla 22. Peso mínimo de la muestra de ensayo.....	106
Tabla 23. Desviación standard cuando se tienen menos de 30 ensayos.....	111
Tabla 24. F'_{cr} aplicable cuando no se dispone de resultados para definir la desviación standard.....	112
Tabla 25. Resistencia a la compresión promedio.....	114
Tabla 26. Tamaño máximo nominal comprendidos entre 2" y 3/8.....	115
Tabla 27. Contenido de aire atrapado.....	116
Tabla 28. Ensayos del agregado grueso.....	128
Tabla 29. Ensayos del agregado fino.....	128
Tabla 30. Dosificación del pp.....	129
Tabla 31. Dosificación del 9pc.....	129
Tabla 32. Dosificación del 18pc.....	130
Tabla 33. Dosificación del 27pc.....	130
Tabla 34. Dosificación del 4pc.....	130
Tabla 35. Dosificación del 3pc.....	131
Tabla 36. Dosificación del 2pc.....	131
Tabla 37. Slump de los diferentes cbca en los concretos ensayados.....	131
Tabla 38. Valores de resistencia para un concreto normal (pp).....	133
Tabla 39. Valores de resistencia para un concreto normal (9pc).....	134
Tabla 40. Valores de resistencia para un concreto normal (18PC).....	135
Tabla 41. Valores de resistencia para un concreto normal (27pc).....	136
Tabla 42. Primer resumen de las pruebas a la compresión de concreto con cbca...	137
Tabla 43. Valores de resistencia para un concreto normal (4pc).....	139

Tabla 44. Valores de resistencia para un concreto normal (3pc).....	140
Tabla 45. Valores de resistencia para un concreto normal (2pc).....	141
Tabla 46. Segundo resumen de las pruebas a la compresión de concreto con cbca.....	142
Tabla 47. Resultado de los testigos con mejor comportamiento resistente.....	143
Tabla 48. Resultado de la estadística descriptiva de las muestras de concreto $f'c=210$ kg/cm ² con adición del 2% de cbca.....	145
Tabla 49. Frecuencia de concreto $f'c=210$ kg/cm ² con adición del 2% de cbca.....	145
Tabla 50. Peso de los agregado empleados.....	151
Tabla 51. Cantidades empleadas para elaborar concreto hidráulico sustituido por ceniza de Bagazo de caña de azúcar.....	151
Tabla 52. Resumen de asentamientos y resistencias.....	152

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Módulo de fineza.....	102
Ecuación 2. Contenido de humedad.....	103
Ecuación 3. Peso unitario volumétrico suelto y compactado	105
Ecuación 4. Resistencia a la compresión requerida.....	111
Ecuación 5. Resistencia a la compresión (15- 30 resultados).....	112
Ecuación 6. Desviación estándar.....	113
Ecuación 7. Resistencia promedio requerida	113

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo elaborar un concreto hidráulico en el cual se sustituyó porcentualmente al cemento portland por las cenizas de bagazo de caña de azúcar, dicho material fue obtenido de la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., que fue calcinado a una temperatura de 800 a 1000 °C. La investigación consistió en mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto, por ende fue una investigación de tipo experimental., la cual se desarrolló para un concreto de 210 Kg/cm², reemplazando al cemento de acuerdo a su peso. Esto se realizó en porcentajes de 2% ,3% ,5%, 9%, 18% y 27 % respectivamente.

Con respecto a los ensayos de los agregados se procedió de tal manera como indica la Norma Técnica Peruana, posteriormente se realizó el respectivo diseño de mezcla cuya resistencia fue de 210 Kg/cm², para nuestra mezcla patrón y de igual manera para los porcentajes de sustitución ya antes mencionados, para la cual se empleó la metodología de diseño del ACI-211. Se hicieron probetas de concreto de forma cilíndrica, cuyas medidas fueron de 15cm de diámetro y 30 cm de altura, dichos testigos fueron utilizados para realizar el ensayo a la compresión a los 7 días, 14 días y 28 días. Esto se hizo apoyándonos con las normas ASTM, MTC, NTP.

Finalmente se realizaron los ensayos del slump a la mezcla del concreto y la de resistencia a la compresión ya endurecido, teniendo como resultado un concreto hidráulico sustituido por cenizas de bagazo de caña de azúcar en 2% el cual obtuvo la mayor resistencia a la compresión con un 10.49% por encima de la muestra patrón y con respecto al slump este se mantuvo teniendo un asentamiento de 4", con la dosificación 1:2.19:2.79 y relación de agua/cemento de 0.59.

ABSTRACT

The objective of this research project was to elaborate a hydraulic concrete in which portland cement was replaced in percentage terms by sugarcane bagasse ashes, said material was obtained from the company Agroindustrial Pomalca SAA, which was calcined at a temperature of 800 at 1000 ° C.

The research consisted of improving the physical and mechanical properties of the concrete, therefore it was an experimental type investigation, which was developed for a concrete of 210 Kg / cm², replacing cement according to its weight. This was done in percentages of 2%, 3%, 5%, 9%, 18% and 27% respectively.

Regarding the tests of the aggregates, we proceeded in such a way as indicated by the Peruvian Technical Standard, later the respective mixture design was carried out whose resistance was 210 Kg / cm², for our standard mixture and in the same way for the substitution percentages already mentioned above, for which the ACI-211 design methodology was used. Cylindrical concrete specimens were made, whose measurements were 15 cm in diameter and 30 cm in height, these controls were used to perform the compression test at 7 days, 14 days and 28 days. This was done with the support of ASTM, MTC, NTP standards.

Finally, the slump tests were carried out on the concrete mixture and the resistance to compression already hardened, resulting in a hydraulic concrete replaced by 2% sugarcane bagasse ash, which obtained the highest resistance to compression with

10.49% above the standard sample and with respect to the slump, this remained having a settlement of 4", with a dosage of 1: 2.19: 2.79 and a water / cement ratio of 0.59.

A red, wavy-edged banner with a white outline, containing the text 'CAPITULO 1'.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

Casi en todos los países, cuando se realiza una obra de ingeniería se emplea frecuentemente como material de construcción el concreto, la manera de obtener dicho resultado es empleando algunos componentes tales como la piedra, la arena y el cemento, la cual el ultimo es el que genera mayores gastos y por ende algunos hombres no pueden tener un lugar confortable donde puedan habitar.

La técnica constructiva del concreto armado consiste en la utilización de concreto con armaduras de acero que permite a las estructuras resistir todo tipo de esfuerzos como los son de tracción, compresión y de flexión.

Se busca aprovechar todos los desechos de las industrias, de tal manera que se recicle dichos residuos. Así de esa forma se fomentará la investigación, la cual utilizara los desperdicios de dichas industrias en la obtención de otros materiales para sus posibles aplicaciones, de tal manera que se podrían beneficiar al hombre de tal manera que se tenga materiales que sea accesible económicamente a todos sin perjudicar su calidad de estos.

Las cenizas de bagazo de caña de azúcar se obtienen de las empresas azucareras, la cual consiste en calcinar dicho bagazo a una determinada temperatura para la obtención de un producto que buscan obtener dichas empresas para luego ser comercializadas, dichas cenizas se emplearon en estudios en ingeniería, biología, la agricultura etc. En las construcciones se utilizó de distintas maneras la cual consistió en emplear la CBCA de tal manera que se obtenía desde diferentes tipos de morteros hasta ladrillos mejorados. En estos tiempos, existe la necesidad de crear nuevos materiales de tal manera que estos sean tantos ecológicos como económicos y por ende de calidad, en esta premisa la CBCA su composición química predomina el óxido de silicio con contenidos de

alúmina y óxido de hierro que les permite reaccionar con el hidróxido de calcio en la hidratación del cemento y esto puede beneficiar en sus propiedades físicas como mecánicas del concreto.

A continuación, se especifica concisamente las fases de esta investigación:

En el capítulo I, se desarrolla los aspectos generales tales como la introducción, planteamiento del problema, así como los antecedentes que fundamentan a esta investigación, el tipo de investigación empleado y por ultimo las limitaciones en el trabajo de investigación.

En el capítulo II, se observara el marco teórico la cual es fundamental ya que demarca los conceptos teóricos del trabajo de investigación, la cual nos ayudó a poder analizar los resultados y poder enunciar las conclusiones.

En el capítulo III, se explica detalladamente como se desarrolló el estudio de la investigación, es decir se muestra cada uno de los materiales necesarios y así mismos los métodos que se tuvieron que realizar para poder conseguir los resultados necesarios para este trabajo de investigación.

En el capítulo IV, se verá los resultados de la investigación y las discusiones tomando como referencia los antecedentes.

En el capítulo V, se muestra las conclusiones a las que se ha llegado y se presentas del mismo modo las recomendaciones respectivas.

En el capítulo VI, se muestra las referencias bibliográficas según Normas APA empleadas en esta investigación.

Para terminar en el capítulo VI, se verá los anexos, los cuales justifica los resultados alcanzados, panel fotográfico, memoria de cálculos (diseño de mezclas, entre otros).

1.1. Antecedentes

La caña de azúcar es uno de los cultivos más antiguos en el mundo, muchos países empezaron a recurrir al bagazo de caña de azúcar como un elemento complementario en las diferentes áreas industriales. A continuación, se presenta las investigaciones que se han realizado acerca de la utilización de las cenizas del bagazo de la caña de azúcar:

1.1.1. A nivel internacional

Libreros Yusty , Henao Caicedo (2016) publicó el proyecto de tesis **“Evaluación de la ceniza proveniente del bagazo de caña de azúcar como material cementante alternativo para la elaboración de morteros”**. Colombia, este proyecto de grado se investiga el reemplazo parcial del cemento portland por la ceniza del bagazo de caña de azúcar para la fabricación de morteros con alta plasticidad y resistencias a compresión de 21 MPa. En este caso particular, se estudiaron mezclas de morteros con reemplazos del 10, 20 y 30% del cemento portland (en peso) y se compararon con mezclas sin reemplazo alguno como referencia.

Los resultados indican que, aunque hubo un retraso en el proceso de fraguado en los morteros con reemplazo de cemento portland en relación al mortero de referencia, las resistencias a compresión a los 56 días no solo no presentaron diferencias significativas, sino que los morteros con remplazo del 10 y 20% superaron la resistencia a compresión de la muestra de referencia en 2.5 y 5.0%, respectivamente. De igual modo, las resistencias a flexión de los morteros con reemplazo de cemento portland resultaron mayores que las del mortero de referencia. En el mejor caso, el mortero con reemplazo del 20%, se encontró una resistencia a flexión 40% mayor que la del mortero de referencia. Los resultados anteriores indican el gran potencial

que tiene la ceniza del bagazo de caña de azúcar como material cementante alternativo en la región del valle del Cauca. Esto no solo podría reducir los costos de los materiales de construcción, sino que además ayudaría a reducir las emisiones de CO₂ generadas durante la clinkerización del cemento portland y a incorporar un residuo importante de la industria azucarera en la cadena productiva de la construcción. (Libreros y Henao, 2016, p.11)

Narváz Guevara, Jairo Alberto. (2017). **“Determinación de la influencia del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la resistencia a la compresión de bloques para mampostería liviana”**. Ecuador. Para este trabajo experimental se preparó una mezcla de fibras de bagazo y una dosificación elaborada para bloques de mampostería liviana que cumplan con los requisitos establecidos en las normas INEN 316, 639 y 643: Bloques Tipo E de dimensiones nominales 40cm x 20cm x 15cm. Las fibras fueron tratadas mediante flujo de agua continuo para la eliminación de los azúcares propios de la caña, luego fueron cortadas para obtener longitudes de fibra de 1” y 2”, las cuales se distribuyeron dentro de la mezcla de forma homogénea en porcentajes entre 0.5% y 2.0% en función del peso del cemento. Respecto a las propiedades del hormigón fresco con fibras añadidas, se observaron variaciones relativamente bajas en relación a las presentadas por el hormigón utilizado para las muestras de control. Tanto trabajabilidad, como consistencia, se vieron afectadas notablemente con la adición de los porcentajes máximos de fibras, especialmente en aquellos con fibras de mayor longitud. Se encontró una clara disminución de peso conforme se aumentaba el porcentaje de bagazo en los bloques. (Guevara, 2017, p.18)

1.1.2. A nivel nacional

Apaza Hito, Danny Samir. (2018). **“Durabilidad del concreto elaborado en base a la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA) con cemento portland, ante agentes agresivos”** esta investigación trata de la producción de concreto mejorado con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto de la arena en diferentes porcentajes , el diseño de mezclas se analizó las dosificaciones para la mezcla patrón, así como las mezclas con porcentajes asumidos de 5%, 10% y 15% de ceniza como sustitutos del agregado fino respecto al volumen absoluto de la tanda para elaborar el concreto.

El concreto elaborado al 5%, 10% y 15% con CBCA no sufrió alteraciones para ningún caso, respecto al concreto patrón. Es decir que los cuatro tipos de mezclas soportaron el ensayo de durabilidad al ataque acelerado del agente agresivo que para esta investigación fue el Sulfato de Magnesio, Con respecto a los ensayos de resistencia a la compresión, se demostró mediante los resultados que sustituir el agregado fino por ceniza fue beneficioso, pues alcanzaron resistencias mayores y por encima del concreto patrón, siendo la más óptima el concreto a 15% CBCA

.(Apaza y Samir , 2018, p. 04)

Jara Rodríguez, Palacio Ambrocio (2015) presentó el trabajo de tesis titulada **“utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del cemento en la elaboración de ladrillos de concreto”**, consistía en analizar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto elaborados artesanalmente en Nuevo Chimbote. Se fabricaron ladrillos de concreto con

porcentajes de 10%, 20% y 30% de ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto del cemento Portland Tipo I, para ser comparados con los ladrillos provenientes de dos ladrilleras representativas de la localidad, con el fin de determinar la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilerías; empleando sustitutos puzolánicos que sean amigables con el medio ambiente y que reduzcan el uso del cemento Portland.

De estas unidades de albañilería se determinó sus características mecánicas a los 28 días, se realizaron también los ensayos clasificatorios y no clasificatorios correspondientes. A la vez se efectuaron ensayos para determinar los esfuerzos admisibles de la albañilería, como el ensayo de compresión axial y el ensayo de compresión diagonal.

Para los tres porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar empleado, se encontró que las unidades de albañilería con el 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar presentaron un mejor comportamiento mecánico. (Jara y Palacio, 2015, p17)

1.2. Formulación del problema

En la actualidad se puede ver un crecimiento poblacional, lo cual lleva a la necesidad de tener un lugar donde vivir, por ende los pobladores de distintos lugares del país por querer tener una vivienda de material noble, realizan una construcción con materiales de baja calidad, puesto que el elemento esencial de dicha construcción es el concreto hidráulico, lo cual demanda demasiado gasto en su elaboración.

Por otro lado, la contaminación ambiental es un tema muy importante en el país ya que gracias a eso se está desgastando la capa de ozono y perjudicando a los seres humanos produciendo enfermedades, esto mayormente se da por las empresas

industriales, para este proyecto de tesis abarcara las empresas azucareras, ya que ellos desperdician las cenizas del bagazo de caña de azúcar, la cual lo botan al exterior y por ende contaminan el medio ambiente.

Aprovechando las propiedades que contiene el CBCA para poder sustituir al Cemento Portland, siendo este último un material importante y de un gasto considerable en obras de construcción civil. Gracias a las investigaciones anteriores tenemos base experimental y teórico para realizar este experimento y generar una opción viable, económica y realista.

Esta investigación se concentrará en un concreto armado de 210 kg/cm², por ser el tipo de concreto más usado en la gran parte de nuestro territorio peruano.

La presente investigación nos orientará a solucionar el problema siguiente: **¿Podrá las cenizas del bagazo de la caña de azúcar ser un reemplazante alternativo del Cemento Portland?**

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Elaborar un concreto hidráulico sustituyendo porcentualmente al cemento portland por las cenizas de bagazo de caña de azúcar.

1.3.2. Objetivos específicos

- Elaborar el diseño patrón para un concreto de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Determinar el porcentaje ideal de las Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar en la elaboración del concreto hidráulico.

- Evaluación y Comparación de los resultados obtenidos de las muestras realizadas de concreto convencional y concreto sustituido los porcentajes de 2%,3%,4%, 9%, 18% y 27% de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al cemento portland.
- Determinar las propiedades físicas del concreto hidráulico sustituido por las Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar.

1.4. Justificación e importancia

La motivación para esta investigación fue el hecho de servir a la comunidad académica en proporcionar una nueva metodología de realizar un concreto estructural $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando un reemplazante que son las cenizas del bagazo de la caña de azúcar.

El proporcionar una opción viable para el reemplazo del Cemento Portland de un material residual de las industrias azucareras. El bagazo de la caña de azúcar posee una composición química como el óxido de silicio con contenidos de alúmina y óxido de hierro, que pueden reaccionar con el hidróxido de calcio en la hidratación del cemento y producir materiales que mejoren las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto.

La reducción del Cemento Portland en la realización de concreto hidráulico favorece al medio ambiente puesto que el cemento es un componente principal para elaborar el concreto armado hay un alto consumo energético y grandes volúmenes de emisiones de gases efecto invernadero como es el caso de dióxido de carbono. En la actualidad en toda investigación de la rama de ingeniería, es indispensable emplear materiales que mejoren la vida útil de la

construcción a realizar, esta investigación consiste en estudiar el comportamiento de mezclas de concreto con sustitución del cemento por cenizas de bagazo de caña de azúcar, como parte integrante en el diseño de las mismas, estas se le realizaran ensayos para hacer una evaluación de sus propiedades mecánicas para verificar si este método contribuye a optimizar el uso del concreto en algún tipo de construcción.

1.5. Limitación

1.5.1. Limitación espacial

En esta investigación solo se experimentará el comportamiento del concreto sustituido por ceniza de bagazo de caña de azúcar y el concreto común, para la cual se empleara las cenizas del bagazo de caña de azúcar obtenidas de la empresa agroindustrial Pomalca, las pruebas para adquirir las propiedades mecánicas de los concretos que se van a utilizar, se efectuaran en el Laboratorio de mecánica de suelos y de concreto del área de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Santa. Asimismo se tendrá en cuenta que los materiales para la elaboración de concreto común y concreto sustituido con ceniza de bagazo de caña de azúcar se obtendrán del departamento de Lambayeque.

- Cemento Pacasmayo Tipo I
- Agregado fino de la cantera “La Sorpresa”
- Agregado grueso de la cantera “La Cumbre”
- Ceniza de Bagazo de caña de azúcar de la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A.

1.5.2. Limitación temporal

El tiempo de esta investigación comprenderá un lapso entre el mes de noviembre del año 2018 hasta el mes de diciembre del año 2020.

1.6. Hipótesis de la investigación

“Si se utiliza las cenizas del bagazo de caña de azúcar en sustitución porcentual del cemento Portland, entonces se logrará elaborar un concreto hidráulico con mejores propiedades mecánicas y físicas”

1.7. Variables

1.7.1.Variable independiente

- Ceniza de bagazo de caña de azúcar.

1.7.2.Variable dependiente

- Mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

A red banner with a white outline and a wavy, torn-edge effect. The text is centered within the banner.

**CAPITULO
II**

MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Concreto

2.1.1.1. Definición

El concreto es un material heterogéneo el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua, y agregados fino y grueso. El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo. (Rivva. Lopez, 1992, p.10).

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (AbantoF., 1997,pag. 11)

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de éste. (Rivva López, 2000 ,p. 8)

De esta definición se desprende como resultado un producto híbrido, que conjuga en menor o en mayor grado las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades para formar un material que manifiesta un comportamiento particular y original. (Pasquel.E, 1998-1999, p.10)



Figura 1: Concreto
Fuente: *Elaboración propia.*

2.1.1.2. Componentes del concreto

El concreto se obtiene con los componentes: como ligante tenemos al cemento, agua y agregados tales como el fino (arena) y el grueso (grava, piedra chancada, confitillo, etc.) .Las operaciones en la producción del concreto variarán de acuerdo con el género de la obra que lo requiere y con el tipo de concreto que se produzcan.(Abanto F., 1997, p.12)

La selección de los diferentes Materiales que componen la mezcla de concreto y de la proporción de cada uno de ellos debe ser siempre el resultado de un acuerdo razonable entre la economía y el cumplimiento de los requisitos que debe satisfacer el concreto al estado fresco y el endurecido. (Rivva López, 1992, p. 9)

Si bien en la definición tradicional se considera a los aditivos como un agregado opcional, en la definición moderna estos constituyen un agregado normal, está demostrado científicamente la conveniencia de su uso en mejorar condiciones de resistencia, trabajabilidad y durabilidad, siendo la solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en equipo de colocación y mano de obra y mantenimiento, compactación, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. (Rivva.E, 2000, p.16).

Si analizamos la Fig. 1 en que se esquematizan las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto. El cemento es el componente activo que interviene en menor proporción, pero sin embargo es el que define las tendencias del comportamiento del concreto. (Pasquel.E, 1998-1999, p.15)

Aire = 1 % a 3 %
Cemento = 7 % a 15 %
Agua = 15 % a 22 %
Agregados = 60 % a 75 %

Figura 2: Proporciones Típicas En Volumen Absoluto De Los Componentes Del Concreto.

Fuente: Pasquel (2000). *Tópicos De Tecnología Del Concreto*. P.10

Generalmente tenemos una serie de limitaciones en cuanto a modificar a nuestra voluntad las características de los factores que intervienen en el diseño y producción del concreto, por lo que cada caso supone una solución particular, en la que tiene importancia preponderante la labor creativa de los profesionales que tienen a su cargo definirla e implementarla en la práctica, ya que paradójicamente, los ingredientes de un concreto bueno y uno malo son en general los mismos si no sabemos emplearlos adecuadamente, por lo que no es una tarea simple el diseñar y producir concreto de buena calidad. En este punto, es necesario establecer que el concreto de buena calidad es aquél que satisface eficientemente los requisitos de trabajabilidad, colocación, compactación, resistencia, durabilidad y economía que nos exige el caso singular que estemos enfrentando. (Pasquel.E, 1999, p.12)

2.1.1.3. Propiedades del concreto

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales. (Rivva.E, 2000, p.8).

La principal limitación a las múltiples aplicaciones que se pueden dar al concreto es el desconocimiento de alguno de los aspectos ya indicados; así como de la mayor o menor importancia de los mismos de acuerdo al empleo que se pretende dar al material. Ello obliga al estudio y actualización permanentes para obtener del concreto las máximas posibilidades que como material puede ofrecer al ingeniero. (Rivva.E, 2000, p.8).

En consecuencia, para poder dominar el uso de este material, hay que conocer no sólo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componentes y su interrelación, ya que son en primera instancia los que le confieren su particularidad. (Rivva.E, 1992-1993, p.11).

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto. (Rivva.E, 2000, p.8).

2.1.1.3.1. Concreto en estado fresco

2.1.1.3.1.1.Trabajabilidad

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones. No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia.(Abanto F, 1997 , p.47)

Se define a la trabajabilidad como la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para forma de concreto, y luego o puede ser, para condiciones dadas de obra, manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad. (Rivva .E, 2000, p.205)

El concreto deberá ser lo suficientemente trabajable para que con los encofrados, cantidad y espaciamiento de refuerzo, procedimiento de colocación, y térmica de consolidación utilizados, se pueda llenar completamente todos los espacios alrededor del refuerzo y permita que la masa fluya y las esquinas y contra la superficie de los encofrados a fin de lograr una masa homogénea sin una inconveniente separación de los ingredientes, o presencia de aire atrapado, burbujas macroscópica, o bolsa de agua el concreto. La trabajabilidad del concreto está determinada, entre otros factores, por las características, granulometría, y proporcionales agregado fino y grueso, por cuanto dichas factores regula la cantidad de agua necesaria para producir un concreto trabajable. (Rivva .E, 2000, p.205)

2.1.1.3.1.2.Segregación

La segregación es definida como la descomposición mecánica de concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero. (Abanto .F,1997, p.50)

Esta definiciones entendibles y se considerará que concreto es una mezcla de material de diferentes tamaños y gravedades específicas, por lo que se generan al interior del mismo fuerzas las cuales tienen a separar los materiales componentes cuando la mezcla aun no ha endurecido. El resultado de la acción de estas fuerzas es definido como segregación.(Rivva .E, 2000, p.210).

En el proceso de diseño de mezclas, es necesario tener siempre presente el riesgo de segregación, pudiéndose disminuir este, mediante el aumento de finos (cemento o A. fino) y de la consistencia de la mezcla.

Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas.

La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la "lechada" asciende a la superficie.

(Abanto .F,1997, p.50)

2.1.1.3.1.3.Exudación

La exudación es definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. El proceso se inicia momento después de concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continúa hasta que se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene más en la consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas. (Rivva .E, 2000, p.211).

Cuando la exudación es excesiva, debe darse atención a la granulometría y angularidad el agregado fino. El empleo de arenas muy finas, las mezclas de arena, y un control más cuidadoso son factores que pueden contribuir a la reducción de la exudación. Una forma de controlar la exudación es el empleo de agregado fino adecuadamente graduado, con presencia de los tamaños menores en proporciones adecuadas.(Rivva .E, 2000, p.211).

La exudaciones perjudicial para el concreto, pues como consecuencia de este fenómeno la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede disminuir su resistencia debido al incremento de la relación agua-cemento en esta zona. (Abanto .F,1997, p.54)

Como producto del ascenso de una parte del agua de mezclado, se puede obtener un concreto poroso y poco durable. (Abanto .F,1997, p.54)

2.1.1.3.1.4.Cohesividad

Se define a la cohesividad como aquella propiedad del concreto fresco a la cual es posible controlar el peligro de segregación durante la etapa de colocación de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir la aspereza de la misma y facilitar su manejo durante el proceso de compactación del concreto. (Rivva .E, 2000, p.211).

El efecto del agregado sobre las propiedades cohesivas del concreto depende de factores tales como el tamaño máximo de agregado grueso, la granulometría combinada de los agregados finos y gruesos, el porcentaje de agregado fino en relación al agregado total, y la cantidad de partículas de arcilla fina presentes en el agregado. (Rivva .E, 2000, p.212).

La falta de cohesividad puede incrementar el riesgo de segregación en mezclas de muy baja trabajabilidad, o mezclas preparadas con agregado grueso de diámetro grande. (Rivva .E, 2000, p.212).

Los incrementos en el porcentaje de agregado fino en la mezcla puede mejorar la cohesividad. En mezclas muy pobres es importante una adecuada participación en la granulometría de las partículas que corresponden a los tamaño menores. La cohesividad tiende a ser mayor si el perfil de las partículas de agregado grueso tiende a ser redondeada y la textura suavizada. (Rivva .E, 2000, p.212).

2.1.1.3.2. Concreto en estado endurecido

2.1.1.3.2.1. Características físico-químicas

2.1.1.3.2.1.1. Impermeabilidad

El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Se entiende por permeabilidad como la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido.

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

(Abanto .F, 2009, p.58)

2.1.1.3.2.1.2. Durabilidad

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos

químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con un agente inclusor de aire,

o aplicando un revestimiento protector a la superficie.

Los agentes químicos, como ácidos inorgánicos, ácidos acético y carbónico y los sulfatos de calcio, sodio, magnesio, potasio, aluminio y hierro desintegran o dañan el concreto. Cuando puede ocurrir contacto entre estos agentes y el concreto, se debe proteger el concreto con un revestimiento resistente; para lograr resistencia a los sulfatos, se debe usar cemento Portland tipo V. La resistencia al desgaste, por lo general, se logra con un concreto denso, de alta resistencia, hecho con agregados duros. (Abanto .F, 2009, p.57).

2.1.1.3.2.2. Característica mecánica.

2.1.1.3.2.2.1. Resistencia (compresión, flexión)

Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión. Normalmente se mide por medio de la resistencia en compresión, para lo cual se necesita ensayar testigos cilíndricos o cúbicos de tamaño adecuado al equipo de ensayo, que se perforan o cortan de una muestra lo suficientemente grande. (Pasquel.E,1999, p.78)

La resistencia en compresión está inversamente relacionada con la porosidad y la absorción y directamente con el peso específico.

Agregados normales con Peso específico entre 2.5 a 2.7, tienen resistencias en compresión del orden de 750 a 1,200 Kg/cm².

Los agregados ligeros con Peso específico entre 1.6 a 2.5 usualmente manifiestan resistencias de 200 a 750 Kg/cm². (Pasquel.E,1999, p.78)

La resistencia del agregado condiciona en gran medida la resistencia del concreto, por lo que es fundamental el evaluarla directa o indirectamente cuando se desea optimizar la calidad de los concretos. (Pasquel.E,1999, p.78).

La resistencia es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse. La resistencia en compresión se utiliza como índice de la calidad del concreto. En pavimentos suele utilizarse la resistencia en flexión. La resistencia al corte no se utiliza.

Por su propia naturaleza, la resistencia del concreto no puede ser mayor que la de sus agregados. (Rivva.E, 2000,p.232)

2.1.2. Cemento portland

El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas. (Abanto .F,2009, p.15)

En la norma Técnica Peruana NTP 334.001 define al cemento Portland como: Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda.

Según UMACON el cemento Portland, es un tipo de cemento hidráulico, que al realizarse la mezcla con áridos, agua y fibras de acero se produce una transformación en la cual obtendremos una masa muy duradera y resistente, denominada hormigón.

Por tanto, decir, es el que más se utiliza en la construcción y al ser un tipo de cemento hidráulico, su principal característica es la de fraguar y endurecerse al entrar en contacto con el agua. Como consecuencia de dicha reacción adquiriremos un inmejorable material con excelentes cualidades aglutinantes.

Tabla 1

Ficha Técnica Del Cemento

Composición Química		CPS AA	REQUISITO NTP 334.090
Mgo	%	2.2	Máximo 6.0
So ₃	%	2.4	Máximo 4.0
Propiedades Físicas		Cpsa a	Requisito Ntp 334.090
Contenido De Aire	%	4	Máximo 32
Expansión En Autoclave	%	0.07	Máximo 0.80
Superficie Especifica	Cm 27 G	5640	No Especifica
Retenido M 325	%	4.2	No Especifica
Densidad	G/MI	2.92	No Especifica
Resistencia A La Compresión			
A 3 Días	Kg/Cm ²	239	Mínimo 133
A 7 Días	Kg/Cm ²	302	Mínimo 204
A 28 Días	Kg/Cm ²	374	Mínimo 255
Tiempo De Fraguado			
Fraguado Inicial	Min	134	Mínimo 45
Fraguado Final	Min	290	Máximo 420

Fuente: *Abanto. (2000). Tecnología del concreto*

2.1.2.1. Composición química del cemento portland

2.1.2.1.1. Componentes Químicos

Los componentes químicos del cemento Portland se expresan por el contenido de óxidos, en porcentajes. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de éstos del 95% al 97%.

(Carrillo A., 2004, p.10)

Tabla 2
Componentes Químicos

Oxido Componente		Porcentaje Típico
CaO	-	58% a 67%
SiO ₂	-	16% a 26%
Al ₂ O ₃	-	4% a 8%
Fe ₂ O ₃	-	2% a 5%
SO ₃	---	0.1% a 2.5%
MgO	-	1% a 5%
K ₂ O y Na ₂ O	-	0% a 1%
n ₂ O ₃	-	0% a 3%
TiO ₂	-	0% a 0.5%
P ₂ O ₅	—	0% a 1.5%
Perdida por calcinación	—	0.5% a 3%

Fuente: Carrillo (2001). *Tecnología Del Concreto*

2.1.2.2. Fabricación del cemento portland

El punto de partida del proceso de fabricación lo constituye la selección y explotación de las materias primas para su procesamiento consiguiente.

Se inicia con la explotación de las canteras de materia prima para someterlas a un proceso de chancado primario en que se reduce su tamaño a piedras del orden de 5" y luego se procesa este material en una chancadora secundaria que las reduce a un tamaño de alrededor de 3/4", con lo que están en condiciones de ser sometidas a molienda. Los materiales son molidos individualmente en un molino de bolas hasta ser convertidos en un polvo fino impalpable, siendo luego dosificados y mezclados íntimamente en las proporciones convenientes para el tipo de cemento que se desee obtener. La mezcla es posteriormente introducida en un horno giratorio consistente en un gran cilindro metálico recubierto de material refractario con diámetros que oscilan entre 2 y 5 m. y longitudes entre 18 a 150 m.. (Pasquel.E,1999, p.21)

El horno tiene una ligera inclinación con respecto a la horizontal del orden del 4 % y una velocidad de rotación entre 30 a 90 revoluciones por hora. Dependiendo del tamaño del horno, se pueden producir diariamente de 30 a 700 Toneladas. La fuente de calor se halla en el extremo opuesto al ingreso del material y pueden obtenerse mediante inyección de carbón pulverizado, petróleo o gas en ignición, con temperaturas máximas entre 1,250 y 1,900°C. (Pasquel.E,1999, p.21)

Las temperaturas desarrolladas a lo largo del horno producen primero la evaporación del agua libre, luego la liberación del CO₂ y finalmente en la

zona de mayor temperatura se produce la fusión de alrededor de un 20% a 30% de la carga y es cuando la cal, la sílice y la alúmina se vuelven a combinar aglomerándose en nódulos de varios tamaños usualmente de 1/4" a 1" de diámetro de color negro característico, relucientes y duros al enfriarse, denominados "clinker de cemento Portland".(Pasquel.E,1999, p.21)

En la etapa final del proceso, el clinker es enfriado y es molido en un molino de bolas conjuntamente con yeso en pequeñas cantidades (3 a 6%) para controlar el endurecimiento violento. La molienda produce un polvo muy fino que contiene hasta 1.1×10^{12} partículas por Kg. y que pasa completamente por un tamiz No 200 (0.0737 mm., 200 aberturas por pulgada cuadrada). (Pasquel.E,1999, p.21)

Finalmente el cemento pasa ser almacenado a granel, siendo luego suministrado en esta forma o pesado y embolsado para su distribución. (Pasquel.E,1999, p.21)

2.1.2.3. Tipos de cemento portland

Tenemos varios tipos de cemento portland, que son los siguientes:

2.1.2.3.1. Cemento tipo i

Para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo .Se trata de un cemento normal y se obtiene tras mezclar el Clinker con el yeso. Se usa generalmente en las obras de ingeniería. (Abanto F.,2009, p.17)

2.1.2.3.2. Cemento tipo ii

Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación. Nos encontramos ante un cemento modificado. Su acción es moderada a la resistencia de los sulfatos y es conveniente emplearlo cuando demandamos calor un tanto moderado de hidratación. Dicho cemento va adquiriendo resistencia con más lentitud que el nombrado anteriormente, finalmente lo iguala y, por lo tanto, obtiene la misma resistencia. Es empleado frecuentemente en alcantarillados, tubos y zonas industriales. (Abanto F., 2009, p.17)

2.1.2.3.3. Cemento tipo iii

Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales. Tal cemento consta de una elevada resistencia inicial y es tremendamente recomendable cuando necesitamos una resistencia acelerada. En un caso en concreto y en lo que a la construcción se refiere. El hormigón Portland realizado con el cemento tipo 3 aumentará increíblemente la resistencia al compararlo con el tipo 1 y el 2. Hay que tener presente que el cemento tipo 3 incrementa la resistencia inicial a niveles muy altos. (Abanto F., 2009, p.18)

2.1.2.3.4. Cemento tipo iv

Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación Tiene un bajo calor de hidratación y tal suceso se consigue si limitamos los compuestos que más pueden influir, es decir, C3A y C3S. Dicho cemento gana resistencia lentamente. Se utiliza habitualmente en grandes obras, presas y túneles. (Abanto.F, 2009, p.18).

2.1.2.3.5. Cemento tipo v

Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos. Una de las características del cemento Portland tipo 5 es su resistencia a la acción de los sulfatos, por tanto, lo emplearemos en estructuras hidráulicas y plataformas marinas. (Abanto F.,2009, p.18)

2.1.3. Agregados

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros. La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto. Por lo anterior, es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta de cemento. (Abanto. F, 2009, p.23)

Los agregados pueden ser obtenidos o producidos a partir de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas. La presencia o ausencia de un tipo geológico determinado no es suficiente para definir a un agregado como adecuado o inadecuado. (Rivva .E, 2004, p.134)

La aceptación de un agregado para ser empleado en la preparación del concreto para una obra de características determinadas, deberá basarse en la información obtenida a partir de los ensayos de laboratorio, de su registro de servicios bajo condiciones de obra similares, o de ambas fuentes de información. (Rivva .E, 2004, p.135)

Los agregados livianos y pesados pueden ser naturales o artificiales. Entre los primeros se incluyen la piedra pómez, las escorias de alto horno, o las arcillas expandidas. Entre los segundos, la limonita, la hematita, el espato pesado, o los agregados a base de mineral de hierro o trozos de acero. (Rivva .E, 2004, p.135)

2.1.3.1. Agregado fino

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el tamiz NTP 9.4mm y Cumple con los límites establecidos en la Norma 400.037 o ASTM C 33. (Rivva .E, 2000, p.179).

Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9 .5 mm (3/8 ") y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINIBC 400.037.

Las arenas provienen de la desintegración natural de las rocas; y que arrastrados por corrientes aéreas o fluviales se acumulan en lugares determinados. (Abanto .F, 2009, p.23).

El agregado podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes, libres de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto. (Rivva .E, 2000, p.180).

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Norma NTP 400.037 o ASTM C 33. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N°4 a N°100. (Rivva .E, 2000, p.180).

La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de arena. La distribución del tamaño de partículas se determina por separación con una serie de mallas normalizadas. Las mallas normalizadas utilizadas para

el agregado fino son las N°s 4, 8, 16, 30, 50 y 100. (Abanto .F, 2009, p.24).

Los requerimientos se dan en la siguiente tabla:

Tabla 3 :

Limites Granulométricos.

MALLA			PORCENTAJE QUE PASA
3/8"	9.5 mm	---	100
N° 4	4.75 mm	---	95 a 100
N° 8	2.36 mm	---	80 a 100
N° 16	1.18 mm	---	50 a 85
N° 30	600 µm	---	25 a 60
N° 50	300 µm	---	10 a 30
N° 100	150 µm	---	2 a 10

Fuente: *Abanto (2009). Tecnología Del Concreto*

La norma ASTM, exceptúa los concretos preparados con más de 300 kg/m³ de los porcentajes requeridos para el material que pasa las mallas N° 50 y N° 100 que, en este caso puede reducirse a 5% y 0% respectivamente. (Abanto .F, 2009, p.24).

Además, la norma prescribe que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular. (Abanto .F, 2009, p.24).

En general, en cuanto a granulometría se refiere, los mejores resultados se obtienen con agregados de granulometrías que queden dentro de las normas y que den curvas granulométricas suaves. (Abanto .F, 2009, p.25).

Requisitos de uso del agregado fino son los siguientes:

- El agregado fino será arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes.
- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias perjudiciales.
- Debe cumplir las normas sobre su granulometría.
- Se recomienda que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes: 1 °) Partículas deleznable: 3%, 2°) Material más fino que la malla N° 200: 5% (Abanto .F, 2009, p.26).

2.1.3.2. Agregado grueso

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz ITINTEC 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc. (Abanto .F, 2009, p.26).

En la norma E. 060 del reglamento nacional de edificaciones nos dice que el agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas. El agregado grueso deberá ser manejado como material independiente. Deberá ser procesado, transportado, manipulado, almacenado y que no se produzca contaminación por sustancias extrañas y que no se presente rotura o segregación importante en ellos. El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

(a) 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.

(b) 1/3 de la altura de la losa, de ser el caso.

(c) 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Estas limitaciones se pueden omitir si se demuestra que la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o cangrejeras.

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037 ó en la norma ASTM C 33. (Abanto .F, 2009, p.27).

Tabla 4

Límite De Graduación Agregado Grueso.

Tamaño Máxi mo Nomi nal	Porcentaje que pasan por las siguientes fallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8
2"	95 – 100	-	35 – 70	-	10 – 30	-	0 – 5	-
1 1/2"	100	95 - 100	-	35 – 70	-	10 – 30	0 – 5	-
1"	-	100	95 – 100	-	25 – 60	-	0 – 10	0 – 5
3/4"	-	-	100	90 - 100	-	20 – 55	0 – 10	0 – 5
1/2"	-	-	-	100	90 – 100	40 – 70	0 – 15	0 – 5
3/8"	-	-	-	-	100	85 - 100	10 – 30	0 - 10

Fuente: Abanto (2009). *Tecnología del Concreto* - Flavio Abanto Catillo

El tamaño máximo de los agregados gruesos en el concreto armado se fija por la exigencia de que pueda entrar fácilmente en los encofrados y entre las barras de la armadura. En ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser mayor que:

- Un quinto, de la menor dimensión, entre caras de encofrados.
- Un tercio de la altura de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, cables o ductos de presfuerzo. (Abanto .F, 2009, p.27).

Estas limitaciones están dirigidas a que las barras de refuerzo queden convenientemente recubiertas y no se presenten cavidades de las llamadas "cangrejas" .Sin embargo, pueden omitirse por excepción, si el ingeniero responsable comprueba que los métodos de puesta en obra y la trabajabilidad del concreto lo permiten. Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 1 1/2 . En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento. (Abanto .F, 2009, p.28).

Requisitos de uso del agregado grueso, son los siguientes:

- El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

- Las partículas deben estar libres de tierra, polvo, limo, humos, escamas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- Se recomienda que las sustancias dañinas no excedan los porcentajes máximos siguientes 1 °) Partículas deleznales: 5%, 2°) Material más fino que la malla N° 200: 1 %, 3.°) Carbón y lignito: 0.5%. (Abanto .F, 2009, p.28)

2.1.3.3. Características

2.1.3.3.1. Peso unitario

La Norma ASTM C-29, define el método estándar para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas. El valor obtenido, es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezclas para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. En este último caso hay que tener en cuenta que estas conversiones asumen que el material en estado natural tiene el peso unitario obtenido en la prueba estándar, lo cual no es cierto por las características de compactación indicadas. Algunas personas aplican el mismo ensayo pero sin compactar el agregado para determinar el "peso unitario suelto", sin embargo este valor tampoco es necesariamente el del material en cancha, por lo que se introducen también errores al hacer conversiones de diseños en peso a volumen. (Pasquel .E, 1998-1999, p.74)

El peso unitario está influenciado por:

- Su gravedad específica
- Su granulometría
- Su perfil y textura superficial
- Su condición de humedad
- Su grado de compactación de masa.

El peso unitario varía con el contenido de humedad. En el agregado grueso incrementos en el contenido de humedad incrementan el peso unitario. En el agregado fino incrementos más allá de la condición de saturado superficialmente seco pueden disminuir el peso unitario debido a que la película superficial de agua origina que las partículas estén juntos facilitando la compactación con incremento en el volumen y disminución de peso unitario. (Rivva .E, 2000, p.152).

2.1.3.3.2. Peso específico

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las Normas ASTM C-127 y C-128 establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación.

Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua

en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Su valor para agregados normales oscila entre 2,500 y 2,750 kg/m³. (Pasquel .E, 1998-1999, p.74)

La norma ASTM C 128 considera tres formas de expresión de la gravedad específica.

- Peso específico de masa; el cual es definido por la Norma ASTM E 12 como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.
- Peso específico de masa saturado superficialmente seco: el cual es definido como el mismo peso específico de masa, excepto que esta incluye el agua en los poros permeables.
- Peso específico aparente; el cual es definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable. (Rivva .E 2000, p.159)

2.1.3.3.3. Absorción

Se entiende por absorción, al contenido de humedad total interna de un agregado que está en condición de saturado superficialmente seco. La capacidad de absorción del agregado se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y de secado superficial. Esta condición se supone representa la que adquiere el agregado en el interior de una mezcla de concreto.

Se entiende por absorción efectiva al volumen de agua necesario para traer un agregado de la condición de secado al aire, o semi seco, a la condición de saturado superficialmente seco. (Rivva .E, 2000, p.158)

2.1.3.3.4. Humedad

Se extiende por humedad a la diferencia entre los estados saturado o húmedo y el estado saturado superficialmente seco. La humedad superficial es aquella con la que contribuirá el agregado al agua de la mezcla. (Rivva .E., 2000, p 159)

Si el agregado está saturado y superficialmente seco no puede absorber ni ceder agua durante el proceso de mezcla. Sin embargo, un agregado parcialmente seco resta agua, mientras que el agregado mojado, superficialmente húmedo, origina exceso de agua en el concreto. En estos casos es necesario reajustar el contenido de agua, a fin que el contenido de agua resulte el correcto. (Rivva .E, 2000, p.159).

2.1.4. Agua

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. (Abanto .F, 2009, p.21).

El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. (Abanto .F, 2009, p.21)

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades. (Torres .A, 2004, p.29).

Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permita verificar su calidad, Se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozcan que pueden ser utilizadas en la preparación del concreto. Adicionalmente, el agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos desfavorables sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, apariencia del concreto, o sobre los elementos metálicos embebidos en este. (Rivva .E, 2000, p.254)

El agua que a de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia, potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisible para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse A continuación se presenta, en partes por millón, los valores aceptados como máximos para el agua utilizada en el concreto. (Rivva .E, 2000, p.254)

También deberá hacerse un ensayo de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, preparando testigos con agua destilada o potable y con el agua cuya calidad se quiere evaluar, considerándose como satisfactorias aquellas que arrojen una resistencia mayor o igual a 90% que la del concreto preparado con agua potable.

Un método rápido para conocer la existencia de ácidos en el agua, es por medio de un papel tornasol, el que sumergido en agua ácida tomará un calor rojizo.

Asimismo para determinar la presencia de yeso u otro sulfato es por medio de cloruro de bario; se filtra el agua (unos 500 grs) y se le hecha algunas gotas de ácido clorhídrico; luego más gotas de solución de cloruro de bario, si se forma un precipitado blanco (sulfato de bario) es señal de presencia de sulfatos. Esta agua debe entonces mandarse analizar a un laboratorio para saber su concentración y ver si está dentro del rango permisible. (Abanto .F, 2009, p.22)

Si se tuvieran dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de ésta, para comparar los resultados con los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto. (Abanto .F, 2009, p.22)

Tabla 5

Límites Permisibles Del Agua Para Concreto

Sustancias Disueltas	Valor Máximo Admisible
Cloruros	300 P.P.M.
Sulfatos	300 P.P.M.
Sales de magnesio	150 P.P.M.
Sales solubles	1500 P.P.M.
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 P.P.M.
Materia Orgánica	10 P.P.M.

Fuente: *Abanto (2009). Tecnología del Concreto*

El agua de mar, se puede usar en la elaboración de concreto bajo ciertas restricciones que indicamos a continuación:

- a) El agua de mar puede-ser empleada en la preparación de mezclas para estructuras de concreto simple.
- b) En determinados casos puede ser empleada en la preparación de mezclas para estructuras de concreto armado, con una densificación y compactación adecuadas.
- c) No debe utilizarse en la preparación de concretos de alta resistencia o concreto que van a ser utilizados en la preparación de elementos pretensados, postensados.
- d) No debe emplearse en la preparación de mezcla, de concreto que va a recibir un acabado superficial de importancia, concretos expuestos; ya que el agua de mar tiende a producir humedad permanente y florescencia en la superficie del concreto terminado.

e) Para diseñar mezclas de concreto en las cuales se va a utilizar agua de mar, se recomienda para compensar la reducción de la resistencia final, utilizar un F_c' igual a 110% a 120% de la resistencia promedio encontrada.

f) No se utilizará el agua de mar en concretos con resistencias mayores de 175 kg/cm² a los 28 días. (Abanto .F, 2009, p.22)

La norma Peruana NTP 339 088 considera aptas para la preparación y curado de concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites.

a) El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3mg/l (3p.p.m.)

b) El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5gr/l.

c) El P.H. estará comprendido entre 5.5 y 8.0 .

d) El contenido de sulfatos, expresado como ion SO₄, será menor de 0.6 gr/l.

e) El contenido de sulfatos, expresados como ion CL, será menor de 1 gr/l.

f) El contenido de carbonatos alcalinos expresada en NaHCO₃, será menor de 1 gr/l.

g) Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm.

El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio. (Rivva .E, 2000, p.255)

2.1.5. Puzolanas

2.1.5.1. Definición

Las puzolanas son materiales inertes silíceos y/o aluminosos, que individualmente tienen propiedades aglomerantes casi nulas, pero que finamente molidas y al reaccionar químicamente con hidróxidos de Calcio y agua adquieren propiedades cementantes. Las puzolanas se obtienen por lo general de arcillas calcinadas, tierras diatomáceas, tufos y cenizas volcánicas, y de residuos industriales como cenizas volátiles, ladrillo pulverizado, etc. (Pasquel .E,1999, p.41)

2.1.5.2. Clasificación de las puzolanas

Según la NTP 334.104 y ASTM C-618 (Cementos. Adiciones minerales del concreto: puzolana cruda, natural o calcinada y ceniza volante. Especificaciones). Definen tres clases de cenizas volantes las cuales son las siguientes:

Clase F: Ceniza volante obtenidas por la calcinación de carbón bituminoso o antracítico. Cenizas que tienen propiedades puzolánicas.

Clase N: Puzolanas crudas, naturales o calcinadas, tal como las diatomitas; tufos y cenizas volcánicas, calcinadas o sin calcinar; y materiales que se necesitan de calcinación para inducir propiedades satisfactorias.

Clase C: Ceniza volante producida por la calcinación de carbón lignito o subbituminoso. Este tipo de ceniza, aparte de tener propiedades cementicias., también tiene propiedades puzolánicas.

Los requisitos químicos de las puzolanas son las siguientes:

Tabla 6

Requisitos Químicos De Las Puzolanas.

Composición Química	Clas e		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO ₂) + óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) + óxido de hierro (Fe ₂ O ₃), % mín.	70.0	70.0	50.0
Trióxido de azufre (SO ₃), % máx.	4.0	5.0	5.0
Contenido de humedad, % máx.	3.0	3.0	3.0
Perdida por calcinación, % máx.	10.0	6.0	6.0

Se puede emplear puzolana de Clase F con contenidos de hasta 12 % de pérdida por calcinación si cuenta con registros de performance o resultados de ensayo de laboratorios aceptables

Fuente: *Abanto (2009). Tecnología del Concreto*

2.1.5.3. Clasificación de las puzolanas naturales y artificiales

2.1.5.3.1. Puzolanas naturales:

Las puzolanas naturales se incorporan al cemento principalmente debido a su capacidad de reaccionar en presencia del hidróxido de calcio y el agua, permitiendo un incremento en edades posteriores, disminución del contenido de cemento, modificación del color, incremento en la durabilidad en presencia de sulfatos, e inhibición de la reacción álcali-agregados. (Rivva .E, 2000, p.355)

Tufos o tobas volcánicas (zeolitas), es el producto de la acción hidrotermal sobre las cenizas volcánicas y luego de su cementación diagenética. Tierras de diatomeas (diatomitas), puzolanas de origen orgánico. Depósitos de caparzones silíceos de microscópicas algas acuáticas unicelulares (diatomeas) (ASTM C-618 – 03 / NTP 334.104).

2.1.5.3.2. Puzolanas artificiales:

Las puzolanas artificiales son sub-productos industriales y materiales tratados térmicamente y estas se clasifican en:

- Cenizas volantes , subproducto de centrales termoeléctricas que se emplean carbón pulverizado como combustible. Se separan de los gases como el de combustión por precipitación mecánica o electrostática (ASTM-C 618 – 03 / NTP 334.104).
- Arcillas activadas térmicamente, las arcillas naturales estas no tienen actividad puzolánica a menos que se destruya su estructura cristalina con la ayuda de un tratamiento térmico, el cual tiene que ser el más adecuado. (ASTM C- 618 – 03 / NTP 334.104).
- Micro sílice, subproducto de alta pureza con carbón en hornos de arco eléctrico, gracias a la reducción del cuarzo, esto es para la producción de aleaciones de ferro silíceo o silicio. (ASTM C-618 – 03 / NTP 334.104).

2.1.6. Ceniza de bagazo de caña de azúcar

Las CBCA es un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar. Se utiliza como combustible que sirve para calentar las calderas para obtener el azúcar. La utilización de las cenizas de bagazo de caña de azúcar en diversos campos, como la agricultura, y ahora, en la construcción, será de gran aprovechamiento. Su propiedad como material cementante para utilizarlo como cemento puzolánico. Además, hay que conocer la fibra de la caña de azúcar presente entre un 40-50% de su volumen de toda la planta. (Hernández, 2011, pag23)

Para obtener, la caña de azúcar de la industria al campo es muy variada. La caña de azúcar tarda de 12 a 14 meses, desde su siembra hasta su cosecha, los medios utilizados para el corte de la caña de azúcar es a través de maquinaria o mano como son los cañeros. Lo transportan a través de camiones llenos de caña de azúcar, al ingeniero más cercano de la región. Se almacena en el patio del ingenio para su transformación en azúcar. (Hernández, 2011, pag23)

2.1.6.1. Producción de caña de azúcar en el Perú

Según registros de producción de la caña a nivel nacional en el período de 1990 a 2001 ha existido un auge de mejora respecto a la producción de años anteriores generando 6 millones de TM. El alza de la producción es más notoria a partir del año 1997 donde hubo una mejora o incremento de la superficie cosechada de caña, esta paso de 48 a 60 mil hectáreas siendo las más significativas la superficie de los sembradores. (Apaza, 2018, pag.29)

Con la reactivación de la agroindustria en el Perú, la siembra y cosecha de la caña ha experimentado un crecimiento importante y notable en el año 2009 año de mayor producción, llegando a cosechar 75,348 ha. Posteriormente se refleja que este gran desarrollo experimentado por la industria azucarera en estos tiempos está directamente relacionado con la inversión realizada por el sector privado, estos capitales privados ha comprado las tierras e ingenios de antiguas cooperativas y ex - haciendas. (Apaza, 2018, pag.29)

2.1.6.2. Proceso industrial de la obtención de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (cbca)

El proceso para poder obtener la CBCA comienza con la llegada de la caña de azúcar que previamente estas llegan en camiones, las cuales fueron cosechadas de los campos, al ingenio azucarero donde se le quita todo el jugo, este se clarifica y luego se cristaliza para poder separar el azúcar. La extracción se hace generalmente en un molino que pasa la caña entre tres o cuatro masas de acero, estos exprimen los tallos de tal manera que sacan todo el jugo. El residuo sólido fibroso que se obtiene luego que fuera exprimido se llama bagazo y es usado para hacer papel y también para quemar en las calderas, la cual se emplea como combustible. Estas calderas alcanzan temperaturas de 800°C a 1000°C. De las calderas se obtiene la CBCA, como un residuo que es almacenado en pozas, para posteriormente ser llevado a ayuda de volquetes a los campos de sembrío la cual es empleada como fertilizante.

La producción de ceniza continua, puesto que el bagazo es usado como combustible de las calderas y estas tienen un funcionamiento continuo y permanente de tal manera que el proceso se repite nuevamente

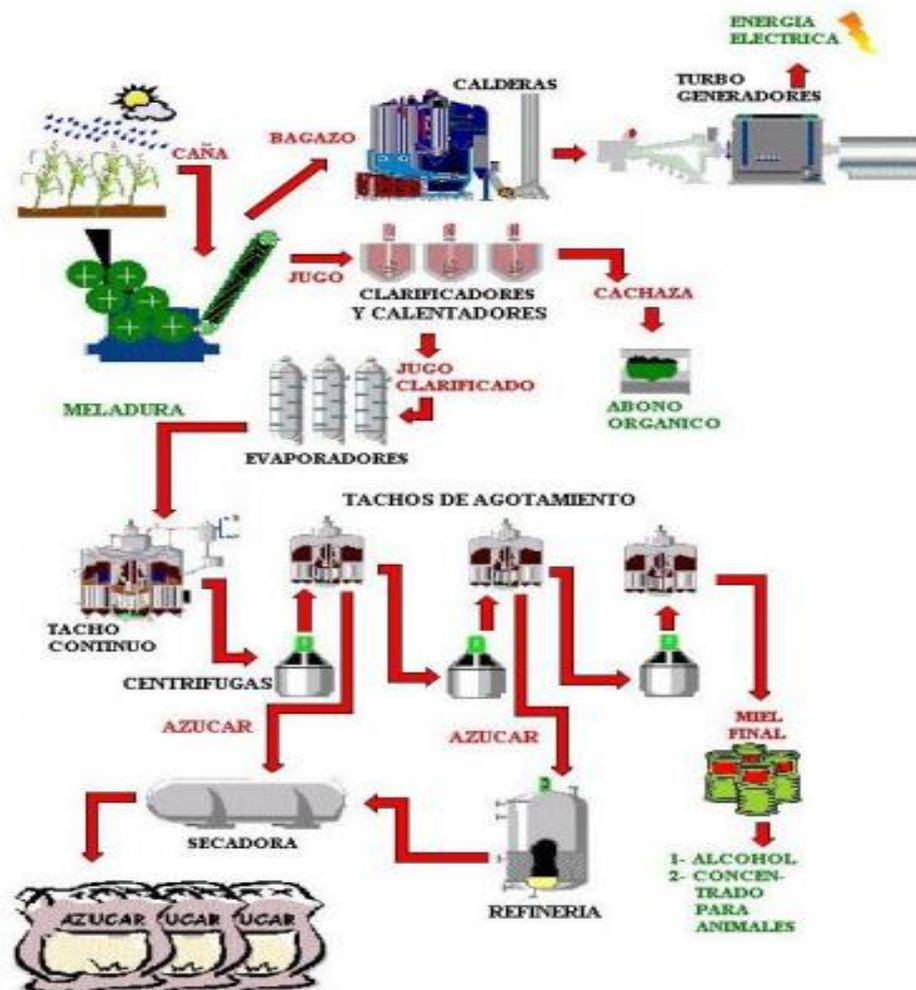


Figura 3: *Proceso Industrial de la Caña de Azúcar.*

Fuente: Tesis “Comportamiento Mecánico y Físico del Mortero a base de CBCA como Árido en Aplanados en Muros”, Hernández, 2011.

2.1.6.3. Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (cbca)

La composición de la ceniza varía según la variedad de la caña y su edad, el tipo de suelo y la cantidad de fertilizantes. La cantidad de ceniza en el bagazo depende de las condiciones atmosféricas, es decir, el tiempo es seco o húmedo. Las cantidades normales de ceniza en condiciones de poca lluvia son entre 2% y el 4% del bagazo total. Un contenido al cinco por ciento se hace común para el uso de CBCA. (Hernández .J, Uriel, 2011, p. 26)

Investigaciones correspondientes a la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el Perú evaluaron a la composición mineralógica de las cenizas a través del análisis de Difracción de Rayos X (DRX), como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7
Composición Química de la paja y del bagazo de caña de azúcar en el Perú.

CENIZA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
PAJA DE CAÑA	64.71	4.21	13.77	6.22	1.37	6.87	1.00	0.27	0.01
BAGAZO	67.52	3.5	7.6	3.5	8.95	3.75	2.17	1.7	0.03

Fuente: Hernández J. (2011). "Comportamiento mecánico y físico del mortero a base de cbca como árido en aplanados en muros"

Los componentes químicos que contiene las CBCA son ideales para ser empleados como un material cementante puzolánico por lo que posee un alto contenido de Oxido de Silicio.

2.1.6.4. Ceniza de bagazo de caña de azúcar como material puzolánico.

La actividad puzolánico de las cenizas depende de algunos parámetros tales como: el tamaño de las partículas, la temperatura de calcinación, amorfo / naturaleza cristalina y la composición química.”¹⁰ “Estudios recientes han demostrado que los desechos de la industria azucarera, principalmente ceniza bagazo caña de azúcar, tienen actividad puzolánico derivado de su alto contenido de sílice amorfa en este material.

Por su composición química la CBCA tiene altos contenidos de materiales puzolánico como el dióxido de silicio (SiO_2) y otros óxidos que producen la actividad puzolánico. También se ha demostrado que la CBCA aumenta la resistencia a compresión y a la penetración de iones de cloruro en el concreto en estado endurecido.

Por su composición química la CBCA tiene altos contenidos de materiales puzolánicos como el dióxido de silicio (SiO_2) y otros óxidos que producen la actividad puzolánico. También se ha demostrado que la CBCA aumenta la resistencia a compresión y a la penetración de iones de cloruro en el concreto en estado endurecido. (Hernández .J, Uriel, 2011, p. 28)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ensayos a realizar para el diseño de mezcla.

Los agregados, sus propiedades dependen de ciertos ensayos los cuales son utilizados en el diseño de los testigos de concreto, y a la vez estas están relacionadas con la resistencia que lleguen a alcanzar el concreto, estos ensayos son los siguientes:

- Peso seco compactado, resistencia a la compresión, peso específico, absorción, peso seco compactado, contenido de humedad, módulo de fineza, tamaño máximo nominal.

2.2.1.1. Extracción y preparación de muestras.

La (NTP 400.010,2001) nos dice que al momento de hacer el muestreo del agregado fino y el grueso, se tiene que tener cuidado de no mezclar con otro material que no corresponda a este de tal manera que se obtenga una muestra que resalten las condiciones y naturaleza del material a la cual estas representan.

2.2.1.2. Contenido de humedad.

La NTP 339.185, (2002) sirve para poder encontrar el porcentaje total de humedad evaporable de la muestra a emplear (agregado fino), el agregado grueso por secado, el cual la humedad evaporable también incluye la humedad superficial y la que contiene en los poros de dicho agregado, pero este no considera el agua que se mezcla químicamente con los minerales de los agregados, y esta no es susceptible a que se evapore por lo que no está

incluida en el porcentaje que se determina por dicho método. Se tomara una muestra cuyo peso sea igual o mayor a lo especificado en la Tabla:

Tabla 8

Tamaño de muestra de agregado

Tamaño máximo nominal de agregado (pulg)	Masa mínima de la muestra
(0.187) (N° 4)	0.5
(3/8)	1.5
(1/2)	2.0
(3/4)	3.0
(1)	4.0
(1 ½)	5.0
(2)	6.0
(2 ½)	8.0
(3)	10.0
(3 ½)	16.0
(4)	25.0
(5)	50.0

Fuente: *Norma Técnica Peruana 339.185, 2002.*

2.2.1.3. Módulo de finura.

Según la NTP 400.012, (2001), nos dice que al momento de realizar el análisis granulométrico de los agregados (fino y grueso), este método nos ayudara a determinar la distribución por tamaño de las partículas de los agregados (fino y grueso) por medio del tamizado , estas estarán separadas de tal manera que el tamiz de mayor abertura este primero y así sucesivamente hasta el que tenga menor abertura.

Agregado fino: Para poder realizar este ensayo la muestra a utilizar como mínimo debe pesar 300 gr. En estado seco.

Agregado grueso: Nos dice que al momento de proceder con el ensayo la muestra a tomar está indicada en la siguiente Tabla:

Tabla 9

Muestreo del agregado grueso

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas (pulg)	Cantidad de la muestra de ensayo, mínimo kg(lb)
(3/8)	1 (2)
(1/2)	2 (4)
(3/4)	5 (11)
(1)	10 (22)
(1 ½)	15 (33)
(2)	20 (44)
(2 ½)	35 (77)
(3)	60 (130)
(3 ½)	100 (220)
(4)	150 (330)
(5)	300 (660)

Fuente: *Norma Técnica Peruana 400.012, 2001.*

2.2.1.4. Peso unitario del agregado.

Según la NTP 400.017, (1999), este ensayo se emplea para determinar el peso unitario suelto, compactado y también calcula los vacíos en los agregados (finos y grueso), en la mezcla de ambos están basados en la misma determinación del método se aplica agregados cuyo tamaño nominal sea de 150 mm.

2.2.1.5. Peso específico y absorción del agregado grueso.

En la NTP 400.021, (2002), este ensayo se emplea para poder determinar el peso específico seco y el saturado como superficie seca el peso específico aparente y la absorción luego de 1 día del agregado grueso , el peso específico saturado con superficie seca y absorción estas se basan en agregados remojados en agua luego de 1 día con la finalidad de emplear estos valores tanto en calculo y corrección del diseño de mezcla de tal manera controlar la uniformidad y sus características del agregado.

2.2.1.6. Peso específico y absorción de agregado fino.

En la NTP 400.022, (2002), la finalidad de este ensayo es determinar el peso específico saturado y el peso específico seco con la superficie seca , la absorción y el peso específico aparente luego de 1 día del agregado.

2.2.2. Diseño de mezclas de concreto.

Este es un proceso el cual tiene como finalidad calcular las proporciones de los elementos que se emplean para obtener el concreto, cuya finalidad es tener los resultados óptimos.

Hay varios métodos de Diseño de Mezclas, de los cuales algunos pueden ser complicados debido a que hay muchas variables , las cuales dependen de los resultados que puedas tener del método a emplear, aun así no se conoce algún método cuyos resultados sean exactos , pero existe la posibilidad de utilizar alguno ya depende de cual se la ocasión.

2.2.2.1. Parámetros básicos:

-El principio de los volúmenes absolutos:

Los métodos de diseño de mezclas que son exactos, estos consisten en el principio de tener en cuenta el cálculo, los volúmenes de los componentes sin abarcar los vacíos que existen entre ellos, de tal manera que al momento de sumarlos con el aire que retiene el concreto proporcionen la unidad de medida que se esté adoptando, que generalmente es de 1m³.

Por lo tanto, se realiza los cálculos con el peso específico de los sólidos, ya sea en condición saturada superficialmente seca y/o seca, de tal manera así obtener los volúmenes sólidos de los componente de manera que al de dosificarlos sea el adecuadamente para obtener la unidad volumétrica de medida.

La resistencia en compresión y la relación agua/cemento (a/c):

En general la resistencia a la compresión es un ensayo muy primordial el cual nos informa sobre un proyecto estructural, y/o en algunas circunstancias el proyectista encargado del proyecto suele pedir una cierta durabilidad (resistencia), De esto se tiene entonces que un parámetro ineludible en el diseño de mezclas es la relación Agua/Cemento, como se vio anteriormente que al momento de evaluar los conceptos de los materiales del concreto estos parámetros sirven para regular su comportamiento.

En algunas ocasiones, las condiciones de durabilidad de ciertas estructuras de concreto están ligadas al grado de agresividad y exposición al medio ambiente y las características de operatividad.

Siendo el tema de la durabilidad bastante amplio, se trata en profundidad y se establecen una serie de criterios para elegir la relación Agua/Cemento más recomendable para cada caso particular, y así tener alternativas de decisión al respecto cuando las condiciones particulares así lo exijan.

- La granulometría de los agregados y el tamaño máximo de la piedra:

Se define como granulometría a la distribución por tamaños de las partículas de agregado. Ello se logra separando el material por procedimiento mecánico empleando tamices de aberturas cuadradas determinadas.

El agregado comprende del 65% al 80% del volumen unitario del concreto. En razón de su importancia en el volumen de la mezcla la granulometría seleccionada para los agregados fino y grueso deberá permitir obtener en las mezclas una máxima densidad, con una adecuada trabajabilidad y características de acabado del concreto fresco y con obtención de las propiedades deseadas en el concreto endurecido. (Rivva .E, 2004, 162).

El sistema usual de expresar la granulometría de un agregado es aquel en el cual las aberturas consecutivas de los tamices son constantemente dobladas. Con tal sistema y empleando una escala logarítmica se puede espaciar líneas a intervalos constantes para representar los tamaños sucesivos. Normalmente la granulometría del agregado fino se expresa en términos de los porcentajes retenidos en los Tamices ASTM N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200. (Rivva .E, 2004, 163).

Debe recordarse que los límites permisibles para el agregado fino dependen en alguna forma del perfil y las características superficiales de las partículas. Un agregado fino compuesto de partículas suaves y redondeadas puede dar resultados satisfactorios con granulometrías gruesas. (Rivva .E, 2004, 164).

Normalmente la granulometría del agregado grueso se expresa en términos de los porcentajes retenidos en los Tamices ASTM 1/4"; 3/8"; 1/2"; 3/4"; 1"; 1 1/2"; y mayores. El tamaño máximo del agregado grueso se determina a partir de un análisis por tamices y, generalmente, se acepta que es el que corresponde al tamiz inmediatamente superior a aquel en el cual queda 15% ó más de material acumulado retenido. (Rivva .E, 2004, 164).

Cuanto más fino y anguloso es el agregado supone mayor cantidad de partículas y una mayor área a ser cubierta por el agua para fines de trabajabilidad, y cuanto más grueso y redondeado, se reduce consecuentemente la cantidad de partículas y el área involucrada.

- La trabajabilidad y su trascendencia:

La trabajabilidad es la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para formar el concreto; y luego éste puede ser, para condiciones dadas de obra, manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad.

El concreto deberá ser lo suficientemente trabajable para que con los encofrados, cantidad y espaciamiento del refuerzo, procedimiento de colocación, y técnicas de consolidación utilizados, se pueda llenar completamente todos los espacios alrededor del refuerzo y permitir que la

masa fluya en las esquinas y contra la superficie de los encofrados a fin de lograr una masa homogénea sin una inconveniente separación de los ingredientes, o presencia de aire entrampado, burbujas macroscópicas, o bolsas de agua en el concreto. (Rivva .E, 2004, 205).

- Información requerida para el diseño de mezclas:

- Análisis granulométrico de los agregados
- Peso unitario compactado del agregado fino y grueso.
- Peso específico del agregado fino y grueso.
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción del agregado fino y grueso.
- Perfil y textura de los agregados
- Peso específico del cemento.
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados (Fino y Grueso).

2.2.2.2. Pasos para el proporcionamiento.

Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

- Elección de la resistencia promedio (f'_{cr}).
- Elección del Asentamiento (Slump).
- Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
- Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
- Selección de la relación agua/cemento (a/c).
- Cálculo del contenido de cemento.

- Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
- Ajustes por humedad y absorción.
- Cálculo de proporciones en peso.
- Cálculo de proporciones en volumen.
- Cálculo de cantidades por tanda.

Tablas para el diseño de Mezcla:

Tabla 10

Consistencia y asentamiento

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
SECA	0" – 2"
PLÁSTICA	3" – 4"
FLUIDA	5" – 6"

Fuente: *Enrique (2000). Diseño De Mezclas*

Tabla 11

Asentamientos recomendados para varios tipos de Obras

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ASENTAMIENTO	
	MÁXIMO	MÍNIMO
Zapatasy muros de cimentación armados.	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros.	3"	
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios.	4"	1"
Losas y pavimentos.	3"	1"
Concreto ciclópeo.	2"	1"

Fuente: *Enrique (2000). Diseño De Mezclas*

Tabla 12
Volumen unitario de agua según el tamaño de los agregados

Asentamiento	Agua en l/m ³ , para los tamaños máx. Nominales de agregado grueso indicados							
	3/8 "	1/2 "	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	19 9	190	17 9	166	154	13 0	11 3
3" a 4"	228	21 6	205	19 3	181	169	14 5	12 4
6" a 7"	243	22 8	216	20 2	190	178	16 0	-
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	17 5	168	16 0	150	142	12 2	10 7
3" a 4"	202	19 3	184	17 5	165	157	13 3	11 9
6" a 7"	213	20 5	197	18 4	174	166	15 4	-

Fuente: Pasquel (2002). *Tópicos De tecnología de Concreto*

Tabla 13
Relación agua/cemento vs f'c.

F'cr 28 días (Kg/cm ²)	RELACIÓN AGUA /CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN	CONCRETO CON
	AIRE INCORPORADO	AIRE INCORPORADO
450	0.38	-
400	0.42	-
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70

Fuente: Pasquel (2002). *Tópicos De tecnología de Concreto*

Tabla 14

Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

TAMAÑO	MODULO FINEZA AGREGADO FINO								
	MÁXIMO	2.4	2.5	2.6	2.4	2.8	2.9	3	3.1
3/8"	02	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42
1/2"	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51
3/4"	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58
1"	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63
1 1/2"	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68
2"	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70
3"	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73
6"	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79

Fuente: *Enrique (2000). Diseño De Mezclas*

2.2.2.3. Ensayo resistencia a la compresión.

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión. Se emplea la resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al incrementarse esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). (Abanto .F, 1997, p.50)

La resistencia a la compresión, es una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, esta generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. Pero el ingeniero diseñador de la mezcla debe recordar otras propiedades, tales como la durabilidad, permeabilidad, o resistencia al desgaste, pueden ser más importantes que la resistencia, dependiendo de las características y ubicación de la obra.

Es importante tener en cuenta, la resistencia a la compresión de la concreta mínima recomendada en porcentajes, con respecto al número de días de haber curado los especímenes elaborados con cemento Portland Tipo I a ensayar.

Tabla 15

Resistencia a la compresión del concreto mínima (%) según día de ensayo.

Días de ensayo	Resistencia mínima (%)
7 días	70
14 días	85
21 días	95
28 días	100

Fuente: *Instituto Americano del Concreto 318,2014.*

a) Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, muestras cilíndricas.

Según la NTP 339.034, (2008), Esta norma consiste en aplicar una carga de compresión axial a las probetas de concreto (testigos) la cual se obtiene con la ayuda de cilindros moldeados extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras se da la falla, la resistencia a la compresión de la probeta se calculada cuando se realiza la división de la carga máxima que se alcanza al momento de realizar el ensayo entre el área de la sección recta de la probeta de concreto(testigo).

b) Método de ensayo normalizado para la determinación del asentamiento de las muestras cilíndricas.

Según la NTP 339.035, (2008), El comportamiento estructural del concreto esta ligada a su diseño, las buenas prácticas del control de calidad y colocación. El control de la calidad se encarga de asegurar un material uniforme que cumpla con los requerimientos de las especificaciones de obra durante la producción del concreto.

Éste debe ser preventivo más que correctivo; por lo tanto, es muy importante la realización de ensayos al concreto en estado fresco ya que con ayuda de eso se podrá garantizar el cumplimiento de las especificaciones mínimas en estado endurecido.

2.3. Definiciones de términos

- **Sulfatos:** Son sales químicas que están presentes en los agregados, Algunas de ellas reaccionan químicamente impidiendo o modificando el proceso normal de fragua del cemento. Riva, E. “Naturaleza y Materiales del Concreto”. pag.226.
 - **Clinker:** Es un producto semiacabado de forma de piedras negras de tamaños de $\frac{3}{4}$ ” aproximadamente, obtenido de la calcinación de una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos en proporciones convenientes, hasta llegar a una fusión incipiente (Clinkerización) a 1450 °C. Torres, A. “Curso Básico de Tecnología de los Materiales”. pag.5.
 - **Segregación:** Separación de los áridos gruesos y finos. Torres, A. “Curso Básico de Tecnología de los Materiales”. pag.83.
 - **Densidad:** Es el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con $G_e = 2.5$ a 2.75 , ligeros con $G_e < 2.5$ y pesados con $G_e > 2.75$. Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso. Pasquel, E.(1999) , “Tópicos de Tecnología del Concreto en el Peru”.pag.72
 - **Permeabilidad:** Es la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido. Para lograr una mayor impermeabilidad se pueden utilizar aditivos impermeabilizantes así como mantener una relación agua cemento muy baja. Torres, A. “Curso Básico de Tecnología de los Materiales”. pag.84
- Pasta:** Es una masa muy plásticas y moldeable que se obtiene de la mezcla del cemento con agua que luego de fraguar y endurecer adquiere gran resistencia y durabilidad. Torres, A. “Curso Básico de Tecnología de los Materiales”. pag.6.

- **Consistencia:** Se considerará a la consistencia como la propiedad que determina el grado de humedad de la mezcla de concreto. Se cuantificará en términos del asentamiento de la misma, en la medida de que a mayor asentamiento implicará una mezcla más húmeda. La consistencia está relacionada con la trabajabilidad, pero no es sinónimo de ésta. Abanto,F. “Tecnología del Concreto”.pag.60
- **Curado:** El curado es un proceso que consiste en mantener húmedo al concreto por varios días después de su colocación, con el fin de permitir la reacción química entre el cemento y el agua (hidratación del cemento).Abanto,F. “Tecnología del Concreto”.pag.235
- **Resistencia:** Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión. Normalmente se mide por medio de la resistencia en compresión, para lo cual se necesita ensayar testigos cilíndricos o cúbicos de tamaño adecuado al equipo de ensayo, que se perforan o cortan de una muestra lo suficientemente grande. Pasquel, E.(1999) , “Tópicos de Tecnología del Concreto en el Peru”.pag.78
- **Aditivos:** Se denomina aditivo a las sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades y hacerlo mejor para el fin a que se destine. Abanto,F. “Tecnología del Concreto”.pag.43

2.4. Marco normativo

- Ntp 334.045-En esta norma técnica peruana, nos indica los procedimientos a seguir para poder la finura del cemento, a través de un tamizado con tamiz el cual esta normalizado (N° 325).
- Ntp 400.022-Esta norma técnica peruana se aplicó para poder ver los métodos, equipos y procedimientos que se debió realizar para obtener el Peso Específico Y Absorción Del Agregado.
- Norma Ntp 339.185/Astm C-566-La presente normas tiene como objetivo establecer los pasos correctos a seguir para poder calcular el Contenido De Humedad de los agregados.
- ITINTEC 334.038, o 334.040- Estas normas encontramos las definiciones de las características químicas y físicas de los cementos Portland normal tipo según se mencionan a continuación: I, II y V.
- Norma ITINTEC 334.044 y la Norma ASTM C 595-Las presentes normas tiene por objeto definir los requisitos tanto físicos como químicos de los cementos Portland puzolánico Tipo IP y IPM.
- Comité ACI 318-2011-Asociación Del Concreto Internacional el cual nos indica los pasos que se realizaron para poder elaborar un Diseño De Mezcla del concreto según la resistencia que se desee alcanzar.
- Ntp 400.012- Esta norma técnica determina la distribución de partículas a través de una serie de tamices la cual tiene una abertura cuadrada tanto para las partículas del agregado fino como grueso, la cual se le conoce como el análisis granulométrico del agregado, de tal manera para poder elaborar concreto.

- Norma ITINTEC 400.037-Esta norma se aplicó para poder tener definiciones sobre los límites granulométricos del agregado fino y del agregado grueso, el agregado fino es aquel que pasa el Tamiz 3/8” y el agregado grueso al material que se retiene en el Tamiz N°4.
- Ntp 400.017 -Esta norma se empleó para determinar el Peso Unitario suelto de los agregados empleados para la obtención del concreto.
- Norma ITINTEC 334.088, En esta norma se encuentra los requisitos que se debe tener para poder utilizar el agua en la elaboración del concreto y el curado de este mismo.
- NTP 334.090 Y ASTM C-618 definen a la puzolana como “material silíceo - aluminoso, que finamente dividido y en presencia de agua, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas”
- NTP 339.035- Esta norma indica los procedimientos, equipos y métodos para poder obtener el Asentamiento del Concreto.
- Norma Astm C33- En esta norma se necesita que el agregado fino tenga un módulo de fineza, la cual está entre 2,30 y 3,10, la cual se empleó para tener verificar que el resultado sea el adecuado.
- NTP 339.034- Esta norma se empleó para poder realizar los procedimientos adecuados para poder obtener la Resistencia a la Compresión del Concreto.
- NTP 334.104 y ASTM C-618 Estas normas definen tres clases de cenizas volantes.
- Clase F: Ceniza volante, estas se obtienen por la calcinación de carbón antracítico o bituminoso. Cenizas que poseen propiedades puzolánicas.

- Clase N: Puzolanas entre ellas tenemos las naturales, crudas o calcinadas, tal como las diatomitas; tufos y cenizas volcánicas, calcinadas o sin calcinar; y materiales que requieren de calcinación para inducir propiedades satisfactorias.
- Clase C: Ceniza volante la cual se produce por la calcinación de carbón subbituminoso o lignito. Esta clase de ceniza, además de poseer propiedades puzolánicas, también tiene propiedades cementicias.

A red banner with a white border and wavy edges, containing the text 'CAPÍTULO III'.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y

MÉTODOS

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación

Investigación Aplicada

3.2. Nivel de investigación

Es experimental-descriptivo, dado que recogemos los datos y experiencias de tesis anteriores que utilizaron a la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar como materia prima para la sustitución para el concreto simple o para concreto armado.

3.3. Unidad de análisis

Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

3.4. Ubicación

Distrito: Nuevo Chimbote - Provincia: Santa - Región: Ancash

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Conjunto de probetas con un diseño de concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.5.2. Muestra

En concreto fresco

Para la trabajabilidad del concreto se tuvo que hacer la medición del asentamiento, con los siguientes procedimientos:

- 6 Probetas Patrón (Muestra PP), de las cuales 2 muestras se realizaron para los 7 días, 2 para los 14 días y 2 para los 28 días
- 6 Probetas con sustitución del 2% de CBCA relativo al peso del cemento (Muestra 2PC), de las cuales 2 muestras se realizaron para los 7 días, 2 para los 14 días y 2 para los 28 días.

- 6 Probetas con sustitución del 3% de CBCA relativo al peso del cemento (Muestra 3PC), de las cuales 2 muestras se realizaron para los 7 días, 2 para los 14 días y 2 para los 28 días.
- 6 Probetas con sustitución del 4% de CBCA relativo al peso del cemento (Muestra 4PC), de las cuales 2 muestras se realizaron para los 7 días, 2 para los 14 días y 2 para los 28 días.
- 6 Probetas con sustitución del 9% de CBCA relativo al peso del cemento (Muestra 9PC), de las cuales 2 muestras se realizaron para los 7 días, 2 para los 14 días y 2 para los 28 días.
- 6 Probetas con sustitución del 18% de CBCA relativo al peso del cemento (Muestra 18PC), de las cuales 2 muestras se realizaron para los 7 días, 2 para los 14 días y 2 para los 28 días.
- 6 Probetas con sustitución del 27% de CBCA relativo al peso del cemento (Muestra 27PC), de las cuales 2 muestras se realizaron para los 7 días, 2 para los 14 días y 2 para los 28 días.

3.6. Variables

3.6.1. Variable independiente

- Cenizas de bagazo de caña de azúcar.

3.6.2. Variable dependiente

- Mezcla de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.6.3. Matriz de consistencia (cuadro con preguntas, objetivos, hipótesis, variables)

Tabla 16

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	HIPOTESIS	METODOS
¿Podrá las cenizas de caña de azúcar ser un reemplazante alternativo del Cemento Portland?	<p>OBJETIVO PRINCIPAL Elaborar un concreto hidráulico estructural sustituyendo porcentualmente al Cemento Portland por las cenizas de bagazo de caña de azúcar.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Cenizas de bagazo de caña de azúcar.</p>	<p>Utilizar las cenizas del bagazo de caña de azúcar en sustitución porcentual del cemento Portland, entonces se logrará elaborar un concreto hidráulico con mejores propiedades físicas y mecánicas.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACION Investigación Aplicativa</p>
	<p>OBJETIVOS SECUNDARIOS - Determinar el diseño patrón para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Determinar el porcentaje ideal de las Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar en la elaboración del concreto hidráulico. - Calcular los valores de resistencia a compresión del concreto sustituyendo el 9%, 18% ,27%- 2%,3% y 4% de ceniza de bagazo de caña de azúcar con respecto al cemento portland. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico sustituido por las Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar.</p>	<p>VARIABLES DEPENDIENTES Mezcla de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.</p>		

Fuente: *Elaboración propia.*

3.6.4. Operacionalización de variables (cuadro con definición de variables, dimensiones, indicadores, herramientas, métodos)

Tabla 17

Operacionalización de variable independiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	MEDICIÓN
Variable Independiente: Mantener o mejorar las propiedades físicas y mecánicas del diseño de concreto.	Propiedades del Concreto: El comportamiento Reologico del concreto fresco depende de su relación de agua / cemento, Grado de hidratación, tamaño de partículas, el mezclado y la temperatura.	Al realizar el ensayo de probetas se analizó la trabajabilidad y consistencia del concreto hidráulico al sustituirle porcentualmente CBCA por Cemento Portland mediante la visualización y percepción del concreto al tener una facilidad para ser mezclado, manipulado y puesto en los moldes de probetas.	Propiedades físicas en estado fresco y endurecido. Ensayo de Resistencia a la Compresión	-Slump. -Módulo de fineza -Roturas de probetas a los 7, 14 y 28 días.	Razón.

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 18

Operacionalización de variable dependiente.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	MEDICIÓN
Variable Dependiente: Variación porcentual de cenizas de bagazo de caña de azúcar.	<p>Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar: El residuo sólido fibroso que se obtiene luego que fuera exprimido se llama bagazo y es usado para hacer papel y también para quemar en las calderas, la cual se emplea como combustible. Estas calderas alcanzan temperaturas de 800°C a 1000°C. De las calderas se obtiene la CBCA, como un residuo que es almacenado en pozas, para posteriormente ser llevado a ayuda de volquetes a los campos de sembrío la cual es empleada como fertilizante. La producción de ceniza continua, puesto que el bagazo es usado como combustible de las calderas y estas tienen un funcionamiento continuo y permanente de tal manera que el proceso se repite nuevamente.</p>	Espectrómetro de Fluorescencia	Ensayo de Resistencia a la Compresión	Componentes químicos del CBCA.	Razón.

Fuente: *Elaboración propia.*

3.7. Instrumentos

Se utilizó como técnica la observación y recolección de datos; como instrumentos los protocolos validados por:

- NTP
- ACI
- ASTM
- MTC en el Manual de Ensayos de Materiales

3.8. Procedimientos

3.8.1. Ensayos realizados a los agregados

A.- Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo)

Se colocó la muestra sobre una superficie dura, limpia y horizontal evitando cualquier pérdida de material o la adición de sustancias extrañas.

Se mezcló bien hasta formar una pila en forma de cono, repitiendo esta operación cuatro veces.

Cada parte tomada de la base se deposita en el lado superior del cono, de modo que el material caiga uniformemente por los lados del mismo.

Cuidadosamente se aplana y se extiende la pila cónica hasta darle una base circular, espesor y diámetro uniforme, presionando hacia abajo con la cuchara de pala, de tal manera que cada cuarteo del sector contenga el material original. El diámetro debe ser aproximadamente cuatro a ocho veces el espesor.

Se procede luego a dividir diametralmente el material en cuatro partes iguales, de las cuales se separan dos cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino limpiando luego con cepillo o escoba los espacios libres.

Los dos cuartos restantes se mezclan sucesivamente y se repite la operación hasta

obtener la cantidad de muestra requerida.

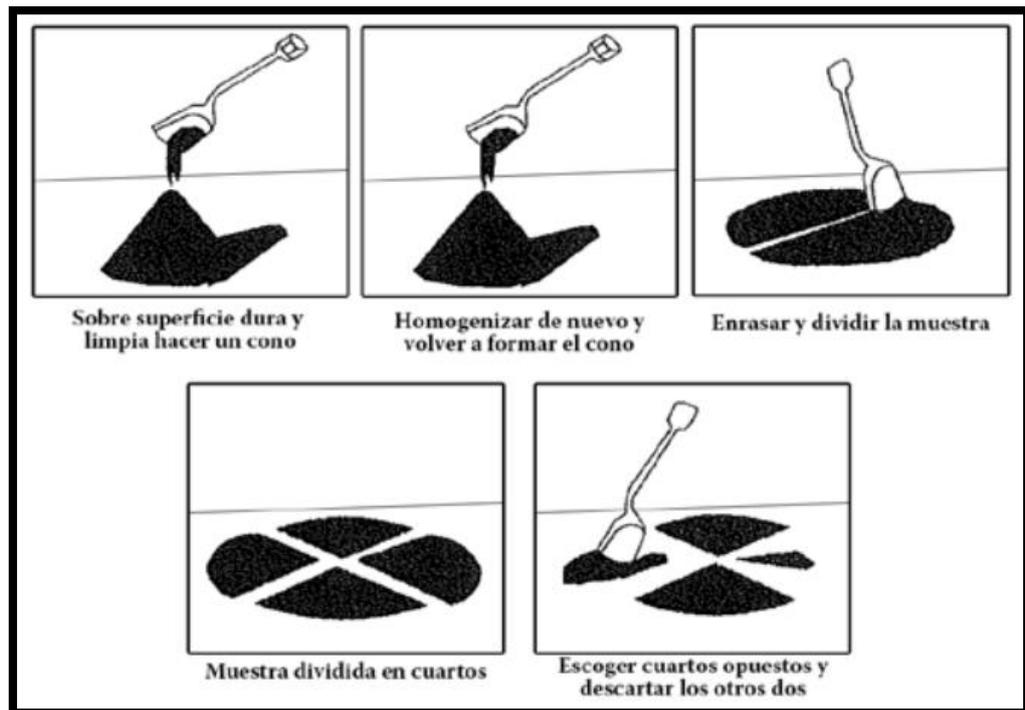


Figura.4: Cuarteo de agregados

Fuente: *Dialnet-MetodoDeReduccionDeMuestraParaEnsayosDeLaboratorio-6240935.pdf*

B.- Determinación de la granulometría (análisis granulométrico) del agregado fino y grueso según la norma ntp 400.012/astm c-136

- Se seleccionó por el método B. Cuarteo descrita en la norma ASTM C702.
- Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Luego se pesó una muestra de 2000 gr para agregado fino y 5000 gr para agregado grueso.
- Se seleccionó los tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado.
- Se enajó los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra en el tamiz superior.

- Se le agitó los tamices manualmente por un periodo aproximadamente de 10 min.
- Se verificó la eficiencia del tamizado de acuerdo a la NTP 400.012 Ítem 8.4.
- Se anotó los datos obtenidos, calculándose el porcentaje retenido, porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa y así determinar el módulo de finura del agregado fino.

La cantidad de material usado fue:

Agregado fino: La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, fue de 2000 gr.

Agregado grueso: La cantidad de la muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la tabla N°19.

Tabla 19
Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la muestra de ensayo, mínimo Kg (Lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20(44)
63 (2 ½)	35 (77)
73 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (600)

Fuente: Norma técnica peruana -400.012, 2001

Cálculo

Se calculó el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos sobre cada tamiz, aproximación al 0.1%.

Se calculó el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 µm (Nº 100); 300 µm (Nº 50); 600 µm (Nº 30); 1.18 µm (Nº 16); 2.36 mm (Nº 8); 4.75 mm (Nº 4); 9.5 mm (3/8"); 19.0 mm (3/4"); 37.5 mm (1 ½") y mayores; incremento en la relación 2 a 1.

Este ensayo se realizó para el agregado fino y grueso que posteriormente se usarían para producir el concreto para las probetas y vigas según la norma NTO 400.012/ASTM C-136.

De este ensayo el dato que se obtuvo del agregado fino fue el módulo de fineza para posteriormente usarlo en el diseño de mezcla.

$$MF = \frac{\text{Tamiz No.}(4+8+16+30+50+100)}{100} \quad \text{Ecuación 1.}$$

C.- Determinación del contenido de humedad del agregado fino y grueso según la norma ntp 339.185/astm c-566.

Se pesaron y codificaron cada recipiente.

- Se pesó una masa de muestra para agregado fino y grueso con precisión del 0.1%.
- Luego se colocó cada muestra en el horno por un tiempo de 24 horas.
- Se pesó las muestras secas con precisión del 0.1% después que se haya secado y enfriado para no dañar la balanza.
- Se anotó dichos pesos, para luego calcular el contenido de humedad de los agregados.

Se dispuso de una muestra representativa del contenido de humedad de la fuente de abastecimiento que se está evaluándose con una masa no menor de la cantidad indicada en la tabla Nº 30.

La muestra deberá protegerse contra la pérdida de humedad antes de determinar su masa.

Tabla 20
Tamaño de la muestra del agregado

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en Kg
4.75 (0.187) (N° 04)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
5.0 (1)	4.0
37.5 (1 ½)	6.0
50.0 (2)	8.0

Fuente: *Norma técnica peruana 339.185, 2002*

Cálculo

Se realizó el contenido de humedad con 2 muestras, tanto para el agregado fino y agregado grueso, posteriormente para poder sacar un promedio y así poder usarlo en el diseño de mezcla.

Se calculó el contenido de humedad de la muestra con las siguientes fórmulas:

$$H = (W \times 100\%) / D; W = A - C; D = B - C \quad \text{Ecuación 2.}$$

H= Contenido de humedad (%)

W= Peso de agua, en gramos.

D= Peso de las partículas sólidas, en gramos.

B= Peso de la tara más muestra húmeda, en gramos.

A= Peso de la tara más muestra seca, en gramos.

C= Peso de la tara, en gramos.

D.- Peso unitario del agregado fino y grueso según la norma ntp 400.017/astm c-29.

Este método de ensayo cubre la determinación de peso unitario suelto o compacto y el cálculo de vacíos en el agregado fino y grueso.

Tabla 21:
Peso unitario de agregado fino y grueso

Tamaño Máximo Nominal del Agregado		Capacidad de la Medida	
mm	Pulgadas	L (m³)	P3
12.5	1/2	0.8 (0.0028)	1/10
25.0	1	2.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 ½	4.0 (0.014)	½
75.0	3	8.0 (0.028)	1
112.0	4 ½	20.0 (0.070)	2 ½
75.0	6	300.0 (0.100)	3 ½

Fuente: *Norma técnica peruana 400.017, 1999.*

(*) La medida indicada será utilizada para ensayar agregados con tamaño máximo nominal igual o menor.

Peso unitario suelto seco para agregado grueso y fino.

- Se pesó el recipiente cilíndrico.
- Luego se procedió a llenar el recipiente con el cucharón a una altura no mayor de 50 mm (2") por encima de la parte superior del recipiente.
- El agregado sobrante se eliminó con la barra de 5/8".
- Se determinó el peso del recipiente más el agregado (grueso o fino) y se anotaron.
- El procedimiento anterior se repitió 4 veces, para luego determinar el promedio del peso unitario suelto seco.

Peso unitario compactado seco para agregado grueso y fino.

- Se llenó la tercera parte del recipiente de medida y se nivela con la mano.
- Se apisonó la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes

distribuidos uniformemente sobre la superficie.

- Se llenó hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes.
- Finalmente, se llenó la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.
- Se determinó el peso del recipiente de medida más su contenido y se registra.

Cálculo

Se determinó el peso unitario volumétrico suelto y compactado del agregado fino y grueso usando las siguientes fórmulas:

$$PUSS = (1000(Pmm - Pm))/Vm; PUC = (1000(Pmmc - Pm))/Vm \text{ Ecuación 3.}$$

Donde:

Pm = Peso de molde en gramos

Pmm = Peso de molde más muestra

Vm = Volumen del molde, en cm^3

$PUSS$ = Peso unitario suelto seco, en kg/m^3

PUC = Peso unitario compactado, en kg/m^3

$Pmmc$ = Peso del molde más muestra compactada, en gramos.

E.- Determinación del peso específico del agregado grueso según la norma ntp 400.021/astmc-127

Se secó la muestra a peso constante, a una temperatura de $110^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$, ventilar en un lugar fresco a temperatura ambiente de 1 hr a 3 hr hasta enfriar o una temperatura que sea cómoda al tacto.

- Inmediatamente se sumergió el agregado en agua a una temperatura ambiente por un periodo de $24 \text{ hr} \pm 4 \text{ hr}$.
- Se removió la muestra del agua y se hizo rodar en un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda la película de agua visible, aunque la superficie de las partículas todavía parezca húmeda. Secar separadamente en fragmentos más

grandes.

- Se obtuvo el peso de la muestra con la condición de saturación con superficie seca.
- Después de pesar, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre $23^{\circ}\text{C} \pm 1.7^{\circ}\text{C}$.
- Se sacudió mientras se sumergía para remover el aire atrapado.
- Posteriormente se dejó secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se deja enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 h a 3 h o a una temperatura adecuada para el tacto y se pesa.
- Se anotó todos los pesos con aproximación de 0.5 gr.

Peso mínimo de la muestra de ensayo que fue usado se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 22
Peso mínimo de la muestra de ensayo.

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo Kg (Lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 1/2)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 1/2)	12 (26)
75 (3)	15 (40)
90 (3 1/2)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112 (4 1/2)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Fuente: *Norma técnica peruana 400.021, 2002*

Cálculo

Se emplea el material que es retenido por el tamiz N° 4.

Obtenidos los datos correspondientes se procede al cálculo de la determinación de los pesos específicos (kg/cm³).

$$\text{P.e. Bulk (Base seca)} = D/C$$

$$\text{P.e. Bulk (Base saturada)} = A/C$$

$$\text{P.e. Aparente (Base seca)} = D/E$$

$$\text{Absorción (\%)} = ((D-A) / A) * 100$$

Donde:

A= Peso material saturado superficialmente seco (aire)

B= Peso material saturado superficialmente seco (agua)

C= Volumen de masa + volumen de vacíos; $C = A - B$

D= Peso de material seco en estufa

E= Volumen de masa $E = (C - (A - D))$

F.- Determinación del peso específico del agregado fino según la norma ntp 400.022/ astm c-128

- Se colocó aproximadamente 1000 gr del agregado fino, obtenido por el método del cuarteo y secado a peso constante $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se cubrió la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas.
- Se extendió sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia, para garantizar un secado uniforme.
- Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado no se adhieran marcadamente entre sí.
- Luego se colocó el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25

alcanzando una condición de superficie seca.

- Si el agregado se derrumba al quitar el molde esto indica que ha alcanzado una condición de superficie seca.
- Se introdujo de inmediato en el frasco una muestra de 500 gramos del material preparado, se llena de agua hasta alcanzar aproximadamente la marca de 1000 cm³ a una temperatura de 23°C ± 2°C.
- Se dejó reposar una hora, luego se llena con agua hasta 1000 cm³ y se determina el peso total de agua introducida en el frasco con aproximación de 0.1 gr.
- Se sacó el agregado fino del frasco, se seca a peso constante a una temperatura 110°C ± 5°C, se tendría a temperatura ambiente y se pesa.

Cálculo:

Se emplea el material que pasa el tamiz N° 4, disgregando los terrones, si los tuviese para que pase por el tamiz N° 4, y la muestra seca representativa.

Obtenidos los datos correspondientes se procede al cálculo de la determinación de los pesos específicos (kg/cm³)

$$\text{P.e. Bulk (Base seca)} = D/C$$

$$\text{P.e. Bulk (Base saturada)} = A/C$$

$$\text{P.e. Aparente (Base seca)} = D/E$$

$$\text{Absorción (\%)} = ((D-A) / A) * 100$$

Donde:

A= Peso material saturado superficialmente seco (aire)

B= Peso material saturado superficialmente seco (agua)

C= Volumen de masa + volumen de vacíos; C = A – B

D= Peso de material seco en estufa

$E = \text{Volumen de masa } E = (C - (A - D))$

$F = \text{Peso de material seco en estufa}$

$G = \text{Volumen de masa} + \text{volumen de vacíos}; G = (E - (A - F))$

3.8.2. Diseño de mezcla del concreto

Determinadas las propiedades físico-mecánicas de los agregados, se procedió a realizar el diseño de mezclas patrón de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, usando el método del comité ACI 211.

El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente la aplicación técnica y practica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo. (Rivva Lopez. 2000, pág. 171)

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en algunas tablas presentadas en los capítulos anteriores, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica de concreto.

El procedimiento para la selección de las proporciones que se presentan en este capítulo es aplicable a concretos de peso normal y a las condiciones que para cada una de las tablas se indican en ellas.

Aunque los mismos datos básico y procedimientos pueden ser empleados en el diseño de concretos pesados y concreto ciclópeos, al tratar estos se da la información complementaria.

Es usual que las características de obra establezcan limitaciones a quien tiene la responsabilidad de diseñar la mezcla. Entre limitaciones pueden estar:

- Relación agua-cemento máxima.
- Contenido mínimo de cemento.
- Contenido máximo de aire
- Asentamiento.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Resistencia en compresión mínima.

Requisitos especiales relacionados con la resistencia promedio, el empleo de aditivos, o la utilización de tipos especiales de cemento o agregados.

La estimación de las cantidades de materiales requeridas para preparar una unidad cubica de concreto implica una secuencia cuyo cumplimiento permite, en función de las características de los materiales, preparar la mezcla adecuada para el trabajo que se va a efectuar.

Pasos en el diseño de la mezcla de concreto.

Selección de la resistencia promedio (f'_{cr})

Las mezclas de concreto deben diseñarse para una resistencia promedio cuyo valor es siempre superior al de la resistencia de diseño especificada por el ingeniero proyectista.

La diferencia entre ambas resistencias está dada y se determina en función del grado de control de la uniformidad y de la calidad del concreto realizado por el contratista y la inspección.

Esta resistencia va estar en función a la experiencia del diseñador o la disponibilidad de información que tenga el mismo.

El comité ACI 318 – 99 muestra tres posibles casos que se podrían presentar al tratar de calcular de la resistencia requerida f'_{cr} .

- Caso 1

Si se contarán con datos estadísticos de producción en obra, así como resultados de la rotura de probetas. En este caso, se utilizarán las siguientes fórmulas para calcular el f'_{cr} .

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34D_s$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33D_s$$

Ecuación 4.

Donde:

f'_c : Resistencia a la compresión especificada (kg/cm^2)

f'_{cr} : Resistencia a la compresión requerida (kg/cm^2)

D_s : Desviación estándar en obra (kg/cm^2)

De ambos resultados se acogerá el mayor valor, siendo este el f'_{cr} requerido con el cual vamos a diseñar.

- Caso 2

Cuando no contamos con suficientes datos estadísticos (entre 15 y 30 resultados).

En este caso se utilizarán las fórmulas anteriores, donde al valor de D_s se amplificará por un factor de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 23
Desviación standard cuando se tienen menos de 30 ensayos

No de Ensayos	FACTOR DE INCREMENTO
Menos de 15	Usar Tabla 8.6
15	1.16
20	1.03
30 o más	1.00

Fuente: *Pasquel (2000). Tópicos de tecnología del concreto.*

Entonces para calcular el f'_{cr} tendremos:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34(\alpha D_s)$$

Ecuación 5.

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33(\alpha D_s) - 35$$

Donde: α = factor de amplificación

- Caso 3

Contamos con escasos (menos de 15 ensayos) o ningún dato estadístico. Para este caso el Comité del ACI nos indica aplicar la siguiente tabla para determinar el f'_{cr} .

Tabla 24

f'cr aplicable cuando no se dispone de resultados para definir la desviación estándar

f'cr especificado	f'cr (kg/cm²)
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Mayor de 350	$f'_c + 98$

Fuente: Pasquel (2000). Tópicos de tecnología del concreto

Cálculo de la desviación estándar.

Si la compañía constructora tiene un registro de sus resultados de ensayos de obras durante los últimos doce meses, el cual está basado en por lo menos 30 resultados de ensayos consecutivos de resistencia en compresión, o en dos grupos de resultados de ensayos que totalizan por lo menos 30 y se han efectuado en dicho período, deberá calcularse la desviación estándar de estos resultados.

El registro de los resultados de ensayos de resistencia en compresión, a partir del cual se calculará la desviación estándar deberá:

- a) Representar materiales, procedimientos de control de calidad, y condiciones de trabajo similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar. Las

diferencias existentes en materiales y proporciones del registro del conjunto de ensayos no deberán ser más rigurosos que aquellas que se ha especificado para la otra propuesta.

- b) Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia en compresión de diseño especificada del orden de la del trabajo.
- c) Consistir de por lo menos 30 resultados de ensayos consecutivos, o de dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

Para las condiciones indicadas la desviación estándar se calculará a partir de los resultados con que se cuenta, aplicando la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - X)^2 + (X_2 - X)^2 + \dots + (X_n - X)^2}{n-1}} \quad \text{Ecuación 6.}$$

Donde:

S= Desviación estándar

n= Numero de ensayos de la serie

X1, X2,..Xn= Resultados de resistencia de muestras de ensayos individuales.

X= Promedio de todos los ensayos individuales de una serie.

Cálculo de la resistencia promedio requerida.

La resistencia a la compresión promedio requerida, la cual ha de emplearse como base para la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, deberá ser el mayor de los valores obtenidos a partir de la solución de las ecuaciones 1 y 2, en las que se empleará, según el caso, la desviación estándar calculada de acuerdo a lo indicado en la anterior.

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'_c + 1.33(s) \\ f'_{cr} &= f'_c + 2.33(s) - 35 \end{aligned} \quad \text{Ecuación 7.}$$

Donde:

S= Desviación estándar

La ecuación (1) da una probabilidad de 1 en 100 d que el promedio de tres resultados de ensayos esté por debajo de la resistencia de diseño especificada.

La ecuación (2) da una probabilidad similar de que los resultados individuales de ensayos estén 35 kg/cm^2 por debajo de la resistencia de diseño especificada.

Cuando no se cuente con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de desviación estándar de acuerdo a lo indicado anteriormente, la resistencia promedio requerida deberá ser determinada empleando los valores en la tabla anterior.

Tabla 25
Resistencia a la compresión promedio

f'cr especificado	f'cr (kg/cm²)
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
Mayor de 350	f'c + 98

Fuente: *Enrique (2002). Diseño de mezclas*

Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso

La norma ITINTEC 400.037 define al “Tamaño Máximo” como aquel que “corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso”.

La norma ITINTEC 400.037 define al “Tamaño Máximo Nominal” como aquel que “corresponde al menos tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido”.

La Tabla anterior presenta las curvas granulométricas que corresponden a tamaños nominales comprendidos entre 2” y 3/8”. Esta tabla corresponde a la clasificación de la Norma ASTM C-33.

Tabla 26
Tamaño máximo nominal comprendidos entre 2" y 3/8

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASAN POR LAS SIGUIENTES FALLAS							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
1/2"	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10

Fuente: *Enrique (2002). Diseño de mezclas*

Selección del asentamiento (slump)

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

- a) Mezclas secas; aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (0 mm a 50 mm).
- b) Mezclas plásticas; aquellas cuyo asentamiento esta entre tres y cuatro pulgadas (75 mm a 100 mm)
- c) Mezclas fluidas; aquellas cuyo asentamiento es mayor a 5 pulgadas (mayor de 125 mm)

Para poder escoger dicha consistencia y asentamiento se emplea la tabla N°09.

Selección del agua de mezclado y contenido de aire.

La selección del volumen unitario de agua se refiere a la determinación de la cantidad de agua que se debió incorporar a la mezcladora, por unidad cubica

de concreto, para obtener una consistencia determinada cuando el agregado está al estado seco.

Tabla 27

Contenido de aire atrapado

TNM DEL AGREGADO GRUESO	AIRE ATRAPADO %
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: American concrete institute-211

Selección de la relación agua/cemento (a/c)

Desde que la mayoría de las propiedades deseables en el concreto endurecido dependen de la calidad de la pasta, producto final del proceso de hidratación del cemento, se considera que una de las etapas fundamentales en la selección de las proporciones de una mezcla de concreto es la elección de la relación agua-cemento más adecuada.

La relación agua-cemento de diseño, que es el valor a ser seleccionado de las Tablas, se refiere a la cantidad de agua que intervino en la mezcla cuando el agregado está en condición de saturado superficialmente seco, es decir que no toma ni aporta agua. La relación agua-cemento efectiva se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se tiene en consideración la condición real de humedad del agregado.

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante

que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

Por resistencia. La selección de la relación agua-cemento por resistencia se hace partiendo del criterio de que esta propiedad es la más fácilmente mensurable y que, dentro de ciertas limitaciones, está regulada por la relación de la cantidad de agua a la cantidad de cemento en la unidad cúbica de mezcla. Ver tabla N°

Cálculo del contenido de cemento

Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y la relación agua-cemento seleccionada, se determina el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante el simple expediente de dividir el volumen unitario de agua, expresado en litros por metro cúbico, entre la relación agua-cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento de la unidad cúbica de concreto.

Selección del agregado

La selección de las proporciones de los agregados fino y grueso en la unidad cúbica de concreto tiene por finalidad obtener una mezcla en la que, con un mínimo contenido de pasta, se puedan obtener las propiedades deseadas en el concreto.

Para ellos es deseable que la granulometría total de las partículas de agregado sea tal que el volumen de vacíos, o espacios entre partículas, sea mínimo.

Se determinó el contenido de agregado grueso mediante la tabla 20, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino.

Ello permitió obtener un coeficiente b/b_0 resultante de la división del peso seco del agregado grueso requerido por la unidad cúbica de concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso expresado en kg/m^3 .

Ajustes por humedad del agregado

Las cantidades de agregado que deben ser pesadas para preparar el concreto deberán considerar la humedad de aquel. Generalmente en obra los agregados están en condición de humedad y su peso seco deberá incrementarse en el porcentaje de agua que ellos contienen, tanto la absorbida como la superficial.

El agua de mezclado incorporada a la mezcladora deberá ser algebraicamente reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal al contenido de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

El agregado, desde el punto de vista de humedad, puede estar en obra en cuatro condiciones:

Seco, cuando su superficie como sus poros internos está totalmente libres de agua.

Esta es una condición teórica para la cual se calcula los contenidos de agregado fino y grueso antes de corregir la mezcla por humedad del agregado.

Semiseco, cuando la superficie del agregado está seca pero sus poros internos están parcialmente llenos de agua. Esta condición es también conocida como secado al aire. Ella siempre es menor que la absorción del agregado.

Saturado superficialmente seco, cuando la superficie del agregado está húmeda, pero la totalidad de sus poros internos están llenos de agua.

Se considera la condición ideal del agregado porque en ella ni aporta ni toma agua de la mezcla.

Húmedo o mojado, cuando el agregado está saturado superficialmente seco y adicionalmente presenta humedad superficial, la cual puede contribuir a incrementar el agua de mezclado y obliga.

3.8.3. Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio

El objetivo es establecer el procedimiento para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto compactado por apisonado o vibración.

- **Moldes:** los moldes para las muestras y los sujetadores de dichos moldes que deben estar en contacto con el concreto deben ser de acero, hierro forjado o de otro material no absorbente y que no reaccione con el concreto utilizado en los ensayos. Los moldes deben estar hechos conforme a las dimensiones y tolerancias especificadas en el método en el cual van a ser usados.

Los moldes deben de ser herméticos de tal forma que no se escape el agua de la mezcla contenida.

Los moldes cilíndricos deben estar hechos de un metal de alta resistencia o de otro material rígido no absorbente.

Los moldes cilíndricos deben ser de forma rectangular (salvo que se especifique de otro modo) y de las dimensiones requeridas para producir especímenes del tamaño deseado.

La superficie interior del molde debe ser lisa, y las caras interiores deben ser perpendiculares entre si y libres de torceduras u ondulaciones.

- Varilla compactadora: debe ser de acero, cilíndrica y su extremo compactador debe ser hemisférico con radio igual al radio de varilla. Pueden ser de diámetro 5/8" con 24" de longitud o diámetro de 5/8" con 12" de longitud.
- Martillo: debe ser de caucho, que pese 0.57 ± 0.23 kg.
- Vibradores internos: pueden ser de eje rígido o flexible, preferiblemente accionados por motores eléctricos. La frecuencia de vibración debe ser de 7000 rpm o mayor. El diámetro de un vibrador redondo no debe ser mayor de la cuarta parte del diámetro del cilindro ni de la cuarta parte del ancho de la viga o del molde prismático. Vibradores de otras formas deberán tener un perímetro equivalente a la circunferencia de un vibrador redondo apropiado.
- Vibradores externos: Pueden ser de mesa o de plancha. La diferencia de vibración deber ser de 3600 rpm o mayor y su construcción debe ser tal, que el molde quede firme y asegurado sobre la mesa. Se debe usar un tacómetro para controlar la frecuencia de vibración.
- Recipientes para muestreo y mezcla: deben ser de fondo plano, metálico, de alto calibre, impermeable, de profundidad adecuada y de suficiente capacidad para permitir una mezcla fácil de toda la bachada con una pala o palustre o, si la mezcla se hace de manera mecánica, para recibir toda la bachada de la descarga del mezclador y permitir el remezcla en el recipiente con la pala o palustre.
- Mezcladora de concreto: la mezcladora puede ser mecánica o manual. Para concretos con asentamientos inferiores a 25 mm (1"), es más apropiado utilizar un recipiente mezclador (mezcla manual) que una mezcladora de tambor reclinable. Es aconsejable, cuando en tal caso tenga que utilizarse esta última,

reducir la rata de rotación y el ángulo de inclinación del tambor y trabajarla a una capacidad inferior a la especificada por el fabricante.

- Equipo Misceláneo: tamices, palas, palustres, reglas, guantes de caucho, calibrador de espesores, etc.
- Numero de muestras: el número de especímenes y el número de bachadas de ensayo dependen de la práctica local y de la naturaleza del programa de ensayos. Los métodos de ensayo o las especificaciones para los cuales se elaboran los especímenes suelen dar orientaciones sobre el particular.

Vaceado de concreto

Lugar del moldeo: se deben moldear los especímenes lo más cerca posible al lugar donde se van a guardar para su fraguado en las siguientes 24 horas. Los moldes se llevarán al depósito inmediatamente después de su elaboración y se colocarán sobre una superficie rígida y libre de vibraciones, evitando inclinaciones y movimientos bruscos. Durante el transporte, se deben evitar sacudidas, golpes, inclinaciones o raspaduras de la superficie.

Numero de capas: el número de capas con el cual se fabrica el espécimen debe ser el especificado.

Compactación: la selección del método de compactación debe hacerse con base en el asentamiento, a menos que el método sea establecido en las especificaciones bajo las cuales se trabaja (Tabla Anterior). Los dos métodos de compactación son: apisonado (por varillado) y vibración (externa o interna). Si el concreto tiene un asentamiento mayor de 75 mm (3") debe usarse el método de apisonado o el de vibración, prefiriéndose el método usado en la ejecución de la obra. Si el asentamiento es inferior a 25 mm (1") debe usarse el método de vibración. No se

debe usar una vibración interna para cilindros con diámetro inferior a 100 mm de profundidad o menos. Los concretos con contenido de agua tal que no pueden ser compactados por los ensayos aquí descritos no estarán contemplados por la presente norma.

a) Apisonado por varillado. Se colocó el concreto en el molde con el número de capas requeridas aproximadamente del mismo volumen.

Se apisonó cada capa con la parte redonda de la varilla, utilizando el número de golpes y el tamaño de la varilla especificado. La capa inicial se apisona introduciendo la varilla hasta el fondo del molde. La distribución de golpes para cada capa debe ser uniforme sobre toda la sección transversal del molde. Para cada capa superior inicial se debe atravesar aproximadamente en 12 mm (1/2") la capa anterior cuando la profundidad de la capa sea menor de 100 mm (4"); aproximadamente en 25 mm (1") cuando la profundidad de la capa sea mayor de 100 mm (4"). En caso de dejar algunos huecos por la varilla se deben golpear ligeramente los lados del molde para cerrar dichos huecos. En los elementos prismáticos, introdúzcase el badilejo (o similar) por los costados y extremos después de apisonar cada capa.

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

c) La vibración se transmitió al cilindro durante el tiempo suficiente para lograr la adecuada compactación del concreto, pues un exceso de vibrado puede causar segregación. El molde se llenó y vibró en capas iguales aproximadamente. Todo el concreto para cada capa se debe colocar en el molde antes de iniciar el vibrado. La duración del vibrado depende de la manejabilidad del concreto y

la efectividad del vibrador. Se considera suficiente el vibrado, cuando el concreto presente una superficie relativamente lisa.

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

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

Resistencia a la compresión de Testigos Cilíndricos

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

Los resultados de este ensayo se pueden usar como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto; para el cumplimiento de especificaciones y como control para evaluar la efectividad de aditivos y otros usos similares.

Se debió tener cuidado en la interpretación del significado de las

determinaciones de la resistencia a la compresión mediante este método de ensayo, por cuanto la resistencia no es una propiedad intrínseca fundamental del concreto elaborado con determinados materiales.

Los valores obtenidos dependen del tamaño y forma del espécimen, de la tanda, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, moldes y fabricación, así como de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

3.8.4. Proceso de obtención de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para llegar a la finura deseada

Preparación de la muestra de ceniza de bagazo de caña de azúcar para preparación del concreto. El cálculo realizado se encuentra en Anexos. Se obtuvo de la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). Sin embargo, lo que se desecha diariamente la empresa Agroindustrial es un conjunto de ceniza y restos de bagazo, las cuales salen producto de la combustión en las calderas y máquinas de vapor. Ante esto se hizo un proceso de tamizado y molienda, esto con el fin de obtener una ceniza libre de impureza y teniendo un grado de finura como estipula la norma.

A continuación, se mostrará el procedimiento para obtener la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) de la Agroindustrial Pomalca S.A.A., buenas condiciones para el uso en el concreto:

1. La ceniza se obtiene en estado húmedo.
2. Posteriormente se hizo colocar a cielo abierto, procurando cubrirlo mientras haya demasiado viento. También otra parte de ceniza, se hizo un secado mediante hornos a una temperatura de 100 °C. Con este último, fue más

eficiente para obtener una ceniza en condiciones de humedad como la norma exige.

3. La cantidad de ceniza se redujo al 45% aproximadamente.
4. Después se hizo el tamizado por la malla #50, para eliminar todo resto de bagazo sin sufrir combustión alguna. En este proceso se redujo un 20% quedando aproximadamente 30% del total.
5. Posteriormente, se utilizó un molino casero, cuya función es de obtener el grado de finura reglamentada. Se hizo varias pruebas con la finalidad de tener el grado de finura adecuada. Se hizo dos pasadas por el molino para una misma muestra.
6. Posteriormente se hizo el ensayo de tamiz lavado por la malla #325, con la finalidad de retener como máximo el 34%. No se tuvo lo esperado, ya que los ensayos indicaban que se retenía cerca del 45%.
7. Se observó, que las muestras tenía partículas de arenisca y partes de la planta de caña de azúcar. Y por tal motivo se hizo un tamizado por la malla #200. Con esto, se redujo el 63% de la muestra que quedaba, quedando aproximadamente el 16.4% del total. Posteriormente se hizo el ensayo de tamiz lavado por la malla #325, obteniéndose un promedio de 22.17%.

A red banner with a white outline and wavy edges, containing the text 'CAPÍTULO IV'.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y

DISCUSIÓN

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Resultados del análisis de la ceniza de bagazo de caña de azúcar

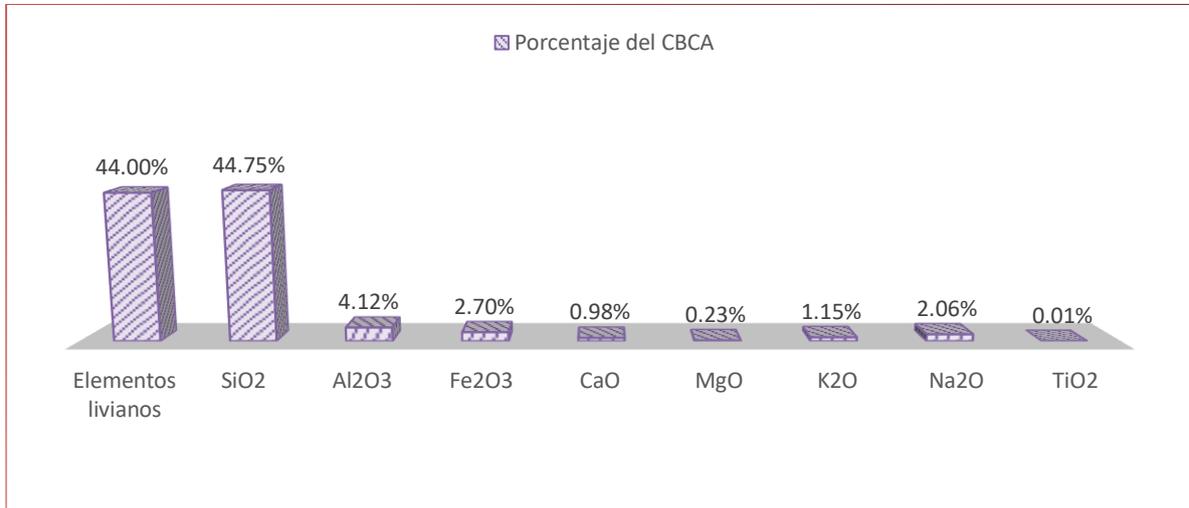


Figura 5: Análisis de composición química expresado en óxidos de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA)

Fuente: Elaboración propia.

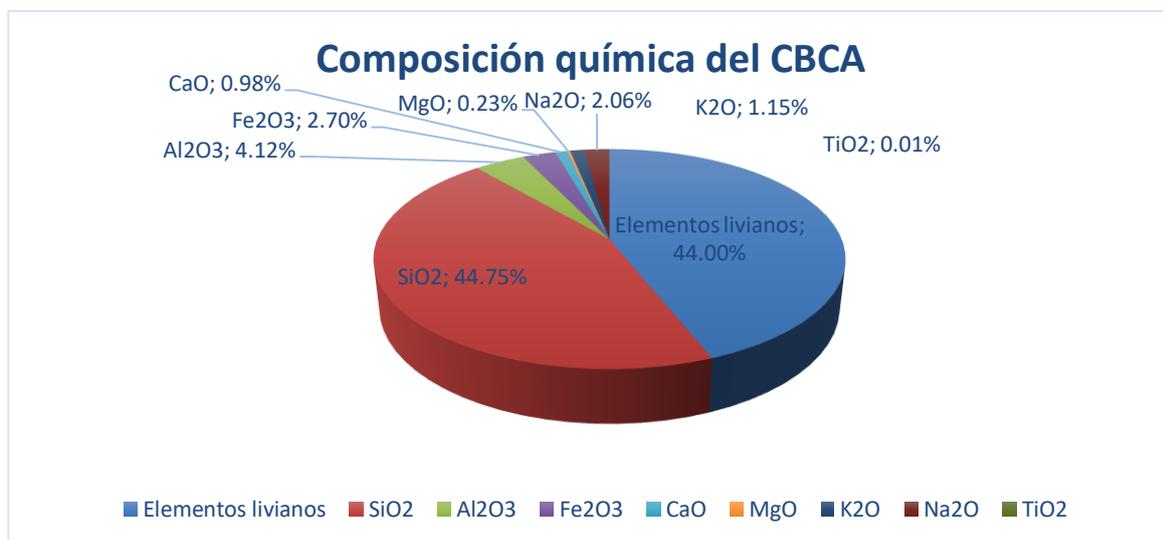


Figura 6: Clasificación química de CBCA

Fuente: Elaboración propia

$$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 44.75\% + 4.12\% + 2.70\% = 51.57\%$$

- La muestra llevada al laboratorio nos indicó que el Dióxido de Silicio (SiO₂) en un 44.75%, Trióxido de aluminio (Al₂O₃) en un 4.12% y el Óxido de Hierro (Fe₂O₃) en un 2.70%; son los 3 óxidos más representativos; con una suma del 51.57%.

4.1.2. Resultado de los ensayos realizados a los agregados utilizados en laboratorio para el cálculo de diseño de mezcla

4.1.2.1. Agregado grueso

Los resultados de los ensayos realizados al Agregado Grueso son:

Tabla 28
Ensayos del Agregado Grueso

DESCRIPCION	RESULTADO
Tamaño Máximo Nominal	¾"
Peso Seco Compacto	1586.89 kg/m ³
Peso Específico	2.69 gr/cm ³
Absorción	0.21%
Contenido de Humedad	0.16%
Peso Unitario Suelto	1495.33 kg/m ³

Fuente: *Elaboración propia*

Los datos, calculados y los procesos de los ensayos están ubicados en los Anexos.

4.1.2.2. Agregado fino

Los resultados de los ensayos realizados al Agregado Fino son:

Tabla 29
Ensayos del agregado fino

DESCRIPCION	RESULTADO
Módulo de Fineza	2.71
Peso Específico	2.74 gr/cm ³
Absorción	1.20%
Contenido de Humedad	0.31%
Peso Unitario Suelto	1539.29 kg/m ³

Fuente: *Elaboración propia*

Los datos, calculados y los procesos de los ensayos están ubicados en los Anexos.

4.1.2.3. Proporción del diseño de mezcla

Después de la aplicación técnica y teórica de acuerdo al Método de Diseño del Comité 211 del ACI, los resultados del Diseño de Mezcla se muestran a continuación:

- Dosificación en peso – concreto 210 kg/cm² (Sin sustitución)

Tabla 30
Dosificación del PP

Descripción	Resultado
Cemento	2.277 kg
Agua	1.322 lt
Ag. Fino	4.893 kg
Ag. Grueso	6.219 kg

Fuente: *Elaboración propia*

Los datos, calculados y los procesos de los ensayos están ubicados en los Anexos.

Apreciación:

De la tabla se determina que nuestra dosificación en peso para el Concreto Patrón es 1:2.15:2.73 y la relación agua/cemento es de 0.58.

- Dosificación en peso – concreto 210 kg/cm² (9% CBCA por cemento)

Tabla 31
Dosificación del 9PC

Descripción	Resultado
Cemento	2.072 kg
Agua	1.321 lt
Ag. Fino	4.893 kg
Ag. Grueso	6.219 kg
CBCA	0.205 kg

Fuente: *Elaboración propia*

Los datos, calculados y los procesos de los ensayos están ubicados en los Anexos.

- Dosificación en peso – concreto 210 kg/cm² (18% CBCA por cemento)

Tabla 32
Dosificación del 18PC

Descripción	Resultado
Cemento	1.867 kg
Agua	1.321 lt
Ag. Fino	4.893 kg
Ag. Grueso	6.219 kg
CBCA	0.410 kg

Fuente: *Elaboración propia*

Los datos, calculados y los procesos de los ensayos están ubicados en los Anexos.

- Dosificación en peso – concreto 210 kg/cm² (27% CBCA por cemento)

Tabla 33
Dosificación del 27PC

Descripción	Resultado
Cemento	2.186 kg
Agua	1.321 lt
Ag. Fino	4.893 kg
Ag. Grueso	6.219 kg
CBCA	0.615 kg

Fuente: *Elaboración propia*

Los datos, calculados y los procesos de los ensayos están ubicados en los Anexos.

- Dosificación en peso – concreto 210 kg/cm² (4% CBCA por cemento)

Tabla 34
Dosificación del 4PC

Descripción	Resultado
Cemento	2.186 kg
Agua	1.321 lt
Ag. Fino	4.893 kg
Ag. Grueso	6.219 kg
CBCA	0.091 kg

Fuente: *Elaboración propia*

Los datos, calculados y los procesos de los ensayos están ubicados en los Anexos.

- Dosificación en peso – concreto 210 kg/cm² (3% CBCA por cemento)

Tabla 35
Dosificación del 3PC

Descripción	Resultado
Cemento	2.209 kg
Agua	1.322 lt
Ag. Fino	4.893 kg
Ag. Grueso	6.219 kg
CBCA	0.068 kg

Fuente: *Elaboración propia*

Los datos, calculados y los procesos de los ensayos están ubicados en los Anexos.

- Dosificación en peso – concreto 210 kg/cm² (2% CBCA por cemento)

Tabla 36
Dosificación del 2PC

Descripción	Resultado
Cemento	2.231 kg/m ³
Agua	1.322 lt/m ³
Ag. Fino	4.893 kg/m ³
Ag. Grueso	6.219 kg/m ³
CBCA	0.046 kg/m ³

Fuente: *Elaboración propia*

Los datos, calculados y los procesos de los ensayos están ubicados en los Anexos.

4.1.2.4. Trabajabilidad y consistencia

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones. La consistencia corresponde a menores asentamientos a las mezclas más secas y los mayores a las consistencias fluidas.

Tabla 37
Slump de los diferentes cbca en los concretos ensayados.

	PP	2PC	3PC	4PC	9PC	18PC	27PC
Slump	4"	4"	3.8"	3.8"	2"	1"	1"
Trabajable	Si	Si	Si	Si	No	No	No

Fuente: *Elaboración propia*

4.1.3. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los testigos con mejor comportamiento resistente

4.1.3.1. Resistencia a la compresión – primera evaluación

En primera instancia recurrimos al análisis de adición del 9%, 18% y 27% de CBCA a un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y se ha considerado colocar las muestras en estado sumergido, se mostrarán los resultados de los especímenes ensayados a los 7 días, 14 días y a los 28 días con la finalidad de encontrar el porcentaje ideal para el incremento de la resistencia del tipo de concreto mencionado.

En los siguientes cuadros se presentan los valores del concreto endurecido, obtenidos por ensayos a la compresión, realizados en los laboratorios de la Universidad Nacional del Santa:

- PP=Probeta Patrón
- 9PC=9%CBCA
- 18PC=18%CBCA
- 27PC=27%CBCA

TABLA 38

Valores de resistencia para un Concreto Patrón (PP)

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)
P-01	05/03/2019	12/03/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	36753	207.98
P-02	05/03/2019	12/03/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	36499	206.54
P-03	05/03/2019	19/03/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	44635	252.58
P-04	05/03/2019	19/03/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	44241	250.35
P-05	05/03/2019	02/04/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	50931	288.21
P-06	05/03/2019	02/04/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	50739	287.12

Fuente: *Elaboración propia*

Apreciación:

De los ensayos pertinentes a los agregados fino y grueso para el diseño del concreto patrón nos resultada una resistencia a la compresión promedio de 287.67 kg/cm², concluyendo que la dosificación 1:2.15:2.73 y con una relación de agua/cemento 0.58 es la adecuada.

TABLA 39

Valores de resistencia para un concreto normal (9PC)

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P1-07	08/04/2019	15/04/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	36073	204.13	70.96%
P1-08	08/04/2019	15/04/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	35864	202.95	70.55%
P1-09	08/04/2019	22/04/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	42795	242.17	84.18%
P1-10	08/04/2019	22/04/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	43477	246.03	85.63%
P1-11	08/04/2019	06/05/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	47103	266.55	92.66%
P1-12	08/04/2019	06/05/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	46623	263.83	91.71%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 39, nos muestran que las mezclas de concreto del 9% de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar desarrolla resistencias menores a las resistencias del diseño Concreto Patrón.

También se dice que:

A los 7 días solo desarrolla un 70.76% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 70% del concreto patrón, que nos salió ($f'_{c_{promedio}} = 203.54 \text{ kg/cm}^2$).

A los 14 días solo desarrolla un 84.86% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 85% del concreto patrón, que nos salió ($f'_{c_{promedio}} = 244.10 \text{ kg/cm}^2$).

A los 28 días solo desarrolla un 92.19% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 100% del concreto patrón, que nos salió ($f'_{c_{promedio}} = 265.19 \text{ kg/cm}^2$).

TABLA 40

Valores de resistencia para un concreto normal (18PC)

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P1-13	15/04/2019	22/04/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	27889	157.82	54.86%
P1-14	15/04/2019	22/04/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	27066	153.16	53.24%
P1-15	15/04/2019	29/04/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	33086	187.23	65.09%
P1-16	15/04/2019	29/04/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	32982	186.64	64.88%
P1-17	15/04/2019	13/05/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	35721	202.14	70.27%
P1-18	15/04/2019	13/05/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	36478	206.42	71.76%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 40, nos muestran que las mezclas de concreto del 18% de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar desarrollan resistencias menores a las resistencias del diseño Concreto Patrón.

También se dice que:

A los 7 días solo desarrolla un 54.05% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 70% del concreto patrón, que nos salió ($f'_{c_{promedio}} = 155.49 \text{ kg/cm}^2$).

A los 14 días solo desarrolla un 64.99% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 85% del concreto patrón, que nos salió ($f'_{c_{promedio}} = 186.94 \text{ kg/cm}^2$).

A los 28 días solo desarrolla un 70.77% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 100% del concreto patrón, que nos salió ($f'_{c_{promedio}} = 204.28 \text{ kg/cm}^2$).

TABLA 41

Valores de resistencia para un concreto normal (27PC)

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P1-19	17/04/2019	24/04/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	18787	106.31	36.96%
P1-20	17/04/2019	24/04/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	18368	103.94	36.13%
P1-21	17/04/2019	01/05/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	23875	135.10	44.97%
P1-22	17/04/2019	01/05/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	23612	133.62	46.96%
P1-23	17/04/2019	15/05/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	29783	168.54	58.59%
P1-24	17/04/2019	15/05/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	29288	165.74	57.62%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 41, nos muestran que las mezclas de concreto del 27% de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar desarrollan resistencias menores a las resistencias del diseño Concreto Patrón.

También se dice que:

A los 7 días solo desarrolla un 36.55% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 70% del concreto patrón, que nos salió ($f'_{c_{promedio}} = 105.13 \text{ kg/cm}^2$).

A los 14 días solo desarrolla un 45.97% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 85% del concreto patrón, que nos salió ($f'_{c_{promedio}} = 132.23 \text{ kg/cm}^2$).

A los 28 días solo desarrolla un 58.10% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 100% del concreto patrón, que nos salió ($f'_{c_{promedio}} = 167.14 \text{ kg/cm}^2$).

Se realizó un total

Muestras Testigos : 6 muestras
 Muestras Estudio : 4 estudios
 Total de muestras : 24 muestras

TABLA 42

Primer resumen de las pruebas a la compresión de concreto con CBCA

%CBCA	Resistencia promedio a la compresión		
	7 días	14 días	28 días
PP	207.26	251.47	287.67
9PC	203.54	244.10	265.19
18PC	155.49	186.94	204.28
27PC	105.13	132.23	167.14

Fuente: Elaboración propia

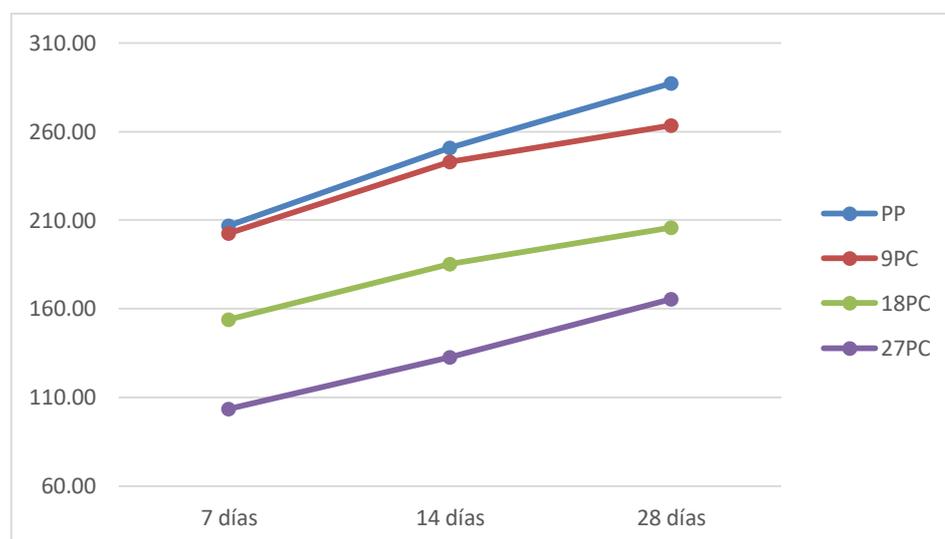


Figura 7. - Resistencia a la compresión del concreto primera dosis de CBCA

Fuente: Elaboración propia

En el Figura 7, nos muestran que las mezclas de concreto con la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar desarrollan resistencias menores que los controles de Cemento Portland sin CBCA. También se determinó que con la adición del 9% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar a los 28 días, tiene una resistencia que se aproxima a la resistencia de la Probeta Patrón (PP).

4.1.3.2. Resistencia a la compresión – segunda evaluación

En este segundo intento reducimos los porcentajes del CBCA al 2%, 3% y 4% a un concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y también se consideró colocar las muestras en estado sumergido, se mostrarán los resultados de los especímenes ensayados a los 7 días, 14 días y a los 28 días, con la finalidad de encontrar el porcentaje ideal para el incremento de la resistencia del tipo de concreto mencionado.

En los siguientes cuadros se presentan los valores del concreto endurecido, obtenidos por ensayos a la compresión, realizados en los laboratorios de la Universidad Nacional del Santa:

- PP=Probeta Patrón
- 2PC=2%CBCA
- 3PC=3%CBCA
- 4PC=4%CBCA

TABLA 43

Valores de resistencia para un concreto normal (4PC)

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P2-13	13/02/2020	20/02/2020	7.00	15.00	30.00	176.715	39063	221.05	76.84%
P2-14	13/02/2020	20/02/2020	7.00	15.00	30.00	176.715	39533	223.71	77.77%
P2-15	13/02/2020	27/02/2020	14.00	15.00	30.00	176.715	45236	255.98	88.99%
P2-16	13/02/2020	27/02/2020	14.00	15.00	30.00	176.715	44580	252.27	87.70%
P2-17	13/02/2020	12/03/2020	28.00	15.00	30.00	176.715	53827	304.60	105.89%
P2-18	13/02/2020	12/03/2020	28.00	15.00	30.00	176.715	52988	299.85	104.24%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 43, nos muestran que las mezclas de concreto del 4% de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar desarrolla resistencias mayores a las resistencias del diseño Concreto Patrón.

También se dice que:

A los 7 días solo desarrolla un 77.30% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 70% del concreto patrón que nos salió ($f'c_{\text{promedio}} = 222.38 \text{ kg/cm}^2$).

A los 14 días solo desarrolla un 88.34% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 85% del concreto patrón que nos salió ($f'c_{\text{promedio}} = 254.13 \text{ kg/cm}^2$).

A los 28 días solo desarrolla un 105.06% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 100% del concreto patrón que nos salió ($f'c_{\text{promedio}} = 302.23 \text{ kg/cm}^2$).

TABLA 44

Valores de resistencia para un concreto normal (3PC)

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P2-07	12/02/2020	19/02/2020	7.00	15.00	30.00	176.715	41795	236.51	82.22%
P2-08	12/02/2020	19/02/2020	7.00	15.00	30.00	176.715	42088	238.17	82.79%
P2-09	12/02/2020	26/02/2020	14.00	15.00	30.00	176.715	47602	269.37	93.64%
P2-10	12/02/2020	26/02/2020	14.00	15.00	30.00	176.715	47365	268.03	93.17%
P2-11	12/02/2020	11/03/2020	28.00	15.00	30.00	176.715	55155	312.11	108.50%
P2-12	12/02/2020	11/03/2020	28.00	15.00	30.00	176.715	54681	309.43	107.57%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 44, nos muestran que las mezclas de concreto del 3% de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar desarrolla resistencias mayores a las resistencias del diseño Concreto Patrón.

También se dice que:

A los 7 días solo desarrolla un 82.51% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 70% del concreto patrón, que nos salió ($f_{c_{promedio}} = 237.34 \text{ kg/cm}^2$).

A los 14 días solo desarrolla un 93.41% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 85% del concreto patrón, que nos salió ($f_{c_{promedio}} = 268.70 \text{ kg/cm}^2$).

A los 28 días solo desarrolla un 108.03% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 100% del concreto patrón, que nos salió ($f_{c_{promedio}} = 310.77 \text{ kg/cm}^2$).

TABLA 45

Valores de resistencia para un concreto normal (2PC)

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P2-01	11/02/2020	18/02/2020	7.00	15.00	30.00	176.715	42684	241.54	83.97%
P2-02	11/02/2020	18/02/2020	7.00	15.00	30.00	176.715	42443	240.18	83.49%
P2-03	11/02/2020	25/02/2020	14.00	15.00	30.00	176.715	50313	284.71	98.97%
P2-04	11/02/2020	25/02/2020	14.00	15.00	30.00	176.715	49945	282.63	98.25%
P2-05	11/02/2020	10/03/2020	28.00	15.00	30.00	176.715	56035	315.95	109.83%
P2-06	11/02/2020	10/03/2020	28.00	15.00	30.00	176.715	56498	319.71	111.14%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 45, nos muestran que las mezclas de concreto del 2% de la Ceniza de Bagazo de Caña, siendo el porcentaje ideal y su relación agua/cemento es de 0.59, y desarrolla resistencias mayores a las resistencias del diseño Concreto Patrón.

También se dice que:

A los 7 días solo desarrolla un 83.73% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 70% del concreto patrón, que nos salió ($f'_{c_{promedio}} = 240.86 \text{ kg/cm}^2$).

A los 14 días solo desarrolla un 98.61% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 85% del concreto patrón, que nos salió ($f'_{c_{promedio}} = 283.67 \text{ kg/cm}^2$).

A los 28 días solo desarrolla un 110.49% de resistencia promedio, mientras que de acuerdo a la teoría debe desarrollar un 100% del concreto patrón, que nos salió ($f'_{c_{promedio}} = 317.83 \text{ kg/cm}^2$).

Se realizó un total:

Muestras Testigos : 6 muestras
 Muestras Estudio : 3 estudios
 Total de muestras : 18 muestras

TABLA 46
 Segundo resumen de las pruebas a la Compresión de Concreto del CBCA

%CBCA	Resistencia promedio a la compresión		
	7 días	14 días	28 días
PP	207.26	251.47	287.67
2PC	240.86	283.67	317.83
3PC	237.34	268.70	310.77
4PC	222.38	254.13	302.23

Fuente: *Elaboración propia*

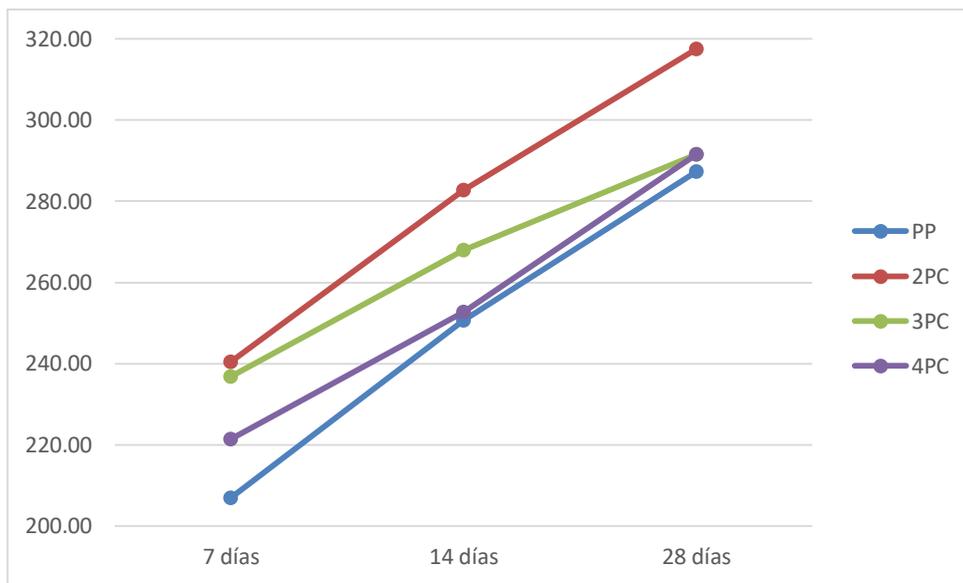


Figura 8. Resistencia a la compresión del concreto segunda dosis de CBCA
 Fuente: *Elaboración propia*

En el Figura N°8 , nos muestran que las mezclas de concreto con la adición del 2% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar a los 28 días, tiene una resistencia mayor a la resistencia de la Probeta Patrón (PP) en un 10.49%.

4.1.3.3. Resultados de los testigos con mejor comportamiento resistente

TABLA 47

Testigos de Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición del 2% de CBCA a los 28 días

N ^o	TESTIGO	FECHA		EDAD DIAS	DIAM. (cm)	ALTUR A (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kfg)	FC Kg/cm ²
	ELEMENTO	MOLDEO	ROTURA						
01	P-Con 2% de sustitución de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55015	31132
02	P-Con 2% de sustitución de CBCA	05/11/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54728	309.70
03	P-Con 2% de sustitución de CBCA	05/11/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54923	310.80
04	P-Con 2% de sustitución de CBCA	05/11/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	56141	317.69
05	P-Con 2% de sustitución de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55945	316.58
06	P-Con 2% de sustitución de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54590	308.92
07	P-Con 2% de sustitución de CBCA	05/11/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54821	310.22
08	P-Con 2% de sustitución de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53021	300.04
09	P-Con 2% de sustitución de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53133	300.67
10	P-Con 2% de sustitución de CBCA	06/11/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54970	311.07
11	P-Con 2% de sustitución de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55398	313.49
12	P-Con 2% de sustitución de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55011	31130
13	P-Con 2% de sustitución de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53982	305.48
14	P-Con 2% de sustitución de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54256	307.03
15	P-Con 2% de sustitución de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55123	311.93
16	P-Con 2% de sustitución de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55228	312.53
17	P-Con 2% de sustitución de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54012	30565
18	P-Con 2% de sustitución de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54363	307.63
19	P-Con 2% de sustitución de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54887	310.60

20	P-Con 2% de sustitución de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53995	305.55
21	P-Con 2% de sustitución de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	178.715	53115	300.57
22	P-Con 2% de sustitución de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53079	300.37
23	P-Con 2% de sustitución de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53501	302.75
24	P-Con 2% de sustitución de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55017	311.33
25	P-Con 2% de sustitución de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53503	302.77
26	P-Con 2% de sustitución de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55007	311.28
27	P-Con 2% de sustitución de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53831	303.02
28	P-Con 2% de sustitución de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55281	312.83
29	P-Con 2% de sustitución de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55896	316.31
30	P-Con 2% de sustitución de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55621	314.75
31	P-Con 2% de sustitución de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54214	306.79
32	P-Con 2% de sustitución de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	56023	317.03
33	P-Con 2% de sustitución de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55210	312.42
34	P-Con 2% de sustitución de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54823	310.23
35	P-Con 2% de sustitución de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55062	311.59
36	P-Con 2% de sustitución de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55542	314.3

Fuente: *Laboratorio UNIGEO E.I.R.L.*

4.1.4. Análisis estadístico

4.1.4.1. Análisis estadístico de las muestras de concreto de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición del 2% de cbca

Tabla 48

Resultado de la Estadística Descriptiva de las Muestras de Concreto de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición del 2% de CBCA

ESTADISTICA DESCRIPTIVA

MEDIA	309.39
DESVIACION ESTANDAR	4.94
MINIMO	300.04
MAXIMO	317.69
MUESTRA	36

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 49

Frecuencia de Concreto de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición del 2% de CBCA

INTERVALO	FRECUENCIA
300.04 < x < 302.98	6
302.98 < x < 305.92	4
305.92 < x < 308.87	3
308.87 < x < 311.81	12
311.81 < x < 314.75	6
314.75 < x < 317.69	5

Fuente: *Elaboración Propia*

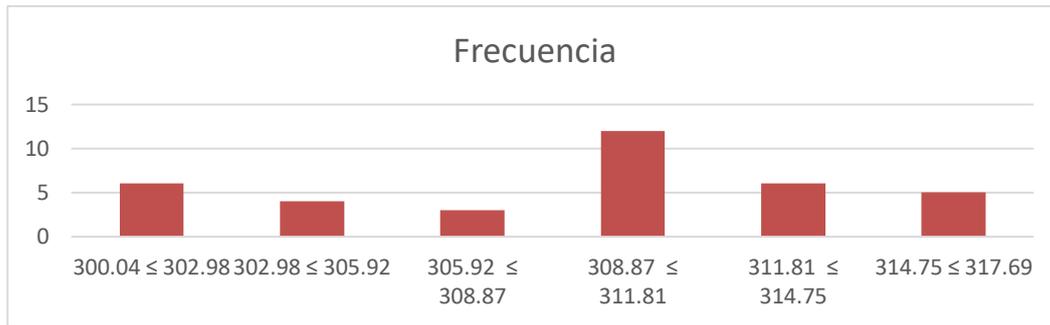


Figura 9. Histograma – Concreto de $F^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – 2% de CBCA de adición
Fuente: Elaboración propia

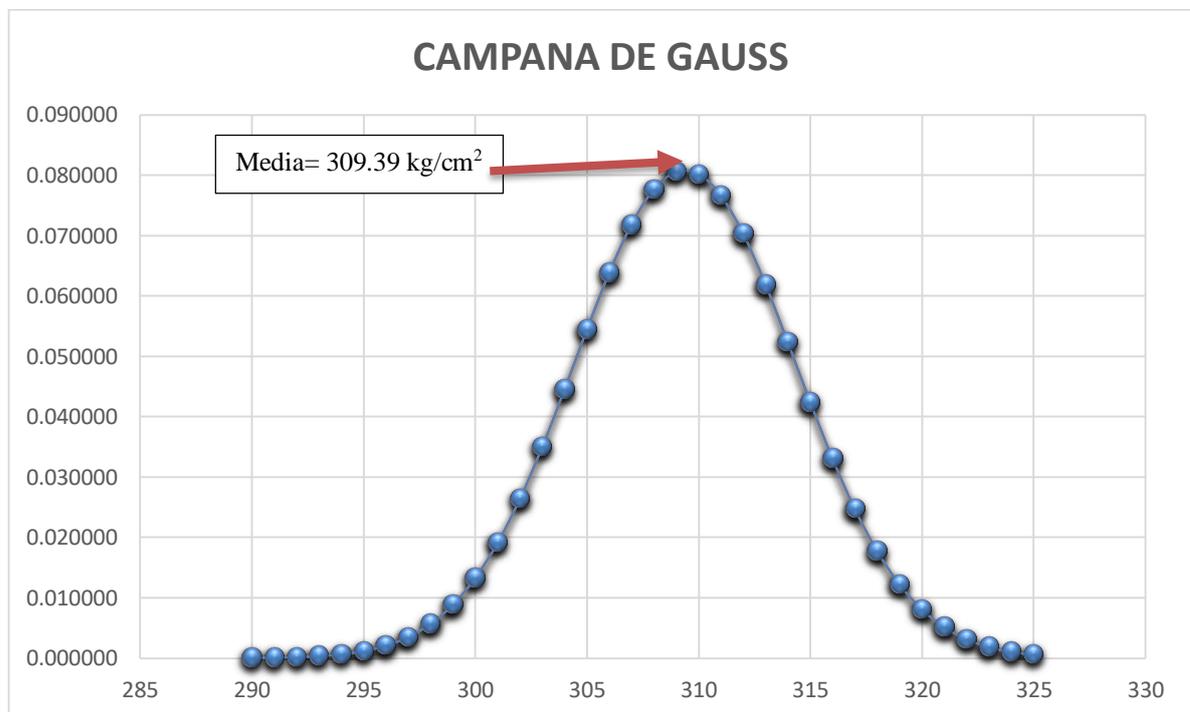


Figura 10. Distribución normal – concreto de $F^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – 2% de CBCA de adición

Fuente: Elaboración propia

En el Figura 10, de distribución normal se dice lo siguiente:

- Hay la probabilidad de que el 72.22 % de los testigos de concreto elaborados con 2% de CBCA tengan una resistencia a la compresión entre 306.92 kg/cm^2 y 311.86 kg/cm^2 a la edad de 28 días
- Hay la probabilidad de que el 98.80 % de los testigos de concreto elaborados con 2% de CBCA tengan una resistencia a la compresión entre

301.98 kg/cm² y 316.80 kg/cm² a la edad de 28 días.

- Hay la probabilidad de que el 99.92 % de los testigos de concreto elaborados con 2% de CBCA tengan una resistencia a la compresión entre 297.04 kg/cm² y 321.74 kg/cm² a la edad de 28 días.

4.2. Discusión

Libreros Yusty , Henao Caicedo (2016) publicó el proyecto de tesis **“Evaluación de la ceniza proveniente del bagazo de caña de azúcar como material cementante alternativo para la elaboración de morteros”**. **Colombia**, este proyecto de grado investigó el reemplazo parcial del cemento portland por la ceniza del bagazo de caña de azúcar para la fabricación de morteros con alta plasticidad y resistencias a compresión de 21 MPa. En este caso particular, se estudiaron mezclas de morteros con reemplazos del 10, 20 y 30% del cemento portland (en peso) y se compararon con mezclas sin reemplazo alguno como referencia. Los resultados indican que, las resistencias a compresión a los 56 días no solo no presentaron diferencias significativas, sino que los morteros con reemplazo del 10 y 20% superaron la resistencia a compresión de la muestra de referencia en 2.5 y 5.0%, respectivamente. Los resultados de sus 4 principales componentes químicos de su Ceniza de Bagazo de Caña es SiO₂ en un 53.73%, Al₂O₃ en un 26.89%, Fe₂O₃ en un 7.86% y CaO en un 4.11%; mientras que en nuestra tesis el CBCA nos resultó que el Óxido de Silicio (SiO₂) en un 44.75%, Trióxido de aluminio (Al₂O₃) en un 4.12% y el Óxido de Hierro (Fe₂O₃) en un 2.70%;

son los 3 óxidos más representativos; con una suma del 51.57%. resultando que los componentes químicos principales de un cemento convencional (Tabla 2) son CaO (58% a 67%), SiO₂ (16% a 26%), Al₂O₃ (4% a 8%) y Fe₂O₃ (2% a 5%)

Apaza Hito, Danny Samir. (2018). **“Durabilidad del concreto elaborado en base a la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA) con cemento portland, ante agentes agresivos”**, los principales componentes químicos de su CBCA son Oxido de Silicio (SiO₂ – 37.60%), Oxido de Aluminio (Al₂O₃ - 26.89%, Oxido de Calcio (CaO - 4.11%); mientras que en nuestra tesis, el CBCA nos resultó que el Óxido de Silicio (SiO₂) en un 44.75%, Trióxido de aluminio (Al₂O₃) en un 4.12% y el Óxido de Hierro (Fe₂O₃) en un 2.70% y el Óxido de Calcio (CaO) en un 0.98%. Donde se muestra que el CBCA de la tesis mencionada posee un mayor contenido de Óxido de Aluminio y el Óxido de Calcio que son los principales componentes químicos de un Cemento Portland y por esa razón su porcentaje optimo fue al 15% de sustitución mientras que en nuestra tesis es de 2% de sustitución de CBCA.

Jara Rodríguez, Palacio Ambrocio (2015) en su tesis **“Utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del cemento en la elaboración de ladrillos de concreto”**, los resultados promedios de sus 3 principales componentes químicos de su Ceniza de Bagazo de Caña es SiO₂ en un 60.60%, Al₂O₃ en un 5.73%, Fe₂O₃ en un 2.81%; mientras que en nuestra tesis el CBCA nos resultó que el Óxido de Silicio (SiO₂) en un 44.75%, Trióxido de aluminio (Al₂O₃) en un 4.12% y

el Óxido de Hierro (Fe_2O_3) en un 2.70%; son los 3 óxidos más representativos; con una suma del 51.57%. Resultando que los componentes químicos principales de un cemento convencional son CaO (58% a 67%), SiO_2 (16% a 26%), Al_2O_3 (4% a 8%) y Fe_2O_3 (2% a 5%)

A red banner with a white border and wavy edges, containing the text 'CAPÍTULO V'.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se aprueba la hipótesis planteada que al reemplazar con un porcentaje ideal al cemento portland por cenizas del bagazo de caña de azúcar se logra elaborar un concreto hidráulico mejorando sus propiedades mecánicas y físicas.
- Se elaboró el diseño de la mezcla de concreto patrón en el laboratorio de la universidad nacional del santa, el cual se obtuvo una resistencia promedio de 287.67 kg/cm², una dosificación 1:2.15:2.73 y la relación agua/cemento de 0.58.
- Las cantidades en peso del cemento, agregados y agua para realizar un m³ de concreto patrón son:

Tabla 50
Peso de los agregados empleados

Cemento	366.07	Kg/m³
Agua Efectiva	212.48	Lt/m ³
Agregado Fino Húmedo	786.7	Kg/m ³
Agregado Grueso Húmedo	999.75	Kg/m ³

Fuente: *Elaboración propia*

- La sustitución del 2% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar es el porcentaje ideal y logra mejorar las características físicas y mecánicas de una mezcla de concreto $f'c = 210$ kg/cm² aumentando en un 10.49% dicha resistencia, también se determinó una dosificación de 1:2.19:2.79 y la relación agua/cemento de 0.59.
- Las cantidades en peso del cemento, agregados y agua para realizar un m³ de concreto sustituyendo el 2% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar son:

Tabla 51
Cantidades empleadas para elaborar concreto sustituido por ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Cemento	358.75	Kg/m3
Agua Efectiva	212.48	Lt/m3
Agregado Fino Húmedo	786.70	Kg/m3
Agregado Grueso Húmedo	999.75	Kg/m3
Cenizas del Bagazo de Caña de Azúcar	7.32	Kg/m3

Fuente: *Elaboración propia*

- Se muestra las comparaciones de las resistencias de cada mezcla de concreto adicionado con el correspondiente porcentaje de cenizas indicado comparado con la resistencia de la mezcla de concreto patrón.

Tabla 52
RESUMEN DE ASENTAMIENTOS Y RESISTENCIAS

MUESTRA	SLUMP	Resistencia – kg/cm ²			
		7 Días	14 Días	28 Días	
210 kg/cm	Patrón	4"	207.26	251.47	287.67
	9 % Adición	2"	203.54	244.10	265.19
	18 % Adición	1"	155.49	186.94	204.28
	27 % Adición	1"	105.13	132.23	167.14
	2 % Adición	4"	240.86	283.67	317.83
	3 % Adición	3.8"	237.34	268.70	310.77
	4 % Adición	3.8"	222.38	254.13	302.23

Fuente: *Elaboración propia*

- El concreto sustituido con el 2% de CBCA poseen una trabajabilidad y consistencia óptima al mostrar un SLUMP de 4", con facilidad de ser colocada y moldeada.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda poseer la información y ficha técnica de las canteras cerca de tu lugar de investigación o si fuera el caso de una obra de construcción para la selección de un buen agregado para la creación de un concreto armado.
- Utilizar la Ceniza de bagazo de caña de azúcar en el concreto no mayores del 4% debido a sus altos contenidos de Óxido de Sílice (SiO_2), Óxido de Aluminio (Al_2O_3) y Óxido de Hierro (Fe_2O_3).
- Se recomienda realizar un tratamiento térmico con un rango de temperatura 750 – 900 °C a la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) - empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A.
- Se recomienda realizar más especímenes de concreto para una evaluación estadísticas más precisa en los ensayos de resistencia del concreto
- Se recomienda el estudio de esta ceniza para el mejoramiento de suelos, debido a los altos contenido de Silicio, Hierro y Aluminio.
- Se recomienda que estén calibrados los equipos usados en los laboratorios, para obtener resultados más certeros, para futuras investigaciones.
- Se recomienda que para futuras investigaciones se interesen en rehusar otros materiales similares a la ceniza de bagazo de caña de azúcar, que permita sustituir en proporción adecuada el uso del cemento a fin de aminorar los costos de producción de concreto.

A red banner with a white border and wavy edges, containing the chapter title.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto. (2000). Tecnología del concreto. Lima: San Marcos

Apaza, D. (2018). Durabilidad del concreto elaborado en base a la ceniza del bagazo de caña de azúcar (cbca) con cemento portland, ante agentes agresivos (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2157>.

Chávez, C. (2017). Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración del concreto hidráulico (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1048>.

Crespo, C. (5ta edición). (2004). Mecánica de suelos y cimentación. México: Editorial Limusa.

Jara, R. y Palacios, R. (2015). Utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del cemento en la elaboración de ladrillos de concreto (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2715>.

Juárez, E., & Rico Rodríguez, A. (1ra. Edición). (1986). Mecánica de suelos. México: Editorial Limusa.

Libreros, J. y Henao, S. (2016). Evaluación de la ceniza proveniente del bagazo de caña de azúcar como material cementante alternativo para la elaboración de morteros (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/4113>.

Morales, R. (7 ma. Edición). (2005). Diseño en Concreto Armado. Perú: Editorial ICG.

Navarro, C. y Narváez, J. (2017). Determinación de la influencia del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la resistencia a la compresión de bloques para mampostería liviana (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25746>.

(2018). Reglamento Nacional de Edificaciones. Recuperado de <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>.

(2018). Normas Técnicas Peruanas. Recuperado de <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/catalogo-bibliografico>.

A red, wavy-edged banner with a white outline, containing the text 'CAPÍTULO VII'.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

VII. ANEXOS

7.1. Anexo 1. Ensayo de fluorescencia de rayos x

7.2. Anexo 2. Ensayo de los agregados

7.3. Anexo 3. Tablas de resistencia

7.4. Anexo 4. Diseño de mezcla

7.5. Anexo 5. Panel fotográfico

ANEXO N°01

ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X

SOLICITANTE	JORGE LUIS JOAN ADRIAN ESTRADA ROBERTO JULIO BENTOLO PAREDES
TESIS	"CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO"
MUESTRA	CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR
FECHA	18 DE SETIEMBRE DEL 2019.
INSTITUCION	

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

CONDICIONES DE LA MEDICION:

El análisis se realizó en un espectrometro de fluorescencia total de rayos x marca

BRUKER, MODELO S2-PICOFOX.

Fuente de rayos x: tubo de Mo

Tiempo de medida: 2000 segundos

ESTANDAR INTERNACIONAL PARA

CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)

Concentración: lg/l.

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 25 mg de la muestra de ceniza de bagazo de caña de azucar, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

3. METODO

- BASADO EN LA NORMA : ASTM C25
- VOLUMETRIA : USAQ-ME06

JEFE DE LABORATORIO

ANALISTA RESPONSABLE

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS

CARLOS QUIÑONES
ANALISTA RESPONSABLE

MINERALES - ACEITE CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



1. RESULTADOS

LASACI

Parametros	unidades	muestra
SiO ₂	%	44.75
Al ₂ O ₃	%	4.12
Fe ₂ O ₃	%	2.7
CaO	%	0.98
MgO	%	0.23
K ₂ O	%	1.15
Na ₂ O	%	2.06
TiO ₂	%	<0.01

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada (véase la figura 1) con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente silíce (Si) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró aluminio (Al), hierro (Fe), calcio (Ca) y magnesio (Mg).



Trujillo, 01 de Octubre del 2019

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

ANEXO N°02

ENSAYO

DE LOS

AGREGADOS

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
	TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: ENERO 2019

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO ASTM D -2216-80
--

CONDICIONES DE SECADO		
Temperatura : 110°C ± 5°C	Método : Horno (O)	Microonda (M)

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{(P_m - P_{msc})}{P_{msc}} * 100$$

Donde :

P_m = Peso de la muestra

P_{msc} = Peso de la muestra seca

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO				
RECIPIENTE N°		1	2	3
Peso de muestra humedad + Tara (gr)	A	107.950	112.846	105.140
Peso de muestra seca + Tara (gr)	B	107.701	112.595	104.875
Peso de tara (gr)	C	27.316	26.421	27.058
Peso humedo (gr)	W=A-C	80.634	86.425	78.082
Peso seco (gr)	D=B-C	80.385	86.174	77.817
Contenido de humedad (%)	((W-D)/D)*100	0.31%	0.29%	0.34%
PROMEDIO		0.31%		

Fuente: Elaboración propia

 UNS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
	TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: ENERO 2019

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO ASTM D -2216-80
--

CONDICIONES DE SECADO		
Temperatura : 110°C ± 5°C	Método : Horno (O)	Microonda (M)

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{(P_m - P_{msc})}{P_{msc}} * 100$$

Donde :

P_m = Peso de la muestra

P_{msc} = Peso de la muestra seca

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO				
RECIPIENTE N°		1	2	3
Peso de muestra humedad + Tara (gr)	A	89.541	95.288	92.973
Peso de muestra seca + Tara (gr)	B	89.442	95.207	92.846
Peso de tara (gr)	C	25.716	27.214	26.581
Peso humedo (gr)	W=A-C	63.825	68.074	66.392
Peso seco (gr)	D=B-C	63.726	67.993	66.265
Contenido de humedad (%)	((W-D)/D)*100	0.16%	0.12%	0.19%
PROMEDIO		0.16%		

Fuente: Elaboración propia

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
	TESIS: "CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO"

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

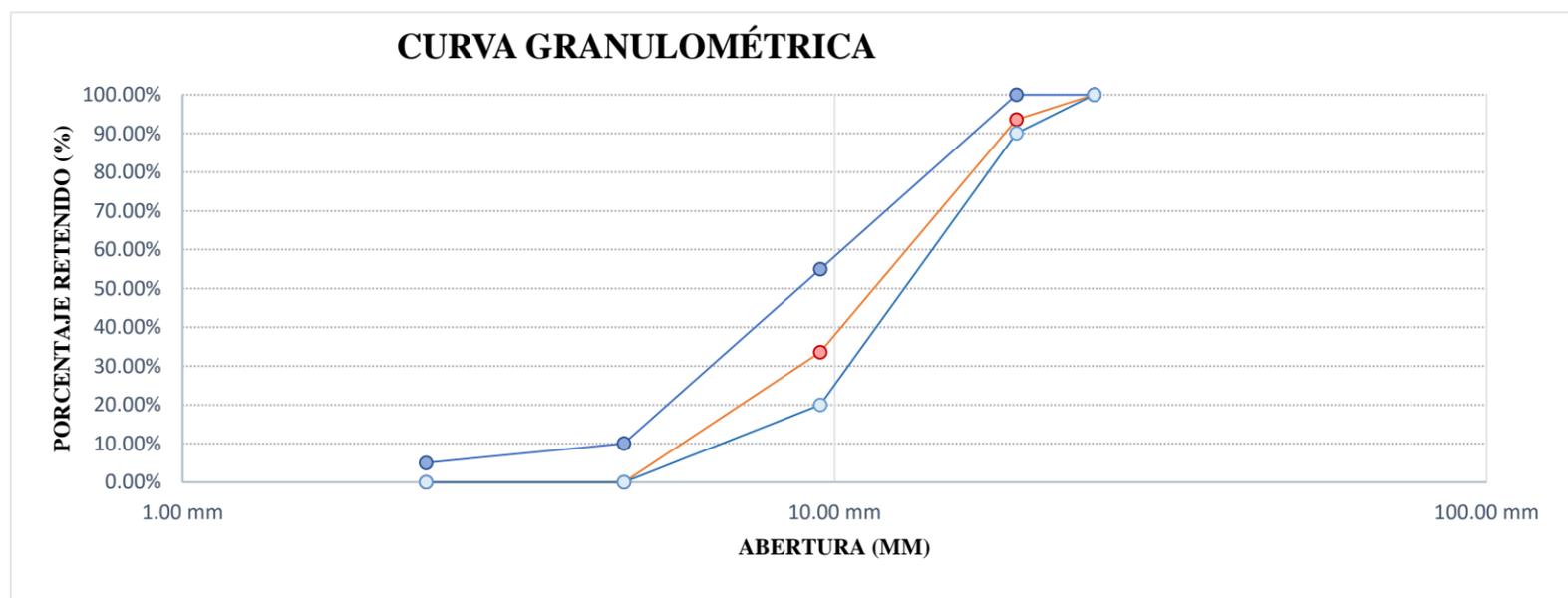
ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO	
ASTM C136 - NTP 400.037	
CANTERA DE DONDE PROVIENE EL AGREGADO:	LA CUMBRE

Tamiz o Malla		Peso Retenido (gr)	Porc. Reten. (%)	Porc. Acuml. (%)	Porc. Que Pasa. (%)	Tamaño Maximo Nominal
Abertura	N°					
37.50 mm	1 1/2"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
25.00 mm	1"	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
19.00 mm	3/4"	321.30	6.43%	6.43%	93.57%	
12.50 mm	1/2"	1759.17	35.18%	41.61%	58.39%	
9.50 mm	3/8"	1243.01	24.86%	66.47%	33.53%	
4.75 mm	N° 4	1676.52	33.53%	100.00%	0.00%	
Cazoleta		0.00	0.00%	100.00%	0.00%	
Total		5000.000				

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO"

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: ENERO 2019

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO
ASTM C127- NTP 400.021

Fórmulas a utilizar:

$$P_{em} = \frac{A}{(V-V_a)} * 100$$

Donde :

A= Peso en el aire de la muestra secada en el horno, (gramos)

V= Volumen del frasco en cm³

V_a= Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida al frasco.

P_{em}= Peso específico de masa

$$A_b (\%) = \frac{(500-A)}{A} * 100$$

A_b= Absorción

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO			
S	Peso de muestra saturada superficialmente seca (gr)		500.00
A	Peso en el aire de la muestra secada en el horno, (gramos)		494.07
B	Peso de picnómetro + agua (gr)		547.50
C	Peso del picnómetro + agua + material (gr)		861.43
	Peso específico nominal	A/(B+A-C)	2.74 gr/cm³
	Absorción (A _b %)	((S-A)/A)*100	1.20%

Fuente: Elaboración propia

 UNS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
	TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
 Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: ENERO 2019

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C127-NTP 400.021

Fórmulas a utilizar:

$$P_{em} = \frac{A}{(B-C)} * 100$$

Donde :

A= Peso de la muestra seca en aire, en gramos

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

C= Peso en el agua de la muestra saturada.

Pem= Peso específico de masa

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

Ab= Absorción

<i>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</i>			
A	peso en el aire de la muestra seca (gr)		2342.00
B	peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca		2337.00
C	peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr)		1465.00
	Peso específico de Nominal	A/B-C	2.69 gr/cm3
	Absorción (Ab %)	((B-A)/A)*100	0.21%

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: ENERO 2019

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO NTP 400.017 Y ASTM C-29

<i>DATOS TÉCNICOS</i>				
Volumen del molde	Ancho= 0.165 m	Largo = 0.196 m	Alto = 0.278 m	V = 0.00899 m ³
Peso del molde				3.565 kg

$$\text{Peso unitario compactado (M2)} = \frac{Pmc}{V}$$

Donde :

M2= Peso unitario compactado (kg/m³).

Pmc = Peso de la muestra compactada(kg)

V= Volumen del recipiente (m³).

<i>PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO</i>					
<i>CANTIDAD DE MUESTRAS</i>	<i>PESO DEL MOLDE (kg)</i>	<i>VOLUMEN DEL MOLDE (m³)</i>	<i>PESO DE MUESTRA COMPACTADA + PESO DE MOLDE (kg)</i>	<i>PESO DE MUESTRA COMPACTADA (kg)</i>	<i>PESO UNITARIO SUELTO SECO DE LA MUESTRA (kg/m³)</i>
1	3.57 kg	V = 0.00899 m ³	17.7	14.135	1572.212 kg/m ³
2	3.57 kg	V = 0.00899 m ³	18.103	14.538	1617.037 kg/m ³
3	3.57 kg	V = 0.00899 m ³	17.625	14.060	1563.869 kg/m ³
4	3.57 kg	V = 0.00899 m ³	17.900	14.335	1594.457 kg/m ³
Promedio del Peso unitario volumetrico compactado del agregago grueso promedio (kg/m³)					1586.894 kg/cm³

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO"

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: ENERO 2019

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO NORMA ASTM C-29 Y NTP 400.017

DATOS TÉCNICOS			
Volumen del molde	Ancho= 0.165 m	Largo = 0.193 m	Alto = 0.278 m
	V = 0.0088529 m ³		
Peso del molde	3.565 kg		

$$\text{Peso unitario suelto (M1)} = \frac{Pms}{V}$$

Donde :

MI= Peso unitario suelto (kg/m³).

Pms = Peso de la muestra suelta (kg)

V= Volumen del recipiente (m³).

PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO SUELTO DEL AGREGADO FINO					
CANTIDAD DE MUESTRAS	PESO DEL MOLDE (kg)	VOLUMEN DEL MOLDE (m ³)	PESO DE MUESTRA SECA + PESO DE MOLDE (kg)	PESO DE MUESTRA SUELTA (kg)	PESO UNITARIO SUELTO SECO DE LA MUESTRA (kg/m ³)
1	3.57 kg	V = 0.00885 m ³	17.19	13.621	1538.568 kg/m ³
2	3.57 kg	V = 0.00885 m ³	17.21	13.645	1541.301 kg/m ³
3	3.57 kg	V = 0.00885 m ³	17.14	13.575	1533.394 kg/m ³
4	3.57 kg	V = 0.00885 m ³	17.23	13.667	1543.786 kg/m ³
Promedio del Peso unitario suelto del agregado fino promedio (kg/m³)					1539.26 kg/cm ³

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO"

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: ENERO 2019

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO NTP 400.017 Y ASTM C-29

DATOS TÉCNICOS				
Volumen del molde	Ancho= 0.165 m	Largo = 0.196 m	Alto = 0.278 m	V = 0.00899 m ³
Peso del molde				3.565 kg

$$\text{Peso unitario suelto (M1)} = \frac{Pms}{V}$$

Donde :

MI= Peso unitario suelto (kg/m³).

Pms = Peso de la muestra suelta

V= Volumen del recipiente (m³).

PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO					
CANTIDAD DE MUESTRAS	PESO DEL MOLDE (kg)	VOLUMEN DEL MOLDE (m ³)	PESO DE MUESTRA SUELTA + PESO DE MOLDE (kg)	PESO DE MUESTRA SECA (kg)	PESO UNITARIO SUELTO SECO DE LA MUESTRA (kg/m ³)
1	3.57 kg	V = 0.00899 m ³	17.15	13.585	1511.036 kg/m ³
2	3.57 kg	V = 0.00899 m ³	16.90	13.330	1482.673 kg/m ³
3	3.57 kg	V = 0.00899 m ³	16.94	13.375	1487.678 kg/m ³
4	3.57 kg	V = 0.00899 m ³	17.050	13.485	1499.913 kg/m ³
Promedio del Peso unitario volumetrico suelto del agregago grueso promedio (kg/m³)					1495.33 kg/cm ³

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°03

TABLAS DE RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO"

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: MARZO- ABRIL 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

DISEÑO DE MEZCLA : N°01 (PATRÓN) F' C = 210Kg/cm²

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)
P-01	05/03/2019	12/03/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	36753	207.98
P-02	05/03/2019	12/03/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	36499	206.54
Promedio								207.26 Kg/cm²

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)
P-03	05/03/2019	19/03/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	44635	252.58
P-04	05/03/2019	19/03/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	44241	250.35
Promedio								251.47 Kg/cm²

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)
P-05	05/03/2019	02/04/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	50931	288.21
P-06	05/03/2019	02/04/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	50739	287.12
Promedio								287.67 Kg/cm²

Fuente: Elaboración propia



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO"

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

Bartolo Paredes Roberto Julio

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: ABRIL - MAYO 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

DISEÑO DE MEZCLA : N°01 - SUSTITUCION POR CBCA 9% $F' C = 210\text{Kg/cm}^2$

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P1-07	08/04/2019	15/04/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	36073	204.13	70.96%
P1-08	08/04/2019	15/04/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	35864	202.95	70.55%
								Promedio	203.54 Kg/cm ²

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P1-09	08/04/2019	22/04/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	42795	242.17	84.18%
P1-10	08/04/2019	22/04/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	43477	246.03	85.53%
								Promedio	244.10 Kg/cm ²

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA DE DISEÑO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P1-11	08/04/2019	06/05/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	47103	266.55	92.66%
P1-12	08/04/2019	06/05/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	46623	263.83	91.71%
								Promedio	265.19 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
	TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: ABRIL - MAYO 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
ASTM C-39

DISEÑO DE MEZCLA :	N°02 - SUSTITUCION POR CBCA 18%	F' C = 210Kg/cm ²
---------------------------	---------------------------------	------------------------------

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P1-13	15/04/2019	22/04/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	27889	157.82	54.86%
P1-14	15/04/2019	22/04/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	27066	153.16	53.24%
Promedio								155.49 Kg/cm ²	

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P1-15	15/04/2019	29/04/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	33086	187.23	65.09%
P1-16	15/04/2019	29/04/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	32982	186.64	64.88%
Promedio								186.94 Kg/cm ²	

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA DE DISEÑO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P1-17	15/04/2019	13/05/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	35721	202.14	70.27%
P1-18	15/04/2019	13/05/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	36478	206.42	71.76%
Promedio								204.28 Kg/cm ²	

Fuente: Elaboración propia

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
	TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: ABRIL- MAYO 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39
--

DISEÑO DE MEZCLA :	N°03 - SUSTITUCION POR CBCA 27%	F' C = 210Kg/cm ²
---------------------------	---------------------------------	------------------------------

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P1-19	17/04/2019	24/04/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	18787	106.31	36.96%
P1-20	17/04/2019	24/04/2019	7.00	15.00	30.00	176.715	18368	103.94	36.13%
Promedio								105.13 Kg/cm ²	

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P1-21	17/04/2019	01/05/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	22858	129.35	44.97%
P1-22	17/04/2019	01/05/2019	14.00	15.00	30.00	176.715	23875	135.10	46.96%
Promedio								132.23 Kg/cm ²	

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA DE DISEÑO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P1-23	17/04/2019	15/05/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	29783	168.54	58.59%
P1-24	17/04/2019	15/05/2019	28.00	15.00	30.00	176.715	29288	165.74	57.62%
Promedio								167.14 Kg/cm ²	

Fuente: Elaboración propia

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
	TESIS: "CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO"

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: FEBRERO- MARZO 2020

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
ASTM C-39

DISEÑO DE MEZCLA : N°04 - SUSTITUCION POR CBCA 2% F' C = 210Kg/cm2

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm2)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm2)	% ALCANCE
P2-01	13/02/2020	20/02/2020	7.00	15.00	30.00	176.715	42684	241.54	83.97%
P2-02	13/02/2020	20/02/2020	7.00	15.00	30.00	176.715	42443	240.18	83.49%
Promedio								240.86 Kg/cm2	

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm2)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm2)	% ALCANCE
P2-03	13/02/2020	27/02/2020	14.00	15.00	30.00	176.715	50313	284.71	98.97%
P2-04	13/02/2020	27/02/2020	14.00	15.00	30.00	176.715	49945	282.63	98.25%
Promedio								283.67 Kg/cm2	

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm2)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA DE DISEÑO (Kg/cm2)	% ALCANCE
P2-05	13/02/2020	12/03/2020	28.00	15.00	30.00	176.715	55833	315.95	109.83%
P2-06	13/02/2020	12/03/2020	28.00	15.00	30.00	176.715	56498	319.71	111.14%
Promedio								317.83 Kg/cm2	

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO"

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: FEBRERO- MARZO 2020

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
ASTM C-39**

DISEÑO DE MEZCLA : N°05 - SUSTITUCION POR CBCA 3% F' C = 210Kg/cm2

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P2-07	12/02/2020	19/02/2020	7.00	15.00	30.00	176.715	41795	236.51	82.22%
P2-08	12/02/2020	19/02/2020	7.00	15.00	30.00	176.715	42088	238.17	82.79%
Promedio									237.34 Kg/cm ²

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P2-09	12/02/2020	26/02/2020	14.00	15.00	30.00	176.715	47602	269.37	93.64%
P2-10	12/02/2020	26/02/2020	14.00	15.00	30.00	176.715	47365	268.03	93.17%
Promedio									268.70 Kg/cm ²

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA DE DISEÑO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P2-11	12/02/2020	11/03/2020	28.00	15.00	30.00	176.715	55155	312.11	108.50%
P2-12	12/02/2020	11/03/2020	28.00	15.00	30.00	176.715	54681	309.43	107.57%
Promedio									310.77 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO"

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: FEBRERO- MARZO 2020

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

DISEÑO DE MEZCLA : N°06 - SUSTITUCION POR CBCA 4% F' C = 210Kg/cm²

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P2-13	13/02/2020	20/02/2020	7.00	15.00	30.00	176.715	39063	221.05	76.84%
P2-14	13/02/2020	20/02/2020	7.00	15.00	30.00	176.715	39533	223.71	77.77%
Promedio									222.38 Kg/cm ²

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA ENSAYO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P2-15	13/02/2020	27/02/2020	14.00	15.00	30.00	176.715	45236	255.98	88.99%
P2-16	13/02/2020	27/02/2020	14.00	15.00	30.00	176.715	44580	252.27	87.70%
Promedio									254.13 Kg/cm ²

ESPECIMEN	FECHA VACIADO	FECHA RUPTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kgf)	RESISTENCIA DE DISEÑO (Kg/cm ²)	% ALCANCE
P2-17	13/02/2020	12/03/2020	28.00	15.00	30.00	176.715	53827	304.60	105.89%
P2-18	13/02/2020	12/03/2020	28.00	15.00	30.00	176.715	52988	299.85	104.24%
Promedio									302.23 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia



UNIGEO E.I.R.L.

GEOTECNIA - INGENIERIA DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS - LABORATORIO DE MECANICA
SUELOS - CONCRETO Y ASFALTO - CONSULTORIA - PROYECTOS



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

ASTM C 39

TESIS : "CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO"

TESISTAS : BACH. ADRIAN ESTRADA JORGE LUIS JOAN
BACH. BARTOLO PAREDES ROBERTO JULIO

ASUNTO : ENSAYO A LA COMPRESION

UNIDAD : PROBETA DE CONCRETO

FECHA : INDICADA

F C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA		EDAD DIAS	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kfg)	FC Kg/Cm ²
		MOLDEO	ROTURA						
01	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55015.00	311.32
02	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54728.00	309.70
03	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54923.00	310.80
04	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	56141.00	317.69
05	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55945.00	316.58
06	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54590.00	308.92
07	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54821.00	310.22
08	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53021.00	300.04
09	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	05/10/2020	02/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53133.00	300.67
10	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54970.00	311.07
11	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55398.00	313.49
12	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55011.00	311.30
13	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53982.00	305.48
14	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54256.00	307.03
15	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55123.00	311.93
16	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55228.00	312.53
17	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54012.00	305.65
18	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	06/10/2020	03/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54363.00	307.63
19	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54887.00	310.60
20	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53995.00	305.55
21	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53115.00	300.57
22	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53079.00	300.37



UNIGEO E.I.R.L.

Ing. Jorge Divan Carpio Saldarriaga
CIP N° 740952 - CONSULTOR C98446



UNIGEO E.I.R.L.

GEOTECNIA - INGENIERIA DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS - LABORATORIO DE MECANICA
SUELOS - CONCRETO Y ASFALTO - CONSULTORIA - PROYECTOS



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

ASTM C 39

TESIS : "CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO"

TESISTAS : BACH. ADRIAN ESTRADA JORGE LUIS JOAN
BACH. BARTOLO PAREDES ROBERTO JULIO

ASUNTO : ENSAYO A LA COMPRESION

UNIDAD : PROBETA DE CONCRETO

FECHA : INDICADA

F C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA		EDAD DIAS	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kfg)	FC Kg/Cm ²
		MOLDEO	ROTURA						
23	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53501.00	302.75
24	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55017.00	311.33
25	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53503.00	302.77
26	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55007.00	311.28
27	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	07/10/2020	04/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	53831.00	304.62
28	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55281.00	312.83
29	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55896.00	316.31
30	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55621.00	314.75
31	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54214.00	306.79
32	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	56023.00	317.03
33	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55210.00	312.42
34	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	54823.00	310.23
35	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55062.00	311.59
36	P-Con 2% de sustitucion de CBCA	08/10/2020	05/11/2020	28	15.00	30.00	176.715	55542.00	314.30

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Las muestras fueron elaboradas e indentificadas por los solicitantes



UNIGEO E.I.R.L.

Ing. Jorge Divan Carpio Saldarriaga
CIP N° 140952 - CONSULTOR C98446

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-104-2019**

Peticionario : UNIGEO EIRL
Atención : UNIGEO EIRL
Lugar de calibración : Lima
Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial-hidráulica
Capacidad del equipo : 1,112 kN (250,000 lbf. ó 113 TN)
División de escala : 0.1 kN
Marca : ELE - INTERNATIONAL
Modelo : 36-0650/06
Nº de serie del equipo : 9913
Lector digital : HARDSTEL
Nº de serie lector digital : 1887-1-00089
Procedencia : USA
Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,9°C / 79%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,9°C / 78%
Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, Nº de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte Nº C-8517A0314
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2019-11-24

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2019-11-27	 Vladimir Delto Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO INGENIERO CIVIL Reg. CIP. Nº 89945

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kN)	1º ascenso	2º ascenso	3º ascenso			
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
9	100,0	100,6	99,6	99,5	99,9	0,1	0,1
18	200,0	200,9	200,5	200,3	200,6	-0,3	0,1
27	300,0	301,2	301,0	300,5	300,9	-0,3	0,1
36	400,0	400,5	400,6	400,5	400,6	-0,1	0,1
45	500,0	501,1	500,9	500,8	500,9	-0,2	0,1
54	600,0	601,6	601,2	601,2	601,4	-0,2	0,1
63	700,0	701,5	701,3	701,0	701,3	-0,2	0,1
72	800,0	801,0	800,9	800,9	800,9	-0,1	0,1
81	900,0	901,1	901,1	901,6	901,3	-0,1	0,1
90	1000,0	1000,6	1000,8	1000,2	1000,5	0,0	0,1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y cumple con los requisitos de la norma ASTM C-39.



ANEXO N°04

DISEÑO

DE

MEZCLAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

TESISTAS: Adrian Estrada Jorge Luis Joan
Bartolo Paredes Roberto Julio

LUGAR: Laboratorio de Concreto UNS

ASESOR: Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Diaz

FECHA: 28/01/2019

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Método de Diseño del Comité 211 del ACI

I. ESPECIFICACIONES:

1.1. La Resistencia de Diseño a los 28 días es de 210 Kg/cm², se desconoce el valor de la desviación estándar.

1.2. Materiales:

1.2.1. Cemento Pacasmayo Portland Tipo I
Peso Específico

3.11 gr/cm³

1.2.2. Agregado Fino

Arena Gruesa - Cantera de la zona

Peso Especifico

2.74 gr/cm³

Absorción

1.20 %

Contenido de Humedad

0.31 %

Módulo de Fineza

2.71

Peso Unitario Suelto

1539.26 Kg/m³



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

1.2.3. Agregado Grueso

Piedra Chancada

Tamaño Maximo Nominal

3/4"

Peso Seco Varillado

1586.894 Kg/m³

Peso Específico

2.69 gr/cm³

Absorción

0.21 %

Contenido de Humedad

0.16 %

Peso Unitario Suelto

1495.33 Kg/m³

1.2.4. Agua:

Agua Potable de la zona.

II. DISEÑO:

2.1. Selección de la Resistencia (f'cr):

Dado que no se conoce el valor de la desviación estándar, entonces se

tiene que:

$$f'cr =$$

$$f'c + 84 \text{ Kg/cm}^2$$

Entonces:

$$f'cr =$$

$$210 + 84 =$$

$$294 \text{ Kg/cm}^2$$

	RESISTENCIA A EMPLEAR				
Si f'c =	140	+	70	=	210
	175	+	70	=	245
	210	+	84	=	294
	280	+	84	=	364
	320	+	84	=	404



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

2.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal:

El tamaño máximo nominal es de $3/4''$

2.3. Selección del Asentamiento:

Por condiciones de colocación se requiere de una mezcla plástica con un asentamiento de 3" a 4".

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO									
Tam Max	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"	6"
Slump	Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	155	155	155
3" a 4"	225	215	205	195	175	170	170	170	170
6" a 7"	225	215	200	195	175	170	170	170	170
Aire	Contenido de Aire								
	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.3	0.2

2.4. Volumen Unitario de Agua:

Para una mezcla de concreto de 3" a 4" de asentamiento, sin aire incorporado y cuyo agregado tiene un tamaño máximo nominal de 3/4"

, el volumen unitario de agua es de 205 Lt/m^3 .

2.5. Contenido de Aire:

Se considera 2% de aire atrapado por las características de los componentes de éste concreto.



TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

2.6. Relación Agua - Cemento:

Para una resistencia de diseño $f'_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$ sin aire incorporado,
la relación agua – cemento es de 0.5584 por Resistencia.

Fca 28 días (KG/CM2)	Relacion Agua/Cemento	
	Sin aire Incorporado	Con Aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
294	0.5584	0.47
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	0.34
450	0.38	0.28
500	0.33	0.22

2.7. Factor Cemento:

205 0.56 366.071 Kg/m³ 8.613 Bls/m³.

2.8. Contenido de Agregado Grueso:

Para un módulo de fineza de 2.71 y un tamaño máximo nominal de 3/4"
le corresponde un volumen unitario de 0.629 m³ de agregado
grueso varillado por unidad de volumen de concreto.
Peso del Agregado Grueso = 0.629 1586.894 998.156 Kg/m³



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

Tamaño Maximo	Modulo Fineza Agregado Fino								
	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.1	3.2
3/8"	0.5	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42
1/2"	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51
3/4"	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.6	0.59	0.58
1"	0.71	0.7	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63
1 1/2"	0.76	0.73	0.74	0.73	0.72	0.71	0.7	0.69	0.68
2"	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.7
3"	0.81	0.8	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73
6"	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.8	0.79

2.9. Cálculo de Volúmenes Absolutos:

Cemento	366.071	3.11	1000	0.118 m3
Agua	205	1	1000	0.205 m3
Aire Atrapado	2	1	100	0.02 m3
Agregado Grueso	998.156	2.69	1000	0.37106183 m3
Total				0.714 m3

2.10 Contenido de Agregado Fino:

Volumen absoluto de agregado fino :	1	0.714	0.286	m3
Peso de agregado fino seco :	0.286	2.74	1000	784.271



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

2.11 Valores de Diseño:

Cemento	366.071 Kg/m ³
Agua de Diseño	205 Lt/m ³
Agregado Fino Seco	784.271 Kg/m ³
Agregado Grueso Seco	998.156 Kg/m ³

2.12 Corrección por Humedad de los Agregados:

Agregado Fino	784.2710602	1.0031	786.7023 Kg/m ³
Agregado Grueso	998.156326	1.0016	999.753376 Kg/m ³

Humedad Superficial de:

Agregado Fino	0.31	-1.20	-0.89 %
Agregado Grueso	0.16	-0.21	-0.05 %

Aporte de Humedad de los Agregados:

Agregado Fino	784.2710602	-0.0089	-6.9800124 Lt/m ³
Agregado Grueso	998.156326	-0.0005	-0.4990782 Lt/m ³
			-7.4790906 Lt/m ³

Agua Efectiva	205	-7.4790906	212.479091 Lt/m ³
---------------	-----	------------	------------------------------



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: “CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO”

Los pesos de los materiales ya corregidos serán:

Cemento	366.0714286 Kg/m ³
Agua Efectiva	212.4790906 Lt/m ³
Agregado Fino Húmedo	786.7023004 Kg/m ³
Agregado Grueso Húmedo	999.7533761 Kg/m ³

2.13 Proporción en Peso Húmedo:

366.071	366.071	786.702	366.071	999.753	366.071
Cemento	Agregado fino	Agregado Grueso	Agua		
1	2.15	2.73	0.58		

2.14 Pesos por Tanda de una bolsa:

Cemento	1	42.5	42.5 Kg/bls
Agua Efectiva	0.58	42.5	24.6683042 Lt/bls
Agregado Fino Húmedo	2.15	42.5	91.3342183 Kg/bls
Agregado Grueso Húmedo	2.73	42.5	116.068929 Kg/bls

SE RECOMIENDA USAR : 1: 2.15: 2.73 / 24.65 Lt/bls

ANEXO N°05

PANEL

FOTOGRAFICO

FOTO N°01



FOTO N°02



AGREGADO FINO DE LA CANTERA “LA SOPRESA” EL QUE SE UTILIZA PARA LA ELABORACION DE CONCRETO.

FOTO N°03



FOTO N°04



AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA “LA CUMBRE” EL QUE SE UTILIZA PARA LA ELABORACION DE CONCRETO.

FOTO N°05



FOTO N°06



CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR OBTENIDA DE LA LIMPIEZA DE LOS CALDEROS .

FOTO N°07



FOTO N°08



HACIENDO EL CUARTEO AL AGREGADO GRUESO PARA LUEGO SER EMPLEADO PARA EL TAMIZADO.

FOTO N°09



REALIZANDO EL COMPACTADO DEL AGREGADO PARA PODER OBTENER EL PESO UNITARIO.

FOTO N°10



COLOCANDO EL AGREGADO AL HORNO PARA LUEGO PODER CALCULAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD.

FOTO N°11



TAMIZANDO LOS AGREGADOS CON AYUDA PARA POSTERIORMENTE CALCULAR LA GRUNULOMETRIA ASI COMO SU MODULO DE FINEZA.

FOTO N°11



TAMIZADO DE LAS CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR MANUALMENTE PARA SUSTITUIR AL CEMENTO.

FOTO N°12



CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR LUEGO DE SER TAMIZADA.

FOTO N°13



COLOCADO DEL AGREGADO EN DEPOSITOS CON AGUA PARA LUEGO SER EMPLEADO EN EL ENSAYO DE ABORCION.

FOTO N°14



FOTO N°15



REALIZANDO EL ENSAYO DE ABSORCION AL AGREGADO GRUESO.

FOTO N°16



.MATERIALES LISTOS PARA PODER ELABORAR CONCRETO Y VERIFICACION DEL TROMPO QUE SE ENCUENTRE HUMEDO.

FOTO N°16



.CONCRETO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR CUYA TRABAJABILIDAD SE MANTENIA.

FOTO N°17



.REALIZANDO EL ENSAYO DEL CONO DE ABRAMS PARA SABER CUANTO SI TIENE BUENA CONSISTENCIA. Y VERIFICAR SU ASENTAMIENTO.

FOTO N°18



FOTO N°19



COLOCANDO EL CONCRETO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROBETAS CILINDRICAS.

FOTO N°20



DEENCOFRADO DE LOS TESTIGOS DE CONCRETO PARA POSTERIORMENTE LIMPIAR LAS PROBETAS CILINDRICAS.

FOTO N°21



CURADO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO EN UNA PATERA CON AGUA, EL CUAL SE RETIRA LUEGO DE CUMPLIR LOS DIAS PARA VERIFICAR SU RESISTENCIA.

FOTO N°22



PESADO DE PROBETAS ANTES DE LLEVARLA A LA MAQUINA COMPRESORA DONDE ARROJARA LA RESISTENCIA DE DICHA PROBETA DE CONCRETO.

FOTO N°23



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A LAS PROBETAS DE CONCRETO CUYA RESISTENCIA ES DE 210 kg/cm².

FOTO N°24



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A LAS PROBETAS DE CONCRETO CON CBCA CUYA RESISTENCIA ES DE 210 kg/cm².

FOTO N°25



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS DE CONCRETO
F°C 210 kg/cm² – RESISTENCIA OBTENIDA A LOS 28 DIAS PARA EL CONCRETO
CON 2 % DE CBCA.

FOTO N°26



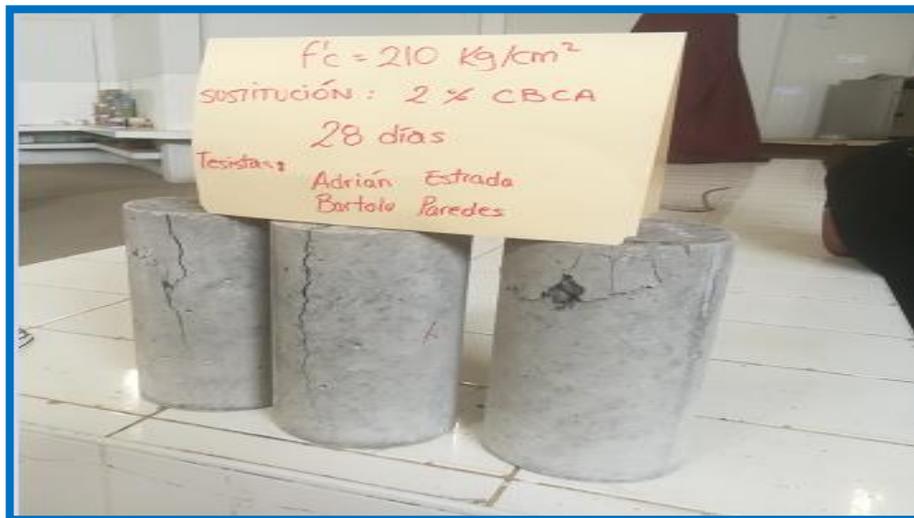
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS DE CONCRETO
F°C 210 kg/cm² – RESISTENCIA OBTENIDA A LOS 28 DIAS PARA EL CONCRETO
CON 2 % DE CBCA.

FOTO N°27



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS DE CONCRETO
F^c 210 kg/cm² – RESISTENCIA OBTENIDA A LOS 28 DIAS PARA EL CONCRETO
CON 2 % DE CBCA.

FOTO N°28



TESTIGOS DE CONCRETO LUEGO DE REALIZAR EL ENSAYO A LA COMPRESIÓN.



LABORATORIO DE CONCRETO UNIGEO EIRL.



TESTIGOS DE CONCRETO A REALIZAR EL ENSAYO A LA COMPRESIÓN.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS DE CONCRETO
F'C 210 kg/cm² – RESISTENCIA OBTENIDA A LOS 28 DIAS PARA EL CONCRETO
CON 2 % DE CBCA, EN EL LABORATORIO UNIGEO E.I.R.L.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS DE CONCRETO
F'C 210 kg/cm² – RESISTENCIA OBTENIDA A LOS 28 DIAS PARA EL CONCRETO
CON 2 % DE CBCA, EN EL LABORATORIO UNIGEO E.I.R.L.



TESTIGOS DE CONCRETO EN LA MAQUINA DE COMPRESIÓN, EN EL LABORATORIO UNIGEO E.I.R.L.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS DE CONCRETO F'C 210 kg/cm² – RESISTENCIA OBTENIDA A LOS 28 DIAS PARA EL CONCRETO CON 2 % DE CBCA.



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, JORGE LUIS JOAN ADRIAN ESTRADA
estudiante / docente de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	INGENIERIA CIVIL					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría				Doctorado	

Programa:
De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

" CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO SUSTITUCION DEL CEMENTO PORTLAND EN ELABORACION DE CONCRETO HIDRAULICO "

presentado en 209... folios, para la obtención del Grado académico: ()

Título profesional: (X) Investigación anual: ()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 15 de FEBRERO de 20 21...

Firma:

Nombres y Apellidos: JORGE LUIS JOAN ADRIAN ESTRADA

DNI: 71348343

NOTA: Esta Declaración Jurada simple indicando que su investigación es un trabajo inédito, no exime a tesis e investigadores, que no bien se retome el servicio con el software antiplagio, ésta tendrá que ser aplicado antes que el informe final sea publicado en el Repositorio Institucional Digital UNS.



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, ROBERTO JULIO BARTOLO PAREDES
estudiante / docente de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	<u>INGENIERIA CIVIL</u>					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría		Doctorado			

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

" CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR COMO
SUSTITUCION DE CEMENTO PORTLAND EN ELABORACION
DE CONCRETO HIDRAULICO "

presentado en 209 folios, para la obtención del Grado académico: ()

Título profesional: (X) Investigación anual: ()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 15 de FEBRERO de 20 21.

Firma:

Nombres y Apellidos: ROBERTO JULIO BARTOLO PAREDES

DNI: 48 30 61 77

NOTA: *Esta Declaración Jurada simple indicando que su investigación es un trabajo inédito, no exime a tesis e investigadores, que no bien se retome el servicio con el software antiplagio, ésta tendrá que ser aplicado antes que el informe final sea publicado en el Repositorio Institucional Digital UNS.*