



**Valoración de la aportación a la resistencia en compresión del concreto de la sílice
obtenida de la cascarilla de arroz.**

William David Tambo Galeano

Código: 10481418460

Harold Andrés Romero Bernal

Código: 10481417418

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá, Colombia

2022

**Valoración de la aportación a la resistencia en compresión del concreto de la sílice
obtenida de la cascarilla de arroz.**

**William David Tambo Galeano
Harold Andrés Romero Bernal**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero civil

Director: Edison Osorio Bustamante

Título (PhD., Doctor, Ingeniero, etc.)

Línea de Investigación: Resistencia de materiales

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería civil

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá, Colombia

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado: Valoración de la aportación a la resistencia en comprensión del concreto de la sílice obtenida de la cascarilla de arroz. Cumple con los requisitos para optar Al título de ingeniero civil.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Bogotá, 17/ 11/ 2022.

Esta tesis la dedico principalmente a Dios por guiarme en este camino y llenarme de sabiduría, a mi madre y padre por darme el apoyo moral y económico durante esta etapa a y mis dos abuelas que ya no se encuentran en esta dimensión.

Agradecimientos

Se le hace un agradecimiento a la Universidad Antonio Nariño la cual nos colaboró en diferentes ámbitos para realizar esta tesis, a nuestro asesor y profesor Edison Osorio de la Universidad Antonio Nariño quien nos colaboró y estuvo al tanto con cada uno de los procesos para culminar este trabajo de investigación y finalmente a las laboratoristas Laura Osorio y Valentina Riveros quienes nos facilitaron y asesoraron con todo el tema para el uso de los laboratorios.

Tabla de contenido

Resumen	12
Abstract	13
1. Introducción	13
2. Objetivos	19
2.1 Objetivo General	19
2.2 Objetivos específicos	19
3. Marco teórico	20
3.1 Concretos	21
3.1.1 Agregados en los concretos	21
3.1.2 Dosificaciones	21
3.1.2.1 Caracterización de los materiales	21
3.1.2.1.1 Agregados Finos	22
3.1.2.1.2 Agregados gruesos	23
3.1.3 Materiales Cementantes suplementarios.	23
3.1.3.1 Cenizas Volantes	23
3.1.3.2 Escoria	23
3.1.3.3 Puzolanas naturales	24
3.1.3.4 Humo De Sílice y Sílice	24
3.1.3.5 Sílice a base de cascarilla de arroz.	24
3.1.4 Diseño de mezcla.	25
3.1.4.1 Diseño y proporciónamiento de la mezcla de concreto	25
3.1.4.2 Elección de las características de la mezcla	25
3.1.4.3 Relación entre resistencia y relación entre Agua-Material cementante	25
3.1.4.4 Resistencia	25
3.1.4.5 Relación Agua – Material Cementante	26
3.1.4.6 Agregados	29
3.1.4.7 Contenido de Aire	31
3.1.4.8 Muestra Blanda	33
3.1.4.9 Exposición Moderada	33

3.1.4.10	Exhibición Severa	33
3.1.4.11	Revenimiento	34
3.1.4.12	Contenido de Agua	35
3.1.4.13	Especímenes de Materias Cementantes	36
3.1.4.14	Proporciónamiento	37
3.1.5	Curado de concreto	38
3.1.5.1	Grados de hidratación.	40
3.1.5.2	Tipos de Curado de concreto	40
3.1.6	Propiedades físico-mecánicas	41
3.1.6.1	Resistencias a presión u compresión del concreto	41
3.1.6.2	Pruebas de resistencia a la compresión.	41
4.	Estado del conocimiento	42
4.1	Métodos para generación de ceniza de cascarilla de arroz	42
4.2	Influencia de la cascarilla y cenizas en propiedades químicas y físicas del concreto	44
4.3	Influencia de la ceniza en propiedades mecánicas del concreto	45
5.	Diseño Metodológico	52
5.1	Proceso de caracterización de la cascarilla de arroz.	52
5.1.1	Humedad representativa de la cascarilla.	52
5.1.2	Sólidos volátiles de la cascarilla.	54
5.2	Proceso de obtención de ceniza de la cascarilla de arroz.	58
5.3	Elaboración y curado de especímenes	61
5.3.1	Preparación de especímenes	61
5.4	Curado de especímenes	64
5.5	Caracterización y medición de resistencia a compresión de los especímenes.	65
6	Resultados y análisis	69
6.1	Caracterización de la cascarilla de arroz.	69
6.1.1	Humedad representativa.	69
6.1.2	Sólidos volátiles representativos de la cascarilla.	69
6.1	Obtención de la ceniza de la cascarilla de arroz	71
6.2	Pruebas resistencia a la compresión.	71
8	Conclusiones	76
9	Anexos	78

10 Referencias Bibliográficas

97

Listado de tablas

Tabla 1	Producción de arroz mecanizado en Colombia	16
Tabla 2	producción de cascarilla de arroz en Colombia	17
Tabla 3	Artículos de estado del conocimiento.....	49
Tabla 4	Resistencias y edades de fallo.....	67
Tabla 5	Valores obtenidos de humedad por triplicado	69
Tabla 6	Partículas volátiles 2 horas	70
Tabla 7	Partículas volátiles 4 horas	70
Tabla 8	Consolidado resistencias a compresión	71

Listado de Figuras

Figura 1	Sectorización de zonas arroceras en Colombia.....	15
Figura 2	Producción de arroz zonas de Colombia.	16
Figura 3	Conceptualización de la temática	20
Figura 4	Requisitos de granulometría de grano fino	22
Figura 5	Correlación Agua-Material Cementante Máxima.....	26
Figura 6	Requerimientos para el sólido (concreto) con Sulfatos del Suelo y/o del Agua.....	27
Figura 7	Relación agua material cementante / Resistencia	28
Figura 8	(Métrica) Dependencia entre la Relación.....	28
Figura 9	(Métrica) Dependencia entre la Relación.....	29
Figura 10	Volúmenes de los Agregados Gruesos por los volúmenes Unitarios del Concreto ..	30
Figura 11	Volúmenes de los compuesto Grueso por Unitarios de Concreto	31
Figura 12	Volúmenes del compuesto grueso por unidad de concreto.	32
Figura 13	cantidades del compuesto grueso por módulo de volumen en el concreto.	32
Figura 14	Volúmenes del compuesto (agregado) grueso por unidad de concreto.	34
Figura 15	Solicitud de agua contigua para varios revenimientos y dimensiones de compuestos (agregados) como el triturado para la figura de la parte (izquierda)	35
Figura 16	requerimientos Pequeños de Material Cementante para Concreto Viejo en Zonas Planas.....	36
Figura 17	Requerimientos de materias primas cementantes	37
Figura 18	Resistencia Vs edades de curado	39
Figura 19	Humo de Sílice	43
Figura 20	Quema descontrolada de cascarilla de arroz.....	43
Figura 21	Documentos por año	47
Figura 22	Documentos por territorio	47
Figura 23	Documentos por autor	48
Figura 24	Balanza de humedad	53
Figura 25	Lectura de valores balanza.	54
Figura 26	Balanza de precisión	55
Figura 27	Mufla universidad Antonio Nariño.....	56
Figura 28	Disecador con muestras de cascarilla incinerada	57
Figura 29	Balanza con peso de la ceniza de la cascarilla.....	57
Figura 30	Método de quema casero tipo chimenea	58
Figura 31	Método de oxigenación	59
Figura 32	Combustión interna.	60
Figura 33	Excesos de costra de cascarilla	60
Figura 34	Obtención de ceniza.....	61
Figura 35	Preparación de camisas	62
Figura 36	Peso de materiales previos a mezclado	62
Figura 37	Adición de ceniza de cascarilla al mezclado.....	63
Figura 38	Realización de prueba de asentamiento Slum.....	63
Figura 39	Llenado de camisas.	64
Figura 40	Curado de cilindros en pileta	65

Figura 41	Caracterización de los cilindros	65
Figura 42	Configuración de la máquina de carga	66
Figura 43	Ajuste de cilindro para inicio de fallo y fallo de este.....	66
Figura 44	Esquemas modelos de fractura	67
Figura 45	Comparación de muestras de la evolución de la resistencia 3000 PSI	72
Figura 46	Comparación de muestras de la evolución de la resistencia 3000 PSI	73
Figura 47	Gráfica de las dos resistencias diseñadas.....	74

Resumen

Esta investigación se realiza con el fin y la motivación de aportar resultados positivos acerca de la disposición y reutilización de residuos industriales que generan varias industrias, para así utilizarlos en varios ámbitos para este caso ingenieriles, esto debido a diferentes sucesos negativos que se han presentado en el país respecto a infraestructura, por lo que es necesario ser objetivo con la carrera que se está estudiando, debido a que, con el estudio de esta, los ingenieros somos un benefactor social, y así mismo tenemos una responsabilidad con la sociedad y el medio ambiente.

Es por esto que el objetivo de esteta trabajo de exploración se basa en una proposición del aporte de materiales desechados que contribuyan a la mejora de la una propiedad mecánica del concreto como lo es la resistencia a la compresión. Previamente para desarrollar esta propuesta se tuvo que buscar un material en el cual sus propiedades ayuden a mejorar la resistencia a la compresión del concreto, para ello se eligió la sílice obtenido de la cascarilla de arroz. esto en base a que a la cascarilla de arroz es un desecho producto de las arroceras.

Una vez definido el material, se hacen las respectivas metodologías con las pruebas normativas desde el diseño de mezcla, curado y fallo de cilindros para determinar resistencia a la compresión de estos y así hacer una correlación de las resistencias respecto a las dos resistencias diseñadas de los cilindros adicionados con la sílice versus los cilindros adicionados sin la sílice.

En el desarrollo de esta investigación una de las principales conclusiones, es que la adición de elementos puzolánicos como lo es la ceniza obtenida a base de la cascarilla de arroz si mejora las propiedades mecánicas y químicas del concreto, ya que se puede sustituir parcialmente entre un 10 de la mase significativa de este.

Abstract

This research is carried out with the purpose and motivation of providing positive results about the disposal and reuse of industrial waste generated by various industries, in order to use them in various surroundings for this case engineers, this due to different negative events that have occurred in the country regarding infrastructure, so it is necessary to be objective with the career that is being studied, because, with the study of this, engineers are a social benefactor, and likewise we have a responsibility with society and the environment ambient.

That is why the objective of this research work is based on a proposal for the contribution of discarded materials that contribute to the improvement of a mechanical property of concrete such as compressive strength. Previously, to develop this proposal, a material had to be found in which its help to improve the compressive strength of the concrete, for which the properties of the silica obtained from the rice husk were selected. This is based on the fact that the rice husk is a desired product of the rice cookers.

Once the material is defined, the respective methodologies are made with the normative tests from the mixture design, curing and cylinder failure to determine their compressive strength and thus make a formation of the resistances with respect to the two designed resistances of the cylinders. cylinders dosed with the silica versus cylinders dosed without the silica.

In the development of this research, one of the main conclusions is that the addition of pozzolanic elements such as the ash obtained from the rice husk improves the mechanical and chemical properties of the concrete, since it can be partially replaced between 10 of the significant mass of this.

1. Introducción

En el transcurso del tiempo y proceso constructivo se ha observado que se pueden utilizar distintos agregados o complementos para fabricar estructuras donde se usa inicialmente la mezcla de hormigón compuesta por cemento, arena y piedras llamadas “chancadas o triturado” en las que se identifican componentes de durabilidad y resistencia fuerte con el fin de dar seguridad para las personas que permanecen o albergan en estas edificaciones (Kosmatka y Panarese, 1992).

En la construcción de las edificaciones se han probado varios complementos en las composiciones que ayuden a dar resistencia y durabilidad en las mismas soportando varios factores sísmo resistentes y ambientales por lo que se ha estado innovando y cada vez más reutilizando materias primas o compuestos nuevos con el fin de dar mayor optimización y ayudar en el factor económico al momento de generar construcciones (Merrit, 1992).

Es importante aclarar que el concreto es uno de los materiales más resistentes y usados para infraestructura actualmente ya que maneja grandes características para la compresión y de esta misma manera se busca el ayudar en este proceso (Teodoro E. Harmsen, 2005). Buscando nuevos componentes como la sílice el cual es generado por medio de la semilla del arroz al quemarse en un horno, dado que en este caso en muchos cultivos de arroz se encuentra con el inconveniente de esta cascarilla del arroz ya que se genera en grandes proporciones en este caso el 20% de la producción, al acopiarse genera inconvenientes como ocupación de espacios que se requieren usar y en el cómo poder emplearla de manera adecuada (Ávila, 2019; Costa, 2018). Así mismo sustrayendo este componente sílice el cual se busca adoptar en ciertas proporciones a la mezcla de concreto para indagar que proporción nos puede dar mayor factibilidad de uso y resistencia en el material debido a que este se llega a quemar de maneras descontroladas dado que no es un componente alimenticio para animales (Proaños et al., 2014). Actualmente podemos encontrar un desglose o representación de las zonas productoras de arroz en Colombia por medio de los censos que realizan (DANE – FEDEARROZ – 4° Censo Nacional Arroceros, 2016).

En la Figura 1 se presentan las zonas arroceras de Colombia y sus departamentos con área de siembra por año.

Figura 1

Sectorización de zonas arroceras en Colombia



ZONA ARROCERA	DEPARTAMENTO	ÁREA SEMBRADA AÑO	
		Ha.	%
BAJO CAUCA	ANTIOQUIA	90.751	15,9%
	BOLIVAR		
	CHOCO		
	CORDOBA		
	SUCRE		
CENTRO	CAQUETA	151.067	26,5%
	CAUCA		
	CUNDINAMARCA		
	HUILA		
	NARIÑO		
	TOLIMA		
	VALLE DEL CAUCA		
COSTA NORTE	YONDÓ (ANTIOQUIA)	30.125	5,3%
	ATLANTICO		
	CESAR		
	LA GUAJIRA MAGDALENA		
LLANOS	ARAUCA	258.292	45,3%
	CASANARE		
	PARATEBUENO (CUND.)		
	GUAVIARE		
	META VICHADA		
SANTANDERES	NORTE DE SANTAND	40.568	7,1%
	SANTANDER		
TOTAL		570.802	100%

Fuente: DANE - FEDEARROZ - 4° Censo Nacional Arrocerero

Nota: Área de arroz sembrada por zonas en cada departamento, adaptada de (FEDEARROZ,2022).

De esta misma manera en estas zonas de afectación por la cascarilla de arroz la organización Fedearroz ha proporcionado estudios en los últimos 7 años de producción de arroz (FEDEARROZ, 2022). En la tabla 1 se evidencian los promedios del (15% – 20%) de residuos de la cascarilla de arroz, así como en la figura 2 se ve una ilustración gráfica en donde podemos evidenciar la mayor zona de producción de arroz (Ávila, 2019; Costa, 2018).

Tabla 1

Producción de arroz mecanizado en Colombia

PRODUCCIÓN DE ARROZ MECANIZADO (TONELADAS) SEGÚN ZONA ARROCERA, TOTAL AÑO						
AÑO	BAJO CAUCA	CENTRO	COSTA NORTE	LLANOS	SANTANDERES	TOTAL NACIONAL
2015	153.943	935.053	100.890	960.540	188.618	2.339.043
2016	260.891	1.011.453	141.282	1.360.541	197.809	2.971.975
2017	264.114	1.057.852	162.586	1.351.788	212.653	3.048.993
2018	267.161	1.086.848	144.660	1.193.160	233.727	2.925.557
2019	334.921	1.020.879	112.799	1.293.134	222.869	2.984.601
2020	429.948	1.088.496	150.761	1.520.456	225.417	3.415.079
2021	357.392	1.064.266	164.688	1.510.303	229.880	3.326.529

Nota: Datos de toneladas zonas arroceras. (DANE- Fedearroz-FNA, 2022)

Figura 2

Producción de arroz zonas de Colombia.



Nota: Producción de arroz por toneladas en diferentes regiones de Colombia. Fuente: Autores.

Tabla 2

producción de cascarilla de arroz en Colombia

PRODUCCIÓN CASCARILLA DE ARROZ (TONELADAS) SEGÚN ZONA ARROCERA, TOTAL AÑO						
AÑO	BAJO CAUCA % SILICE	CENTRO % SILICE	COSTA NORTE % SILICE	LLANOS % SILICE	SANTANDERES % SILICE	Total % Sílice
2015	1.232	7.480	807	7.684	1.509	18.712
2016	2.087	8.092	1.130	10.884	1.582	23.776
2017	2.113	8.463	1.301	10.814	1.701	24.392
2018	2.137	8.695	1.157	9.545	1.870	23.404
2019	2.679	8.167	902	10.345	1.783	23.877
2020	3.440	8.708	1.206	12.164	1.803	27.321
2021	2.859	8.514	1.318	12.082	1.839	26.612

Nota: Datos de toneladas zonas arroceras. (DANE- Fedearroz-FNA, 2022)

Por esta misma razón se debe generar la validación de cómo involucrar el sustrato de la sílice que es quemado generalmente en estos cultivos para deshacerse del mismo y al momento de quemarse genera humo de sílice el cual se puede llegar a mezclar con la preparación del concreto para evaluar la resistencia del compuesto y poder implementarlo en obras. Por lo tanto, surge la pregunta.

¿Qué efectos en la resistencia del concreto se obtienen en la adición de la sílice obtenida de la cascarilla de arroz?

La construcción de estructuras lleva consigo el estudio de los materiales que se pueden usar, sin embargo, esto genera incertidumbre entre las personas que no tienen el conocimiento técnico, ya que esto se ve reflejado en el deterioro de las estructuras, vías, proyectos que no cumplen con la normatividad o peor aún el colapso de las estructuras que no dan credibilidad a los procesos constructivos y finalmente materiales con los que se construye.

Dentro de las simplificaciones del porque las estructuras se deterioran o fallan, se perciben que estas son por el mal diseño, baja calidad de los materiales, corrupción entre muchas otras por las que pueden fallar, sin embargo, dada a la tergiversación de estas, se han generado estudios que enfocan el aumento en la capacidad de los materiales, al implementar nuevos métodos para la composición del concreto, ya que de estos estudios se da una percepción de cómo se puede aumentar la resistencia en el concreto lo que finalmente ayudan a aumentar la confiabilidad y credibilidad entre las personas que no conocen y aquellos que se enfocan en la mejora de estas problemáticas.

Dentro de la proposición y generación de este estudio, se prevé que se incentive el uso y el aprovechamiento de la sílice en vez de que sea desechado, ya que este material es uno de los más utilizados en las obras de ingeniería. Específicamente en la formulación del concreto ya que este requiere de diferentes combinaciones o adiciones de componentes que permiten mejorar sus propiedades mecánicas, Sin embargo, este también tiende a tener problemas con la misma resistencia y durabilidad que dependen directamente de la dosificación, la relación agua-cemento, aire y relación árido-cemento (Lopez,2006), a lo cual el Sílice nos podría dar resultados positivos en el mejoramiento de estas propiedades y principalmente la resistencia a la compresión.

Por eso la proposición de este estudio en la modalidad de investigación trabajada de a dos integrantes, esto debido al tiempo que requieran los estudios y los costos que se puedan derivar del mismo, así como la disposición que se requiere para realizar las pruebas y la obtención de los resultados que permitan tener un prospecto positivo respecto al uso de este elemento, para que así mismo esta investigación permita incentivar también futuras investigaciones que ayuden a contribuir el desarrollo de esta temática.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Identificar la resistencia a la compresión del hormigón adicionando sílice obtenida de cascarilla de arroz en dos mezclas de diferentes resistencias

2.2 Objetivos específicos

Elaborar un estado del conocimiento respecto a los avances y usos de este elemento a la fecha, específicamente en construcción y elaboración de concretos.

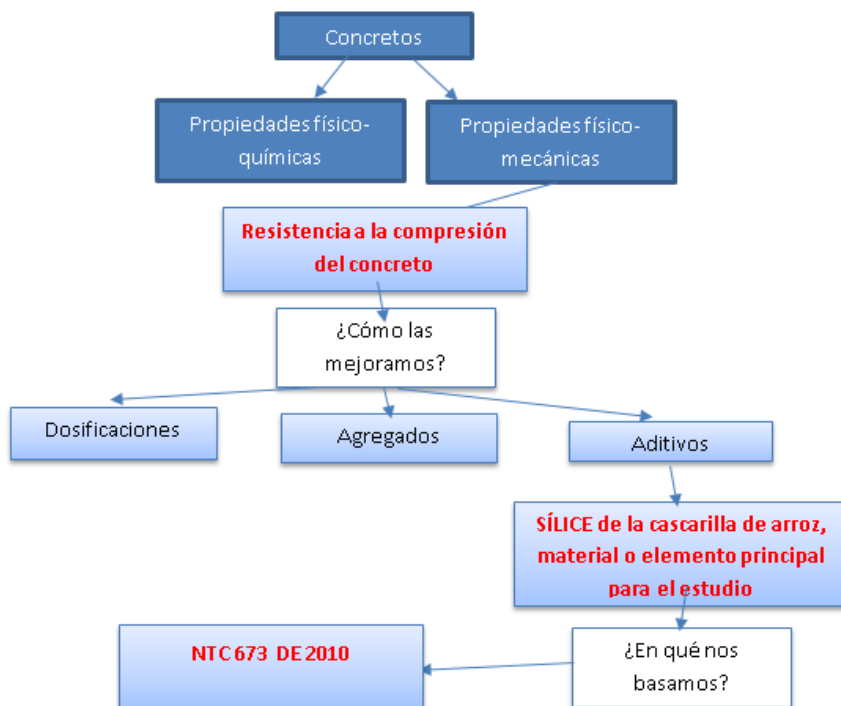
Desarrollar una campaña experimental para dos resistencias de mezcla con y sin adición de sílice para caracterizar su resistencia a la compresión, todo esto basado en las recomendaciones de normatividad colombiana NTC 673 de 2010.

3. Marco teórico

Para evaluar las propiedades mecánicas de los concretos se debe tener en cuenta que se tiene que realizar previamente varios experimentos y laboratorios para llegar al diseño de la mezcla y posteriormente hacer el fallo de los especímenes, es por esto que, de estas variables y laboratorios a tener en cuenta en este marco teórico, depende un buen desempeño en la resistencia del concreto. Por lo tanto, en este apartado se estudia la importancia de la resistencia a la compresión y la identificación de varias temáticas que se debe abordar para llegar a cumplir el objetivo de esta investigación. De acuerdo a esto, dentro de este marco teórico las temáticas más importantes se presentan a continuación de la siguiente manera en la figura 3:

Figura 3

Conceptualización de la temática



Nota: Conceptos teóricos más relevantes a tener en cuenta. Fuente: Autor.

3.1 Concretos

El concreto es una mezcla de componentes o de agregados, los más comunes son Cemento, agua, arena y piedras o también llamadas gravas, los cuales se juntan para realizar la mezcla moldeable a cualquier ambiente. (Kosmatka & Wilson, s. f.,2011)

3.1.1 Agregados en los concretos

los agregados se encuentran el cemento Portland y representan la mayor parte del volumen y masa del concreto, entre sus agregados se encuentran la, piedra triturada, arena, grava y agregados áridos. Esta mezcla reacciona con el endurecimiento de esta misma debido a la reacción química que tienen estos agregados con el agua, dentro de los agregados estos se clasifican principalmente por finos y gruesos, los cuales tienen partículas de 9.5 mm hasta 1.18 mm respectivamente para los finos, para los agregados gruesos podemos encontrar desde $\frac{3}{4}$ de pulgadas para las gravas o los triturados. (Kosmatka & Wilson, s. f.,2011)

3.1.2 Dosificaciones

Las dosificaciones son un proceso de medición que va en función de la masa o el volumen del cemento, o finalmente para la resistencia requerida diseñada, la cual aplica para variar la masa de los diferentes tipos de ingredientes que tiene un concreto. Las finalidades de las dosificaciones son para que el concreto adquiera una uniformidad en su masa y para que llegue a su resistencia requerida. (Kosmatka & Wilson, s. f.,2011)

3.1.2.1 Caracterización de los materiales

Es toda aquella clasificación y características generales de los materiales que forman la mezcla, la caracterización se realiza para el material granular fino (Arena) y el material granular grueso que en lo ideal para mezclas de concreto sea grava o triturado de máximo un material de $\frac{3}{4}$ ", esto va de acuerdo a la granulometría de los materiales. (Guzmán, 2001)

3.1.2.1.1 Agregados Finos

El agregado fino es un elemento de la mezcla del concreto que dentro de sus propiedades principales debe estar limpio, duro y libre de impurezas, así como los agregados gruesos se debe contener más de un 5% de arcillas o limos. Dentro de su proceso de caracterización el tamaño debe ser menor a $\frac{1}{4}$ de pulgada. Todo esto debido a que estos agregados no intervienen en la creación química agua cemento. (Teodoro E Harmsen, 2002) Estos materiales finos deben ser gradados y cumplir los requisitos granulométricos mostrados en la figura 4:

Figura 4

Requisitos de granulometría de grano fino

Requisitos granulométricos que deben ser satisfechos por el agregado fino	
Tamiz estándar	% en peso del material que pasa el tamiz
3/8"	100
#4	95 a 100
#8	80 a 100
#16	50 a 85
#30	25 a 60
#50	10 a 30
#100	2 a 10

Nota: Granulometría general de acuerdo a series de tamizado Adaptado de: Diseño de estructuras de concreto armado, (Teodoro E. Harmsen, 2002)

3.1.2.1.2 Agregados gruesos

Son agregados que generalmente están constituidos por rocas graníticas, proveen también de gravas zarandeada de los lechos de los ríos y vaciamientos naturales, el contenido de arcilla de estos agregados como normas generales no deben superar el 5%, estos se caracterizan por tener un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgadas. Son utilizados en cualquier tipo de concreto, para concretos ciclópeos también se pueden usar agregados gruesos de 1.5 cm a 20 cm. (E. Harsen, 2002)

3.1.3 Materiales Cementantes suplementarios.

Son materiales que se pueden usar conjuntamente con el cemento Portland y también con el cemento adicionado esto debido a que estos materiales contribuyen con la mejora de las propiedades hidráulicas y propiedades puzolámicas del cemento. Estos materiales son usados en el cemento como adiciones o como sustitución del mismo cemento, dependiendo las propiedades de estos y sus contribuciones positivas al cemento. (Kosmatka & Wilson, 2011).

3.1.3.1 Cenizas Volantes

Son subproductos provenientes de plantas eléctricas, las cuales debido a su combustión carbón en polvo, el cual se funde para quitar impurezas, en el proceso fundición, cuando este material es enfriado, genera esferas con cenizas volantes. Esta ceniza es la que se utiliza en el cemento Portland y en cementos premezclados, esta ceniza volante está compuesta de Aluminio, Hierro, calcio y Sílice como de mayor constitución, y de menor constitución se encuentran elementos tales como el magnesio, potasio, sodio y azufre entre otros. (Kosmatka & Wilson, s. f.,2011)

3.1.3.2 Escoria

Es un producto que principalmente se desarrolla en estados de fundición de acero en altos hornos, la cual se usa como un cemento hidráulico y no metálico, estas escorias de alto horno se pasan por un proceso de molienda una vez se enfrían con agua. Las escorias que se enfrían con el aire en el momento de hidratación y endurecimiento del cemento

portland no adquieren las mismas propiedades que las escorias que son enfriadas con el agua. Por lo general esta escoria comprende desde el 30% al 45% de la masa del material cementante. (Kosmatka & Wilson, s. f.,2011)

3.1.3.3 Puzolanas naturales

Estas provienen de materiales procesados que son previamente calcinados y pasan por un proceso de molienda para obtener un polvo fino. Se caracterizan por tener dentro de su estructura materiales tales como las arcillas de calcinación las cuales normalmente suplen el concreto desde un 15 a 35 %, gracias a su propiedad de reducir la permeabilidad y obtener una mejora de la resistencia debido al ataque de sulfatos, y a su reacción álcali-agregado. (Kosmatka & Wilson, s. f.,2011)

3.1.3.4 Humo De Sílice y Sílice

Este es un material que proviene de la incineración de otros subproductos en hornos eléctricos y es utilizado como material de puzolana, este humo se procesa para quitarle las impurezas y para controlar el tamaño de las partículas, por lo general el humo de Sílice o sílice tiene, se caracteriza por ser un material fino y dentro de su caracterización sus partículas tienden a medir 1mm de diámetro y diámetros promedios de 0.1 micras, por lo genera este suple entre el 5 y el 10 % de la masa del cemento (Kosmatka & Wilson, s. f.,2011)

3.1.3.5 Sílice a base de cascarilla de arroz.

El arroz tiene un 15-20% de cascara, dentro de esta cascarilla se puede obtener de 25-30 kg de Sílice por cascara de arroz (Lazo, 2019). Las plantas industriales donde se procesa y se trata el arroz, producen este en altos volúmenes, esta actividad a su vez trae consigo la generación de un desecho agro-industrial, la cual es utilizada como una fuente de silicio que permite obtener óxido de silicio o silicato de calcio, los cuales tienen varios usos ya sea en la fabricación de arena, ladrillos de cal y arena, así como en la industria del cemento y muchos usos múltiples (Rodríguez, ahumada, 2006).

3.1.4 Diseño de mezcla.

3.1.4.1 Diseño y proporciónamiento de la mezcla de concreto

Para realizar el diseño se deben tener en cuenta varias características como las propiedades del concreto fresco, propiedades del concreto endurecido, los límites de ingredientes específicos, esto en pocas palabras nos habla y señalan las cantidades que se requieren de los componentes para generar el concreto, previo a esto se requiere de una caracterización de los materiales para así mismo cumplir con los estándares de la norma NTC 330.

3.1.4.2 Elección de las características de la mezcla

Esto es un componente importante porque se debe evaluar las condiciones a las que estarán expuestas las mezclas de concreto ya endurecidas y las propiedades que pueden llegar a aportar los elementos para el tipo de escenario en que se diseñara la mezcla.

3.1.4.3 Relación entre resistencia y relación entre Agua-Material cementante

Tenemos una característica principal que llega a ser compresión y flexión, claramente no dejaremos de lado otras características como la permeabilidad, durabilidad y resistencia al desgaste, esto se ve directamente implícito ya que la mezcla agua cemento puede llegar a ser inversamente proporcional a la relación A/C, debe ser importante que maneje una proporción para el escenario que escojamos, teniendo en cuenta los demás materiales como agregados gruesos, finos y/o aditivos, también y no menos importante recordar que la mezcla debe manejar un correcto fraguado.

3.1.4.4 Resistencia

Esta por lo general ya está definida con un tiempo de 28 días para obtener la resistencia esperada con 3 ensayos consecutivos que se realicen y se logre obtener el valor esperado según el ACI318 requiere que la fuerza del concreto sea 180kg/Cm² o 17.5 MPA

(2500 libras /pulgada²), no se puede tener una muestra inferior como de 2 cilindros o 1 y menos si dan una resistencia menor a la mencionada, por lo general la fuerza del concreto resistente es un dato importante donde se deben tener en cuenta bajo los siguientes parámetros que se muestran en la figura 5.

Figura 5

Correlación Agua-Material Cementante Máxima

Condición de exposición	Relación agua-material cementante máxima por masa de concreto	Resistencia a compresión de diseño mínima f'_c , kg/cm ² (MPa) [lb/pulg ²]
Concreto protegido de la exposición a congelación-deshielo, de la aplicación de sales de deshielo o de sustancias agresivas	Elija la relación agua-material cementante basándose en la resistencia, trabajabilidad y requisitos de acabado	Elija la resistencia basándose en los requisitos estructurales
Concreto que se pretende que tenga baja permeabilidad cuando expuesto al agua	0.50	280 (28) [4000]
Concreto expuesto a congelación-deshielo en la condición húmeda y a descongelantes	0.45	320 (31) [4500]
Para protección contra la corrosión del refuerzo (armadura) del concreto expuesto a cloruro de las sales descongelantes, agua salobra, agua del mar o rociado de estas fuentes.	0.40	350 (35) [5000]

Nota: (Tomada del ACI 318 (2002)).

3.1.4.5 Relación Agua – Material Cementante

Esto en pocas palabras es el poder dividir la masa del agua / la masa del material cementante, acá tenemos varias referencias como lo pueden ser un Ceniza volante, Escoria, humo de sílice (que esta es una de las que tendremos en cuenta para el diseño), Cemento adicionado, cemento Portland, puzolanas.

La relación agua – material cementante por lo general debe ser mínima teniendo cuenta los escenarios de exposición anticipada donde tendremos en cuenta estos valores en las figuras 6 para verificar si contamos con componentes de sulfatos solubles o no solubles

para evaluar el tipo de resistencia que se puede llegar a obtener por este tipo de factores, según las normas de la ACI318 y AASHTO M85 o M240

** Estudios desarrollados de acuerdo con a los Métodos de Determinación de la Cuantía de Sulfatos Solubles en Concreto (Suelo y Rocas) y Modelos de Agua, Jurisdicción de Recursos Hídricos Norteamericano (U.S. Bureau of Reclamation), Denver, 1977.

Podemos también tener presente una gráfica de la Relación agua material cementante con respecto a su resistencia a la compresión, para basarnos en los diseños de mezclas de prueba, por lo general estas relaciones están sujetas al agua cemento corriente o portland mostrado en la figura 6.

Figura 6

Requerimientos para el sólido (concreto) con Sulfatos del Suelo y/o del Agua

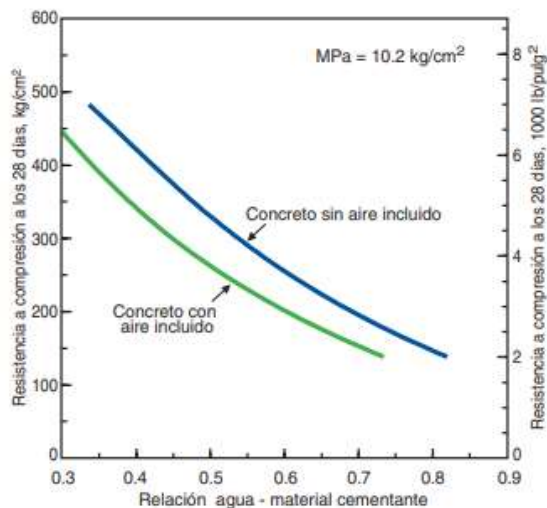
Exposición a sulfatos	Sulfatos solubles en agua (SO ₄) presentes en el suelo, porcentaje en masa **	Sulfatos (SO ₄) en el agua, ppm**	Tipo de cemento ***	Relación agua-material cementante, máxima en masa	Resistencia a compresión de diseño mínima, f' _c kg/cm ² MPa [lb/pulg ²]
Insignificante	Menor que 0.10	Menor que 150	Ningún tipo especial necesario	—	—
Moderada†	0.10 a 0.20	150 a 1500	Cemento de moderada resistencia a sulfatos	0.50	280 (28) [4000]
Severa	0.20 a 2.00	1500 a 10,000	Cemento de alta resistencia a sulfatos	0.45	320 (31) [4500]
Muy severa	Mayor que 2.00	Mayor que 10,000	Cemento de alta resistencia a sulfatos	0.40	360 (35) [5000]

Nota: (Tomado del ACI 318 (2002)).

A continuación, en la figura 7 se muestra la resistencia ideal de acuerdo a la relación agua – cemento.

Figura 7

Relación agua material cementante / Resistencia



Nota: Tomado de la tabla 9-3 del ACI 211.1, ACI 211.3 y Hover 1995.

La resistencia es basada en la toma de muestras cilíndricas las cuales están implicados al curado aguoso durante un tiempo de 28 días, basándonos en la norma ASTM C 31 (AASHTO T 23). La observancia se logra asumir con el agregado que tenga una dimensión superior nominal de 19 a 25 mm. Así y como se muestra a continuación en figura 8.

Figura 8

(Métrica) Dependencia entre la Relación

Resistencia a Compresión a los 28 Días, kg/cm ² (MPa)	Relación agua-material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450 (45)	0.38 (0.38)	0.31 (0.30)
400 (40)	0.43 (0.42)	0.34 (0.34)
350 (35)	0.48 (0.47)	0.40 (0.39)
300 (30)	0.55 (0.54)	0.46 (0.45)
250 (25)	0.62 (0.61)	0.53 (0.52)
200 (20)	0.70 (0.69)	0.61 (0.60)
150 (15)	0.80 (0.79)	0.72 (0.70)

Nota: Tomada del ACI 211.1 y del ACI 211.3.

También podemos observar una relación de la resistencia que se basa en muestras cilíndricas implicadas en el curado aguoso por un tiempo de 28 días, de acuerdo con la ASTM C 31 (AASHTO T 23). La dependencia se logra asumir con el agregado que tenga una dimensión superior nominal de 3/4 a 1 pulg, basándonos en la figura 34 que se muestra a continuación en la figura 9.

Figura 9

(Métrica) Dependencia entre la Relación

Resistencia a Compresión a los 28 days, lb/pulg ²	Relación agua-material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
7000	0.33	—
6000	0.41	0.32
5000	0.48	0.40
4000	0.57	0.48
3000	0.68	0.59
2000	0.82	0.74

Nota: Tomada del ACI 211.1 y del ACI 211.3.

3.1.4.6 Agregados

Las características de los agregados podemos separarlas en dos componentes importantes como lo son granulometría que verifica (dimensión y repartimiento de la partícula), entorno de las partículas (porosa, estructura de la superficie), ya que estas son las que nos permiten una buena trabajabilidad al momento de realiza la mezcla.

Estos agregados son importantes para obtener una mejor economía al momento de crear la mezcla ya que son los directamente implícitos de trabajar en conjunto con el lugar al que se va a vaciar la mezcla y componentes internos como lo son los aceros (armadura) del objeto o figura a fundir, cuando este objeto es de dimensiones grandes se espera una proporción granulométrica grande pero si se vierten agregados más pequeños de la

proporción como 9.5mm estos pueden llegar a afectar la trabajabilidad y la dependencia de la mezcla agua cemento (Shilstone 1990).

La dimensión del compuesto (agregado) grueso no debe exceder $1/5$ del espacio de los lados ni $3/4$ de la distancia libre entre las varillas, en una losa sin refuerzo se puede el agregado un tamaño $1/3$ del espesor de la losa, la cantidad de agua depende de la forma cantidad y tamaño del agregado para que permita la adición con el mismo.

En un concreto de mayor resistencia el tamaño del agregado máximo grueso debe ser de 70 MPA el tamaño máximo puede ser de 19 mm también se puede utilizar piedra triturada en vez de grava redondeada. Para mezclas pobres se requiere de una granulometría más fina, y en una mezcla más rica se requiere de una granulometría más gruesa, ay algunos límites del agregado que pueden dificultar la mezcla como lo son los cloruros que se pueden revisar en la ACI22.1 o la ACTM PS118- ASTM1500. Estas condiciones anteriormente se pueden evaluar según su requerimiento en las figuras 10, 11 y 12.

Figura 10

Volúmenes de los Agregados Gruesos por los volúmenes Unitarios del Concreto

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg.)	Volumen del agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino*			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 ($3/8$)	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 ($1/2$)	0.59	0.57	0.55	0.53
19.00 ($3/4$)	0.66	0.64	0.62	0.60
25.00 (1)	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 ($1\frac{1}{2}$)	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2)	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3)	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6)	0.87	0.85	0.83	0.81

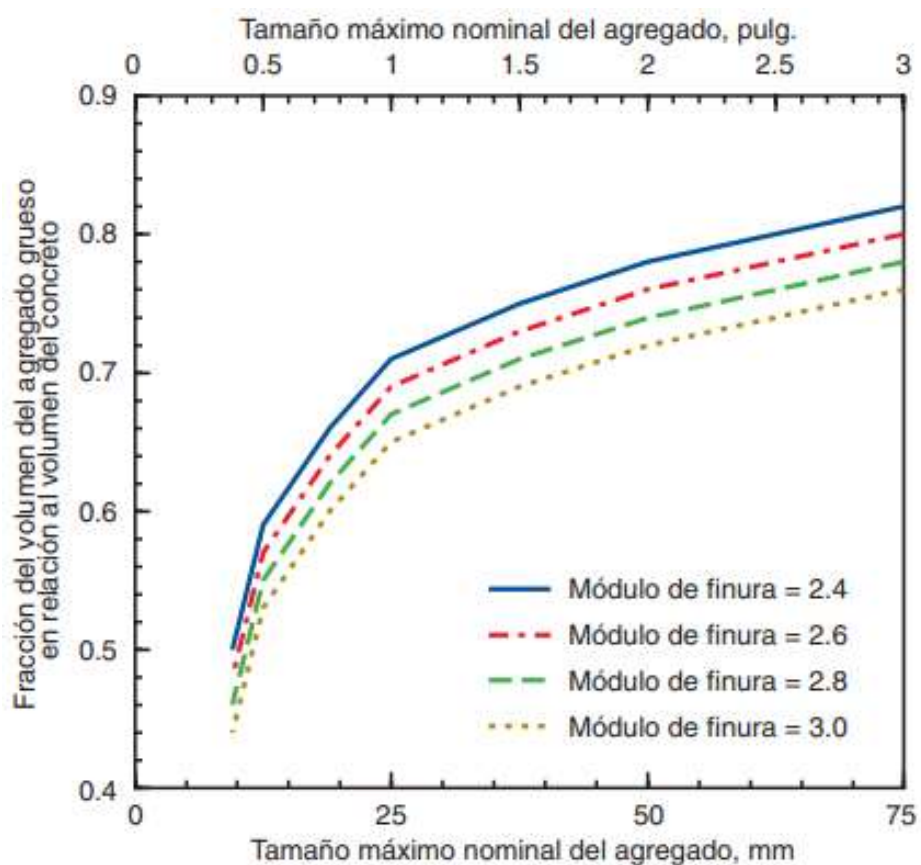
Nota: ASTM C 29 (AASHTO T 19). Tomado del ACI 211.1.

3.1.4.7 Contenido de Aire

El Aire incorporado es el que se adiciona teniendo en cuenta el deshielo al que se estará expuesto esto también se incluye en la mezcladora, la cantidad recomendada por lo general es entregada por el fabricante del mismo, en la figura 36 y en la figura 34 se verán los contenidos recomendados de aire por concreto, esto también se debe tener en cuenta el tamaño del agregado para una proporción adecuada de concreto, en la figura 37 se notaran los contenidos totales del aire para concretos de desiguales tamaños de los compuestos adheridos en la ACI 211 se evalúan este tipo de procesos.

Figura 11

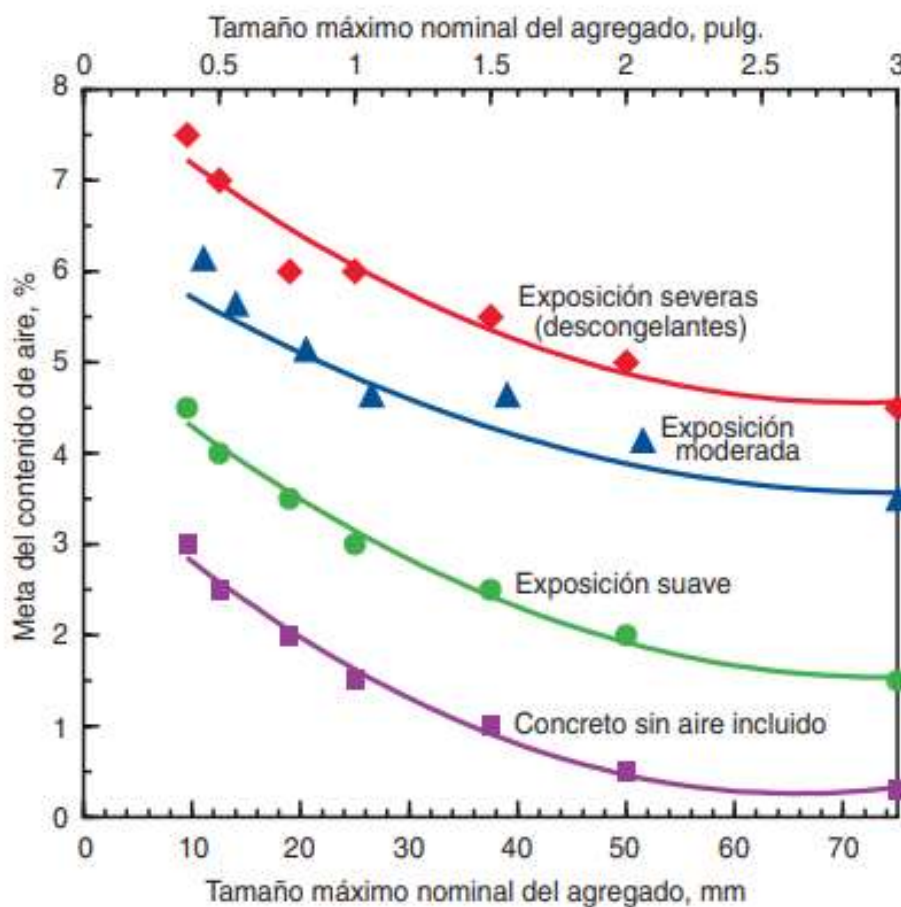
Volúmenes de los compuesto Grueso por Unitarios de Concreto



Nota: Tomado de la figura 34, ACI 211-1 y Hover (1995 y 1998).

Figura 12

Volúmenes del compuesto grueso por unidad de concreto.



Nota: Estas cantidades se basan en compuestos que tienen condiciones de (varillados) en seco, tal y como lo expresa la norma ASTM C 29 (AASHTO T 19). En los concretos más asequibles en campo u obra, como los concretos bombeados, esta cantidad se puede disminuir en un 10%.

Tomado de la tabla 38, ACI 211-1 y del autor Hover (1995 y 1998). Los valores de los volúmenes del compuesto grueso por unidad de volumen se observan en la figura 13.

Figura 13

cantidades del compuesto grueso por módulo de volumen en el concreto.

Revenimiento (asentamiento) (mm)	Agua, kilogramos por metro cúbico de concreto, para los tamaños de agregado indicados*							
	9.5 mm	12.5 mm	19 mm	25 mm	37.5 mm	50 mm**	75 mm**	150 mm**
Concreto sin aire incluido								
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido, porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Promedio del contenido de aire total recomendado, para el nivel de exposición, porcentaje†								
Exposición blanda	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

* Estas cantidades de agua de mezcla son para utilizarse en el cálculo de los contenidos de cementos en las mezclas de prueba. Estas cantidades son máximas para agregados gruesos razonablemente angulares con granulometría dentro de los límites de las especificaciones.

** El revenimiento (asentamiento) del concreto conteniendo agregado mayor que 37.5 mm se basa en el ensayo de revenimiento realizado después de la remoción de las partículas mayores que 37.5 mm, a través de cribado húmedo.

† Las especificaciones de obra deben especificar un contenido de aire en el concreto entregado en la obra dentro -1 +2 puntos porcentuales del valor anotado en la tabla para las exposiciones moderada y severa.

Nota: tomado del ACI 211.1 y del ACI 318. Autor Hover (1995) nos aclara esta información en el carácter de detallado.

3.1.4.8 Muestra Blanda

Esta muestra incluye las circunstancias de asistencia en interiores y exteriores, para climas en que el concreto no estará expuesto a congelación ni a des congelantes.

3.1.4.9 Exposición Moderada

Se tiene como factor el clima el cual le realizará una afectación directa al concreto, aunque se debe tener en cuenta que no se tendrá una exposición muy larga con el agua y congelación ni otros productos químicos.

3.1.4.10 Exhibición Severa

El concreto que se ostará a des congelantes o a otros efectos químicos agresores o el concreto que se llegue a ser hondamente saturado por el empalme constante con la humedad de la congelación. Al plasmar el arreglo de la mezcla, con el resultado de que se conserve invariable el revenimiento mientras se mantiene el contenido de aire, el implícito

del agua se debe reducir inminente de 3 kg/m³ para cada espacio porcentual de aumento en el implícito de aire o se lo debe acrecentar contiguo de 3 kg/m³ para cada punto porcentual de depreciación en el implícito de aire. Cuando se conservan invariables el contenido de cemento y el revenimiento, la introducción de aire trasciende en la mengua de la necesidad de agua en la mezcla.

3.1.4.11 Revenimiento

Persistentemente se debe tener presente esta propiedad en el concreto a fin de que este alcance su trabajabilidad, estabilidad y finalmente la flexibilidad conveniente a los fines o circunstancias de la obra. La estabilidad es la destreza del concreto de fluir. Esta propiedad del revenimiento se utiliza para calcular la estabilidad del concreto. dada una simetría del cemento y los compuestos (agregados), los cuales no contengan aditivos, ya que, si se evidencia un mayor revenimiento, por consiguiente, se va a volver más aguosa la mezcla. Para basarnos en el revenimiento se puede consultar la normatividad ASTM-C94 e IRAM 1666, las medidas ideales de revenimiento en pulgadas se ilustran en la figura 14.

Figura 14

Volúmenes del compuesto (agregado) grueso por unidad de concreto.

Construcción de Concreto	Revenimiento mm (pulg.)	
	Máximo*	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzado	75 (3)	25 (1)
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	75 (3)	25 (1)
Vigas y muros reforzados	100 (4)	25 (1)
Columnas de edificios	100 (4)	25 (1)
Pavimentos y losas	75 (3)	25 (1)
Concreto masivo	75 (3)	25 (1)

*Se puede aumentar 25 mm (1 pulg.) para los métodos de consolidación manuales, tales como varillado o picado.
Los plastificantes pueden proveer revenimientos mayores.

Nota: Tomada del ACI 211.1.

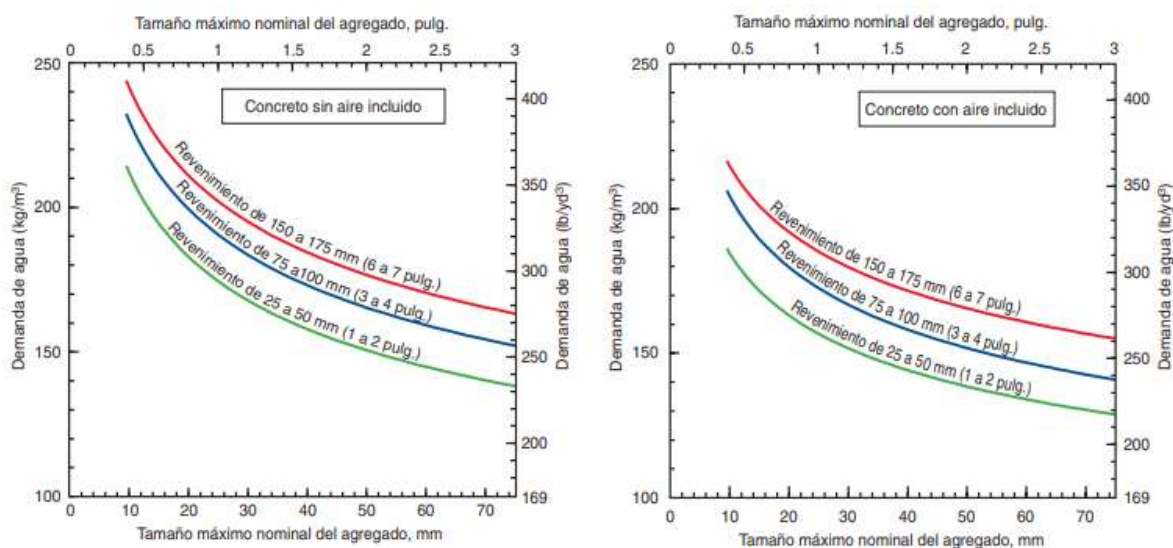
3.1.4.12 Contenido de Agua

Una acentuación del aire que podría ser contenido y de la dimensión del compuesto, una disminución de la analogía agua-material cemento y del respectivo revenimiento o suplemento de estos a cambio de e compuestos ovalados, aditivos que logren reducir la cantidad de agua de agua, así como la reducción de ceniza volante. Por otra parte, Teniendo en cuenta la temperatura del cemento con su respectivo incremento, del revenimiento, de la analogía agua-cemento, de la angulosidad del compuesto y la mengua del equilibrio entre el compuesto grueso y el compuesto más fino agrandaran la solicitud de humedad.

25 kg/m³ para grava ovalada, para que se logre el revenimiento ilustrado, como ejercicio de ejemplo, con una adición de 2 kg de agua con referencia en un m³ aumentaría el revenimiento en una medida de 10mm. Para lo cual se debe incrementar el volumen de aire o la masa de aire con el aire implícito que no se ve dentro de la masa del cemento o masa cementante, sin embargo, en la figura 15 se ilustra la solicitud de agua para diferentes revenimientos con diferentes dimensiones de los agregados.

Figura 15

Solicitud de agua contigua para varios revenimientos y dimensiones de compuestos (agregados) como el triturado para la figura de la parte (izquierda)



Nota: Tomado de la tabla 9-5, ACI 211.1 y Hover (1995 y 1998).

3.1.4.13 Especímenes de Materias Cementantes

El implícito de material cementante continuamente se establece a través por la correlación agua-material cementante designada y el comprendido de cemento, por otra parte, habitualmente se contiene un implícito de cemento pequeño en las descripciones en junto con una relación agua-material cementante máxima, a continuación, se observa en la figura 16 se algunas necesidades mínimas de la materia prima cementante.

Figura 16

requerimientos Pequeños de Material Cementante para Concreto Viejo en Zonas Planas

Tamaño máximo nominal del agregado, mm (pulg.)	Material cementante kg/m ³ (lb/yd ³)*
37.5 (1½)	280 (470)
25 (1)	310 (520)
19 (¾)	320 (540)
12.5 (½)	350 (590)
9.5 (⅜)	360 (610)

* Las cantidades de material cementante talvez tengan que aumentarse en la exposición severa. Por ejemplo, en el caso de exposición a descongelantes, el concreto debe contener, por lo menos, 335 kg/m³ (564 lb/yd³) de material cementante.

Nota: tomada del ACI 302.

Para regular económicamente, la cuantía de cemento deseada se debe mermar sin perder la calidad del concreto. Esta pende inicialmente de la analogía agua-cemento, el adjunto de agua se debe conservar minúsculo, con tal de menguar los requerimientos de cemento. El concreto que se mostrará a sulfatos se debe originar con el ejemplo de cemento mostrado en la figura 32. El agua del marina mantiene sumas relevantes de sulfatos y cloruros.

Dado que los sulfatos en el agua del marina estén capacitados de afectar el concreto, la apariencia de cloruros priva la acción diluida debido que esta es tipología de la afectación generada por los sulfatos. Los cementos o concretos portland son permitidos desde que efectúen y mantengan los requerimientos de C3A no siendo mayores a 10%, tampoco

inferiores al 4%. Las materias primas cementantes adicionales poseen efectos sobre la solitud de agua y el incluido del oxígeno o aire. La añadidura de ceniza volante de (sílice) ordinariamente está sujeta con la solitud de agua y el comprendido de aire Por lo que el humo o ceniza de la sílice puede desarrollar la demanda de agua y disminuir el comprendido de aire. Como se muestra en la figura 17 de los materiales cementantes y la participación de la analogía en masa.

Figura 17

Requerimientos de materias primas cementantes

Material cementante*	Porcentaje máxima con relación a la cantidad total de material cementante (en masa)**
Ceniza volante y puzolana natural	25
Escoria	50
Humo de sílice	10
Total de ceniza volante, humo de sílice y puzolanas naturales	50†
Total de puzolanas naturales y humo de sílice	35†

* Incluye la parte del material cementante suplementario en el cemento adicionado (mezclado).

** Material cementante suplementario total incluyéndose la suma del cemento portland, cemento adicionado, ceniza volante, escoria, humo de sílice y puzolanas.

† El humo de sílice no debe superar 10% del total de los materiales cementantes y la ceniza volante y las otras puzolanas no deben exceder 25%.

Nota: Tomada del ACI 318.

3.1.4.14 Proporciona miento

En los diseños de las composiciones de concreto implica: (1) en primera parte las particularidades específicas y (2) en segunda deliberación simetrías de materias primas aprovechables para la obtención del concreto con participaciones solicitadas y para una

mejor rentabilidad. Los métodos de proporciónamiento evolucionaron desde el método volumétrico arbitrario (1: 2: 3 – cemento: arena: agregado grueso) a principios del siglo XX (Abrams 1918) hasta los métodos actuales de masa y volumen absoluto, descritos en el ACI comité 211, Práctica Estándar de Elección de las Proporciones para el Concreto Normal, de Densidad Elevada y Masivo (ACI 211.1).

Las metodologías de proporciónamiento de masa son fáciles y rápidas para valorar las simetrías de composición, empleando la masa estimada del concreto por unidad de cuerpo o (volumen). El procedimiento de este es preciso y rodea las consistencias de todos los componentes para determinar un volumen absoluto que cada uno de ellos irrumpirá en las mismas unidades de volumen para el concreto.

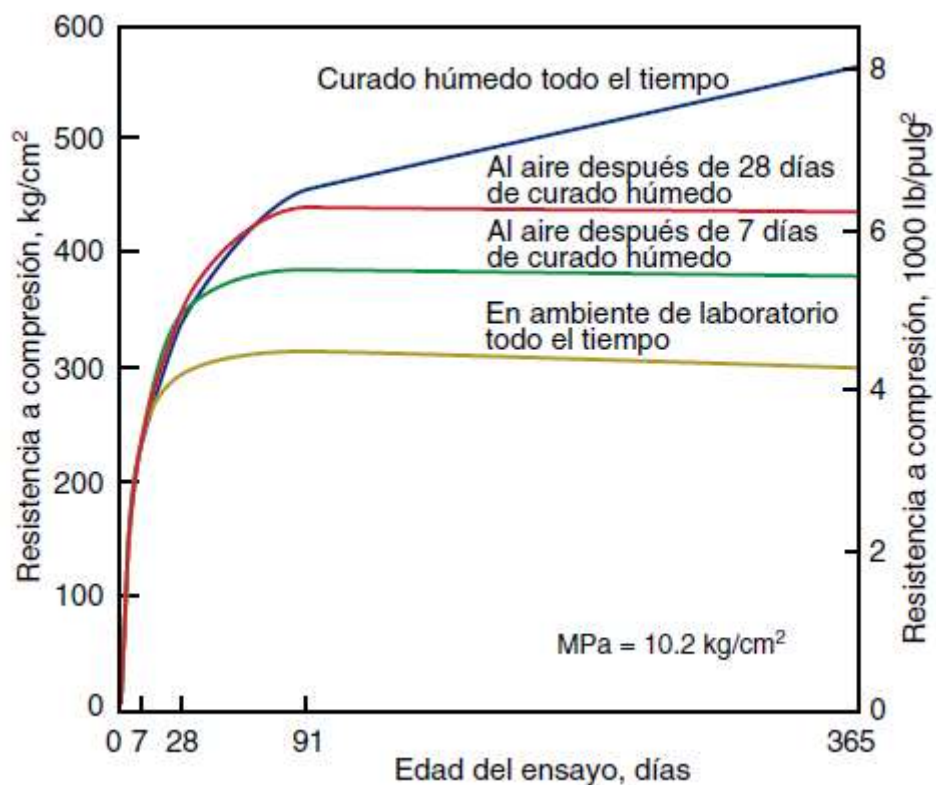
Algunos documentos valiosos para ayudar en el proporciónamiento del concreto incluyen: Práctica Estándar de Elección de las Proporciones para el Concreto Ligero (ACI 211.2), Guía para la Elección de las Proporciones de Concretos de Revenimiento Cero (ACI 211.3), Guía para la Elección de Proporciones de Concretos de Alta Resistencia con Cemento Portland y Ceniza Volante (ACI 211.4R) y Guía para Proposición de Proporciones de Concreto (ACI 211.5). En el apartado de Hover (1995 y 1998) se muestra un procedimiento para diseños en la mezcla de concreto, teniendo en cuenta el ACI 211.1.

3.1.5 Curado de concreto

El curado consiste en la conservación de la temperatura y la humedad contenidas en un espécimen de concreto o en una mezcla, esta conservación de la temperatura y del contenido de humedad satisfactorios, se debe realizar por determinados periodos de tiempo los cuales comienzan a partir de la colocación y del acabado del concreto o cualquier espécimen, los desarrollos de las propiedades buscadas en los concretos, se realizan más rápido en los primeros días, pero después hay una disminución de la velocidad con las que se desarrollan estas propiedades, sin embargo siguen aumentando de acuerdo a periodos más largos de tiempo. (Kosmatka & Wilson, s. f.,2021)

Figura 18

Resistencia Vs edades de curado



Nota: Evaluación de resistencia a compresión en diferentes periodos. Fuente: (Diseño de mezcla PCA - Kosmatka & Wilson, s. f.,2011).

la finalidad de un buen curado es que se puedan desarrollar las propiedades deseadas en el cemento como las resistencias diseñadas y la durabilidad, y que el agua contenida dentro de este alcance a reaccionar con las propiedades químicas de la reacción de esta misma con el cemento y los demás agregados Tal y como se muestra en la figura 18.

3.1.5.1 Grados de hidratación.

Cuando se realiza una mezcla lo ideal es que el cemento Portland reaccione químicamente con el agua, a este proceso se le denomina hidratación, y en los procesos de curado se debe realizar periódicamente hasta que el concreto alcance sus propiedades. Este grado de hidratación se tiene en cuenta debido a la pérdida excesiva de agua por efectos de evaporación (Kosmatka & Wilson, 2011).

3.1.5.2 Tipos de Curado de concreto

- Encharcamiento o inmersión.

Para las superficies planas sean pavimentos o losas, estos elementos se pueden curar por encharcamiento de tal manera que su perímetro pueda retener el agua. Este método es ideal para prevenir la pérdida del agua, la conservación de la temperatura y humedad. (Kosmatka & Wilson, 2011).

- Coberturas húmedas

Para realizar el curado con coberturas húmedas, se realiza normalmente con telas saturadas de agua las cuales puedan retener la humedad resultan ser de gran utilidad para pavimentos y losas. (Kosmatka & Wilson, 2011).

- Rociado o Aspersión

Se vierte un rocío fino por medio de una técnica de aspersores para acrecentar el agua del concreto. En ocasiones se pueden dejar aspersores mecánicos programados para que generen un breve riego en ciclos determinados. Es necesario para garantizar el curado de elementos estructurales como las columnas (Kosmatka & Wilson, 2011).

- Papel Impermeable

Este método es muy eficiente para superficies horizontales y para el concreto estructural. Ya que no requiere de un riego periódico, debido a que estas retienen la evaporación del agua. Uno de los beneficios es que me ayuda a proteger los elementos estructurales contra el sol directo. (Kosmatka & Wilson, 2011).

3.1.6 Propiedades físico-mecánicas

3.1.6.1 Resistencias a presión u compresión del concreto

Esta resistencia es una presión aplicada y medida de resistencia que se obtiene aplicando una carga axial sobre un espécimen de concreto, esta tiene varias unidades de expresión (KG/cm²), (MPa) o (PSI), esta resistencia depende de la relación agua cemento o agua materiales agregados, así como el tiempo del curado y las condiciones ambientales bajo las cuales se realice el curado. La obtención de esta se realiza a través de ensayos por medio de probetas, los ensayos del concreto se realizan principalmente con cilindros de 150 mm de diámetro hasta los 300 mm (Kosmatka, Kerkhoff, Tanesi, 2021).

Por una parte, está el concreto de resistencia moderada, este tiene un rango de 20 a 40 MPa (204 a 408 kgf/cm²) de resistencia a la compresión. Este es mayormente utilizado en trabajos de estructuras, por otra parte, se encuentra el concreto de alta resistencia, este tiene un rango de 70 MPa (714 kgf/cm²) de resistencia a la compresión. En este último es posible reducir su peso por medio de agregados con procesados especiales y adiciones como sílice. Sin embargo, hay muchos tipos de concretos modificados con diferentes nombres apropiados y diferentes propiedades. (Mehta, Monteiro, 2014).

3.1.6.2 Pruebas de resistencia a la compresión.

Las especificaciones para llevar el procedimiento y empleo del ensayo de compresión de los cilindros para determinar la resistencia son usando un método de ensayo por carga axial a compresión, para determinar la resistencia última, no obstante, es una

forma de medición indirecta, con un bajo grado de incertidumbre. Sin embargo, la idea general es medir que tanto resisten los cilindros de concreto, así como las variables de resistencia última, esfuerzo de fluencia y módulo de elasticidad, se debe cumplir con las condiciones establecidas por las ASTM y la NTC (NTC 673, 2010)

4. Estado del conocimiento

Para el estado del arte sobre esta temática de investigación se debe entender acerca los avances respecto a las propiedades mecánicas del concreto con adiciones de cenizas de cascarilla de arroz, así como los métodos utilizados para obtener la ceniza y los comportamientos fisicoquímicos de esta, para lo cual se hace énfasis sobre investigaciones a fines en este apartado.

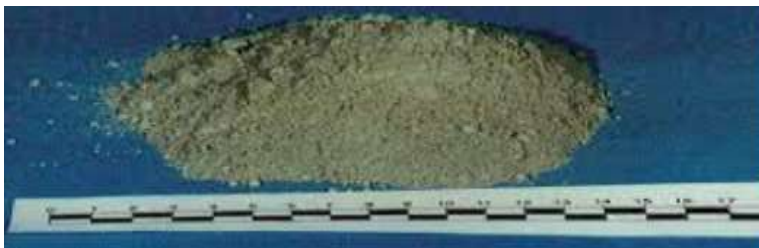
4.1 Métodos para generación de ceniza de cascarilla de arroz

Se realizó una metodología que consistió en hacer combustión con cascarilla de arroz en un reactor de lecho y atmosférico, para determinar diferentes contenidos en esta, entre estos la ceniza de con altos contenidos de sílice en estado amorfo y los resultados encontrados permiten concluir que durante este método de combustión se genera la quema de la cascarilla con la producción de gases calientes y ceniza rica en sílice de alta potencialidad, que se pueden utilizar en procesos industriales y en concretos (Martínez Ángel, Tatiana Pineda Vásquez, López Zapata, Betancur Vélez, 2009).

De acuerdo a la investigación se encuentran estudios relacionados con el humo de la sílice que por lo general es un subproducto que alberga en hornos por las diferentes aleaciones de ferro silicio y metal de silicio, (Humo de sílice | CEDEX. (n.d.). Retrieved March 26, 2022, from), con una temperatura de 2000 °C, se generan los gases de (SiO), condensándose en las partes de baja temperatura, proceso de la fusión con el portland tradicional, en los estudios demuestra una organización de finos con mayor magnitud. (P. Kumar Mehta, Ph. D., & Paulo J. M. Monteiro, Ph. D, 2014). el producto posterior a la quema se evidencia en la figura 19.

Figura 19

Humo de Sílice



Nota: Ejemplo de partículas de Silicio posterior a quema en hornos. Adaptado de (Pode, 2016).

Teniendo en cuenta que varios países como lo son Estados Unidos, México, Madrid, India, entre otros, han realizado estudios con el uso de la cascarilla de arroz o extractos de sílice de este u otros elementos agroindustriales, para ayudar a dar la resistencia del concreto. (Syarif et al., 2016; Pode, 2016), con la ayuda o quema de estos materiales en las agriculturas, ya que comúnmente se usan para camillas de pollos o se calcinan de manera descontrolada y no se reutilizan, haciendo énfasis al componente resultante de este proceso, la quema descontrolada se puede ilustrar en la figura 20.

Figura 20

Quema descontrolada de cascarilla de arroz



Nota: Ejemplo de quema descontrolada. Adaptado de (Pode, 2016).

Principalmente se puede obtener el humo de sílice o extracto, por medio de los cultivos de arroz que se manejan en las diferentes zonas de Colombia, mayormente podemos encontrar en la figura 1 y tabla 1 las zonas de Colombia y su cantidad de producción generadas por año en un breve escrutinio realizado por la organización de control federación de arroz, (Riera et al., 2018; Proaños et al., 2014), en los diferentes países se busca siempre generar una aplicación de diversas maneras de este compuesto, por ejemplo se ha evidenciado que 1 tonelada de cascarilla de arroz puede llegar a producir una masa de energía eléctrica de 800 kW/h, (Pode, 2016).

4.2 Influencia de la cascarilla y cenizas en propiedades químicas y físicas del concreto

Se determinó que, dentro de las principales propiedades químicas respecto a la reacción de las puzolanas o cenizas con el agua, es que cuando los cloruros atacan con la adición de estas puzolanas o cenizas al cemento portland, tiende a disminuir la penetración de iones de este cloruro, por lo cual si se realiza el aumento de la capacidad de la mezcla con el fin de realizar el enlazamiento de los iones que quedan sueltos, lo que genera es que esta reacción química disminuya la relación de vacíos y los diámetros de los poros y por consiguiente el agua deja de permear por los poros por lo que disminuye su permeabilidad al momento de realizar la mezcla. (Mejía, 2007)

De acuerdo a un estudio en la universidad de los Andes, en donde se realizó la caracterización de la cascarilla con extracción de la celulosa, se determinó que el porcentaje del contenido de ceniza comprendido en esta es de un promedio de 18.537 %. En donde la proporción de sílice en la ceniza generada es gran parte del porcentaje de esta misma confirmando así que alrededor del 90% de la ceniza es sílice, por lo que se determinó que la cascarilla tiende a tener una humedad baja, sin embargo, las partículas de Sílice pueden absorber agua. (Torres Giraldo, 2018)

Se logró apreciar una mejoría en la durabilidad y la estabilidad química del cemento portland cuando este esté sometido a ambientes agresivos con la respectiva adición del 20% de la masa de cenizas de cascarilla. Así como la evaluación del cambio dimensional en

donde se evidencia la poca variación con un porcentaje de 0.003 respecto a su masa inicial o cambio dimensional relativo. (Águila, Sosa, 2008)

4.3 Influencia de la ceniza en propiedades mecánicas del concreto

Se ha de demostrado que la tecnología del mortero de grano fino es una innovación industrial, ya que permite reforzar o hacer reparaciones del concreto debido a su alto contenido de ligantes, gracias a que su granulometría está entre 1 mm a 2 mm. Sin embargo, para la industria productora se ha vuelto necesaria la complementación o la sustitución del mortero de grano fino, para ello se ha venido implementando la adopción de aditivos puzolánicos como la ceniza de cascarilla de arroz, ya que se ha demostrado que ha tenido gran influencia en la mejora de la resistencia del mortero de grano fino. (Jamellodin, Z., Hamidah, MS, Adnan, SH, Mohammad, NS y Wan Yusof, WY, 2014).

En un estudio sobre un grano fino de alto rendimiento que contiene ceniza de cascarilla de arroz, se determinó que el asentamiento resulta ser mayor cuando se hace la prueba del slum con el concreto fresco, esto porque las partículas de la ceniza resultan ser más finas que las del cemento, por lo tanto, se absorbería una mayor cantidad de agua de amasado, lo que finalmente conduce al aumento del asentamiento y la trabajabilidad. Por otra parte, en este mismo estudio se demostró que la resistencia a la compresión con adición de ceniza de cascarilla de arroz tendió a ser mayor a una edad más avanzada de los tres días con una concentración del 10% de mezcla con ceniza. (Le, H. T., Nguyen, S. T., & Ludwig, H., 2014).

En estudios acerca de los efectos puzolánicos se demostró que la relación cemento: agregado 1:6 con la respectiva adición del 20 % de ceniza de cascarilla de arroz actuando como puzolana, es la relación ideal para bloques que no son estructurales, además de que en los procesos de mezclado en dos etapas se evidenció la mejora de las propiedades mecánicas de los bloques con una edad de 28 días de curado. Logrando así valores superiores de la resistencia patrón de los bloques ya que se generó un incremento del 10%

de su resistencia. (Pedro E. Matthey¹, Rafael A. Robayo, Jherson E. Díaz, Silvio Delvasto, José Monzó⁵, 2015)

Las adiciones de Sílice de la cascarilla de arroz con porcentajes de 5% 15% y 30% en concretos hidráulicos con una mezcla elaborada con cemento 1M se determinó que la sustitución del 5% Tiende a aumentar más su resistencia respecto a los otros porcentajes. Así mismo se determinó que en otras propiedades mecánicas como el módulo de rotura, no influyo en los valores patrón, en cambio en la resistencia a la flexión resultó que las adiciones de 15% y 30% fueron desfavorables respecto al valor patrón, y que por tanto no es viable la utilización de la ceniza en concretos que trabajen con porcentajes de resistencias a flexión. (Camargo Perez, Higuera Sandoval, 2016)

En la hidratación del cemento se demostró que para la fabricación de un cemento fluido con adiciones de cascarilla de arroz de baja amorficidad y refuerzos con fibras acerosas, se logró la reducción de un 20% de consumo o fabricación de este mismo, pero a edades de fallo largas, para la manutención de la resistencia patrón (Robayo, Matthey, Delvasto, 2013)

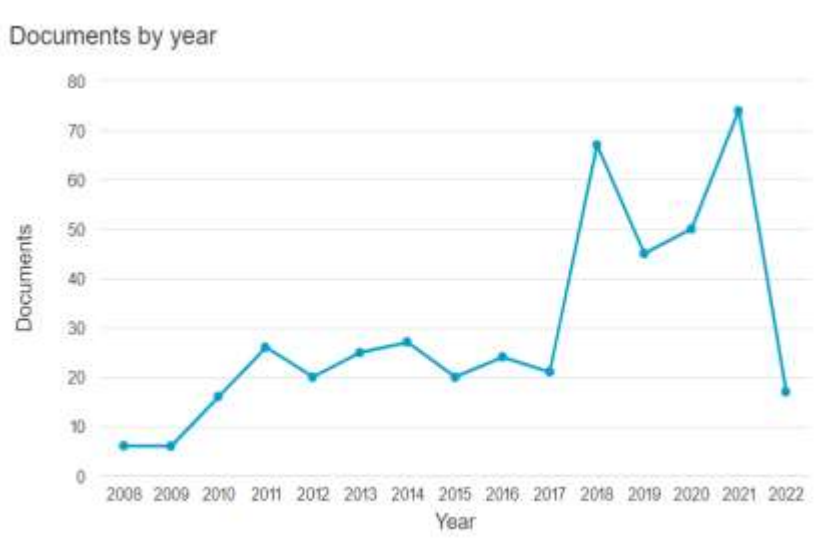
En ensayos realizados por diferentes procedencias se puede encontrar la resistencia que conlleva el emplear escoria de sílice ya solidificada en los hornos, mezclando en el concreto con el fin de crear un componente de ultra resistencia. (Ha, N. S., Marundrury, S. S., Pham, T. M., Pournasiri, E., Shi, F., & Hao, H., 2022)

Se realiza una búsqueda en Scopus, con las palabras más relevantes en inglés, como lo son rise, husk, ash y concretos (Scopus, 2022), por lo que se obtuvieron una cantidad total de 497 documentos muy variados entre los cuales se presenta de mejor manera posibles forma de crear algoritmos inteligentes que con uso de parámetros iniciales se pueda utilizar ya que hay diversas fórmulas empíricas (Chou et al., 2014; Ben Chaabene et al., 2020). Se pueden contar con los geo-polímeros que también contienen sílice para poder substraerlos y determinar combinaciones de mezcla, (Memiş, S., & Bilal, M. A. M., 2022).

Entre los documentos que se encuentran en la búsqueda se puede obtener un dimensionamiento por medio de gráfica que explica el año en que se obtuvo una mayor investigación de la cascarilla de arroz determinando que sus etapas de evolución empezaron desde el 2010 con 16 documentos y una mejor participación para el año 2021 con 74 documentos relacionados, como se muestra a continuación en la Figura 21.

Figura 21

Documentos por año

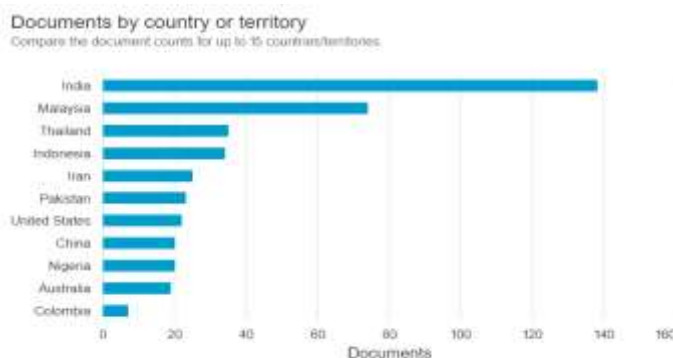


Nota: Relación de documentos respecto a queda año. Adaptado de (Scopus, 2022)

También se observa por país que aporta con la investigación de la sílice a base de la cascarilla de arroz, dando a encabezar a la India con el mayor aporte de documentos, posteriormente encontraremos un desglose de los demás países que han aportado investigaciones o publicaciones frente al tema de la cascarilla de arroz, se muestra la información en la figura 22.

Figura 22

Documento por territorio

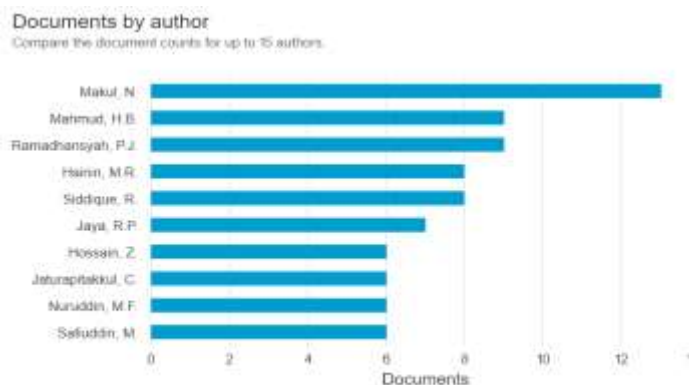


Nota: Búsqueda de documentos relacionados por cada país. Adaptado de (Scopus, 2022)

Posteriormente se encontrará en la Figura 23, el nivel o grado de participación por autor con mayores publicaciones, sobre la sílice y la cascarilla del arroz en la mezcla de concreto.

Figura 23

Documentos por autor



Nota: Búsqueda de documentos relacionados por cada país. Adaptado de (Scopus, 2022)

A continuación, se encuentra una compilación de la información de consulta realizada en Scopus con documentos de libre consulta en la tabla 3.

Tabla 3

Artículos de estado del conocimiento

Temática	Cita	Resumen	Accesible
Resistencia del concreto en base a la cascarilla de arroz	(Chou et al., 2014 ; Ben Chaabene et al., 2020).	Es un estudio para determinar diferentes parámetros en la construcción de los componentes del concreto con aditivos y componentes agrícolas para formar un algoritmo o formula de desarrollo que muestre el comportamiento de la estructura a base de los parámetros básicos e iniciales que se le proporcionen.	Accesible
	(Ha, N. S., Marundrury, S. S., Pham, T. M., Pournasiri, E., Shi, F., & Hao, H., 2022).	Son diferentes ensayos realizados con escorias sobrantes de sílice en los hornillos para determinar una composición óptima para un concreto de ultra resistencia.	Accesible
	(Mukharjee, B. B., Rakesh, ., & Patra, K, 2022).	Busca evaluar la resistencia del componente de sílice a base de la cascarilla d arroz con las diferentes mezclas a tiempos de la norma para garantizar en que proporción de 5% a 35% es viable el uso de la cascarilla de arroz.	Accesible
	(Chakraborty, S., & Thakur, N. 2021).	Es una investigación que busca sustituir los componentes de la mezcla de concreto tratando de dar la misma implementación, generan las diferentes pruebas de laboratorio para obtener datos y modelar la mejor mezcla posible.	Accesible
Alcance químico cascarilla de arroz	(Praveenkumar, T. R., Vijayalakshmi, M. M., & Manigandan, S, 2019).	Es un estudio que permite validar el proceso de energía o calor que se emite con los diferentes compuestos como el nano sílice, ceniza cascarilla de arroz, humo de sílice, etc., en la mezcla de concreto para las estructuras diseñadas, así mismo se evalúa su conductividad térmica.	Accesible

	(Memiş, S., & Bılal, M. A. M., 2022).		Accesible
Investigaciones humo o ceniza de sílice	(Zareei, S. A., Ameri, F., Dorostkar, F., & Ahmadi, M, 2017).	Explica el proceso de molienda del arroz para obtener la cascarilla de arroz y así mismo poder realizar un análisis de las proporciones a aportar en el concreto, contienen un estudio del micro sílice comparado con la mezcla original de cemento portland.	Accesible
	(Najigivi, A., Khaloo, A., Irajizad, A., & Abdul Rashid, S, 2013).	Se realiza un estudio del mapeo de red neuronal que puede ayudar con un breve diseño de mezcla correcta con el uso del nano sílice y humo de sílice, generando una investigación de pruebas en cilindros para recopilar los parámetros y que así finalmente se de una relación entre la mezcla y diseño a generar.	Accesible
	(Nduka, D. O., Olawuyi, B. J., Fagbenle, O. I., & Fonteboa, B. G., 2022).	Una investigación en la que se busca identificar cada factor para aumentar la durabilidad de la mezcla con los cambios por elementos agrícolas como el sílice de la cascarilla de arroz y a su vez confirmar que los productos que se utilicen puedan ser rentables para edificar las mezclas correctas de concreto.	Accesible
	(Lo, F. C., Lee, M. G., & Lo, S. L., 2021).	Se han buscado diversas combinaciones importantes con el humo de la cascarilla de arroz en este caso si se pudiese dar con el carbón volante para aquellos concretos permeables, generando un seguimiento muy detallado con el modelo de hidratación que pueda cumplir los parámetros de Taiwán.	Accesible
otros documentos relacionados con la cascarilla del	(Mehta, P. Kumar y Paulo JM Monteiro. 2014)	Estas son lecturas adicionales realizadas de varios artículos, documentos y trabajos realizados que hablan sobre el sílice y sus diversos métodos de uso, también	Accesible
	(Retrieved March 26, 2022)		Accesible

arroz, humo del silice	(Bhatty, "Innovations in portland cement manufacturing", 2004).	del cómo se pueden ubicar en diferentes zonas del mundo y en Colombia ya que se cuenta con muchas propiedades; el cómo se puede evidenciar su obtención en diversas mezclas, hornillos de quema y cultivos de arroz.	Accesible
	Fanella, David A. 2016. "Materiales". Cap. 2 en Estructuras de Hormigón Armado: Análisis y Diseño . 2ª ed. Nueva York: McGraw-Hill		Accesible
	(P. Kumar Mehta, Ph. D., & Paulo J. M. Monteiro, Ph. D, 2014)		Accesible
	(Ullah et al., 2019; Kargarzadeh et al., 2017)		Accesible
	(Ávila, 2019; Costa, 2018)		Accesible
	(Syarif et al., 2016; Pode, 2016)		Accesible
	(DANE – FEDEARROZ – 4° Censo Nacional Arrocerero, 2016)		Accesible
	(Proaños et al., 2014)		Accesible
	(Ávila, 2019; Costa, 2018)		Accesible
	(Teodoro E. Harmsen, 2005)		Accesible
	(Merrit, 1992)		Accesible
	(Kosmatka y Panarese, 1992)		Accesible
	(Lopez,2006)		Accesible
	(Perez,2016)		Accesible
	(Salgado, 2005)		Accesible
	(DANE – FEDEARROZ – 4° Censo Nacional Arrocerero, 2016)		Accesible
	(Assureira, 2004)		Accesible
	(Gutiérrez R., 1998)		Accesible
	(Riera et al., 2018; Proaños et al., 2014)		Accesible
	(Cury et al., 2017)		Accesible
(Pode, 2016)	Accesible		

Resistencia del concreto en base a la cascarilla de arroz	. (Jamellodin, Z., Hamidah, MS, Adnan, SH, Mohammad, NS y Wan Yusof, WY, 2014).	Investigaciones sobre temas de propiedades químicas, y físicas. Asi como los métodos de quemado y obtención de óxido de silicio a base de la cascarilla de arroz	Accesible
	(Le, H. T., Nguyen, S. T., & Ludwig, H. , 2014).		Accesible
	(Pedro E. Matthey ¹ , Rafael A. Robayo ² , Jherson E. Díaz ³ , Silvio Delvasto ⁴ , José Monzó ⁵ , 2015).		Accesible
	(Robayo, Matthey, Delvasto, 2013)		Accesible

Nota: En esta tabla se encuentran los artículos de búsqueda para el estado del conocimiento de esta temática. Fuente: autor.

5. Diseño Metodológico

Con el propósito de examinar la resistencia en la presión o compresión de la mezcla adicionada con sílice a base de cascarilla de arroz, y con la espera de la mejora de esta variable, se desarrollará de acuerdo con normatividad vigente y aplicable para cada tipo de ensayo. Para ello, la universidad Antonio Nariño, cuenta con la máquina de ensayo que provee las velocidades de carga, los hornos y la mufla para la caracterización de la cascarilla. Por parte de los estudiantes se suministrará los materiales para la realización de las mezclas para llevar a cabo los ensayos, los cuales metodológicamente se realizará de la siguiente manera:

5.1 Proceso de caracterización de la cascarilla de arroz.

5.1.1 Humedad representativa de la cascarilla.

Luego del proceso para la obtención y compra de la cascarilla de arroz, se prosigue con el método de caracterización representativa de la humedad, para lo cual se realizará por el método de balanza de humedad por medio de un triplicado de muestras de un peso representativo, para este caso de 2 gramos a una temperatura de 150°, para ello la balanza debe cumplir con los rangos de temperatura para determinar la humedad representativa de 100° a 150°. En donde a medida que pasa el tiempo de calentamiento y posterior pérdida de humedad, la balanza toma la lectura final cuando hay una masa constante y no evidencia pérdidas de masa en función del tiempo, En la figura 24 se evidencia el pesado de la cascarilla y la determinación de la humedad.

Figura 24

Balanza de humedad



Nota. Valores previos a la determinación de la humedad de la cascarilla. Fuente Autores.

Posterior a medir el peso se deja que la balanza de humedad haga su proceso de calentamiento para la autodeterminación de la humedad de la muestra contenida. Como se ilustra en la figura 25.

Figura 25

Lectura de valores balanza.



Nota. Valor representativo de la humedad de la cascarilla para una sola muestra. Fuente: Autores.

Para obtener un valor representativo de la humedad de la cascarilla. Se debe realizar la prueba por triplicado para obtener promedios de esta con muestras del mismo peso inicial.

5.1.2 Sólidos volátiles de la cascarilla.

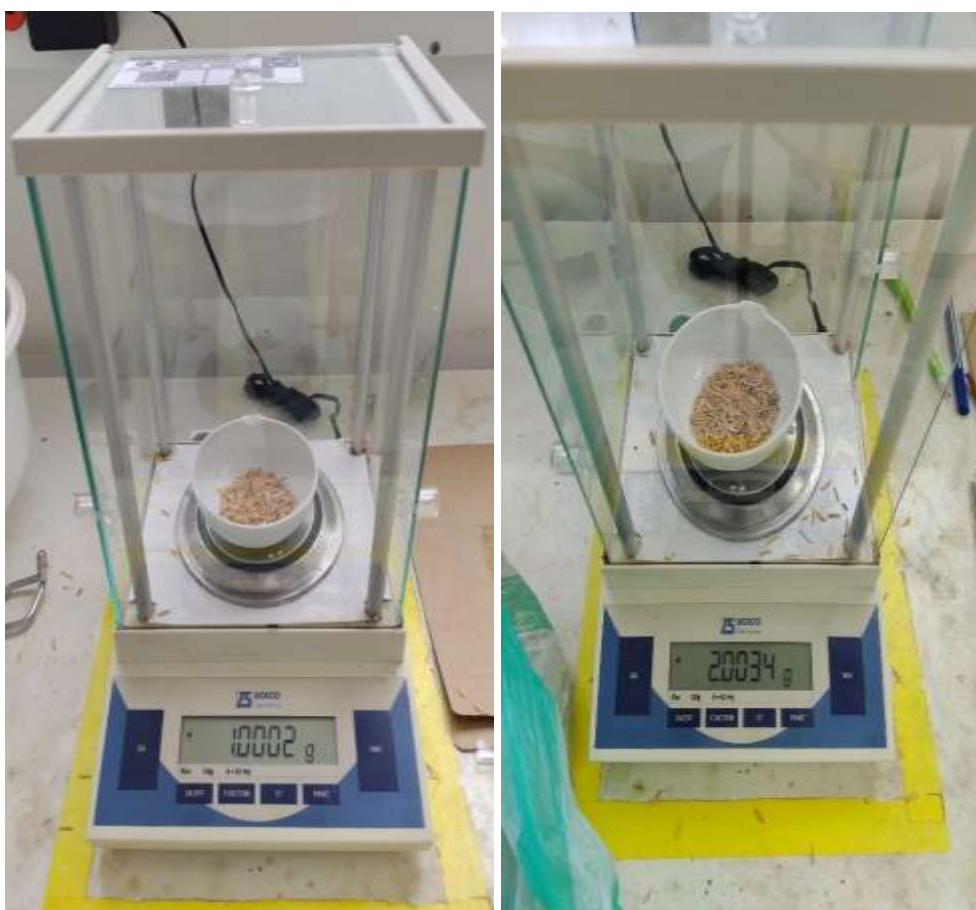
Para la determinación de los sólidos volátiles de la cascarilla, la referencia normativa en la cuales nos podemos basar es la (ASTM D1102-884) la cual nos da las directrices metodológicas para la caracterización de los sólidos volátiles de muestras de partículas relativamente pequeñas, para llevarlo a cabo se debe realizar la respectiva oxidación del material para quitar todo material orgánico previamente en estado seco, para ello se debe realizar por una mufla que tenga un rango de temperatura adecuado, en el caso

de la cascarilla de arroz a una temperatura de 550°C a 600°C , la cual es una temperatura ideal para obtener o llegar al grado de pureza esperado del 95% a 100%.

Para realizar esta metodología de quema y volatilización de sólidos orgánicos, se debe contar con una balanza analítica que tenga alta sensibilidad al 0,0001 g, esta balanza se ilustra en la figura 26 con dos pesos previos de cascarilla de arroz antes de ser incineradas. Al igual que los crisoles deben ser pesados previamente antes de meter la cascarilla debido a que no son de las mismas características y sus pesos varían.

Figura 26

Balanza de precisión



Nota: Se ingresan 2 crisoles con cantidades similares de cascarilla de arroz. Fuente: Autores.

En el proceso tendremos una participación de crisoles que puedan ser hermetizados (con una tapa ajustada) para tratar de contener el material a extraer (ceniza), estos pueden componerse de platino, sílice o porcelana, también se deberá contar con un horno de mufla como se ilustra en la figura 27. También hay otros métodos de funcionamiento como el eléctrico o el compuesto con suministro de GAS, si se puede contar con pirómetro para el control de gases o humos que se generan en la quema adicional para controlar la quema, (Last previous edition D 1102 – 56 (1978).

Figura 27

Mufla universidad Antonio Nariño.



Nota: Se ingresan 2 crisoles con cantidades similares de cascarilla de arroz. Fuente: Autores.

Posterior a la incineración de la cascarilla de arroz, se procede a sacarla y dejarla por un periodo de una hora en un desecador, tal y como se ilustra en la figura 28.

Figura 28

Disecador con muestras de cascarilla incinerada



Nota: Muestras de cascarilla incinerada dejadas en el disecador de la universidad Antonio Nariño. Fuente: Autores.

Posterior al proceso de disecado, se procede a realizar la toma de la pérdida del peso, tal como se ilustra en la figura 29

Figura 29

Balanza con peso de la ceniza de la cascarilla.



Nota: Después de la quema en la mufla se deja enfriar y se pesa en la balanza. Fuente: Autores.

Una vez realizada la incineración, para el proceso de determinación de los sólidos volátiles de la cascarilla se realizó el procedimiento para pesos de 2 gramos, 3 gramos y 4 gramos para los cuales se realizó la respectiva incineración y peso de masa hasta obtener una masa constante, en general para todas las muestras al segundo peso da una masa constante, para lo cual no se realiza una tercera incineración ya que la pérdida de masa podría ser imperceptible.

En general, la metodología para realizar la caracterización suele ser fácil por los pasos mencionados anteriormente, esto debido a que es un proceso repetitivo el cual consta de 2 a 5 repeticiones como mínimo ya que al final la pérdida de masa no es mayor a 0,0001 gramos. Aunque el proceso es repetitivo también hay que ser cauteloso al momento de pasar los crisoles y cogerlos adecuadamente, ya que el ambiente por lo general contiene humedad y esta humedad podría incidir en los valores y generar errores en los resultados, para ello, se debe disponer un disecador que no permita la entrada de la humedad del ambiente.

5.2 Proceso de obtención de ceniza de la cascarilla de arroz.

Para obtener este resultado se generaron procesos de quema caseros, en donde se vertieron de a 2 libras de cascarilla alrededor de un tubo que actúa como respirador tipo chimenea para ser el núcleo de la combustión en la quema de la cascarilla y así mismo poder por este mismo tubo introducir aire controlado por medio de una pistola híbrida (gravidad) con 2.0 bar lo que proporciona un aproximado de 350 litros por minuto de aire, este método se puede apreciar en las figuras 30 y 31, generando así avivamiento en la combustión interna de la quema para que se produzca la cascarilla de arroz.

Figura 30

Método de quema casero tipo chimenea



Nota: Representación de quema de la cascarilla de arroz por el método de chimenea casera.

Fuente: Autores.

Figura 31

Método de oxigenación



Nota: Ingreso de oxígeno por medio de pistola de pintura 2.0 bar. Fuente: Autores.

Cabe aclarar que de las 2 libras de la cascarilla de arroz que se riegan alrededor de la chimenea casera se generan o se obtienen aproximadamente 100 gramos de ceniza blanca y por encima de esta se genera una costra de cascarilla quemada color oscuro tal y como se evidencia en la figura 32 la cual se extrae cuidadosamente para no mezclarlas y poder extraer la ceniza blanca, el proceso interno de combustión se puede apreciar en la figura 32 y 33.

Figura 32

Combustión interna.



Nota: Combustión de la cascarilla a temperaturas de e 1000 °C Fuente: Autores.

Figura 33

Excesos de costra de cascarilla



Nota: Combustión de la cascarilla a temperaturas de e 1000 °C Fuente: Autores.

Luego de haber hecho el proceso de quema con el método casero, se procede a evidenciar que la cascarilla obtenga el grasoso y blanco, para luego proceder con su respectivo almacenamiento, así como se evidencia en la figura 34.

Figura 34

Obtención de ceniza



Nota: Obtención y almacenamiento de la ceniza a base de la cascarilla de arroz. Fuente: Autores.

5.3 Elaboración y curado de especímenes

5.3.1 Preparación de especímenes

Con el diseño de mezcla ya obtenido se procede a realizar la mezcla sin la Sílice con la respectiva dosificación para obtener el concreto de 3000 PSI y 4000 PSI, Para realizar las mezclas se dispone previamente del engrase en los tornillos y tuercas de las camisas, aplicación de desmoldante al interior de las camisas y a su respectivo ajuste para la introducción de la mezcla, este proceso se ilustra en la figura 35.

Figura 35

Preparación de camisas



Nota: Preparación de camisas con engrase de tornillos y el respectivo ajuste para que no hallan fugas de mezcla. Fuente: Autores.

Con las dosificaciones del diseño de mezcla se procede a pesar el cemento, la arena, el material triturado y a medir el volumen del agua, para proceder a realizar la mezcla en el trompo, este proceso se puede ilustrar en la figura 36.

Figura 36

Peso de materiales previos a mezclado



Nota: Peso de los diferentes materiales para la elaboración de la mezcla. Fuente: Autores.

Se procede a realizar el mezclado después de haber pesado los materiales, se debe realizar para 2 resistencias cada una sin la adición de la ceniza y con la adición de Ceniza tal y como se ilustra en la figura 37.

Figura 37

Adición de ceniza de cascarilla al mezclado



Nota: Trompo Universidad Antonio Nariño. Fuente: Autores.

Una vez obtenida la mezcla a las revoluciones indicadas por la norma se procede a obtener la muestra para el ensayo de asentamiento o ensayo de slum Como se ilustra en la figura, posteriormente se debe corroborar el asentamiento con el slum con la norma para luego disponer el espécimen en las camisas, las cuales me permiten obtener un cilindro de 150mm de diámetro interior por 300mm de altura, con su respectivo muestreo en donde se evidencie la fecha y hora de su elaboración (NTC 550, 2000).

En la figura 38, muestra el proceso de medición de asentamiento de la mezcla.

Figura 38

Realización de prueba de asentamiento Slum



Nota: Pruebas de Slum, Universidad Antonio Nariño. Fuente: Autores.

Luego de medir la prueba de asentamiento se procede a realizar la deposición de la mezcla en las camisas para formar los cilindros, se hace simultáneamente en tres llenados por cilindro hasta llegar a enrazarlos tal y como lo ilustra la figura 39.

Figura 39

Llenado de camisas.



Nota: Llenado de camisa y enrazamientos, Universidad Antonio Nariño. Fuente: Autores.

5.4 Curado de especímenes

Para culminar el proceso de la elaboración y el curado del espécimen, se debe realizar el almacenamiento a un sitio de curado inicial en donde se garantice la pérdida de humedad hasta por 48h, al terminar el curado inicial se debe retirar el molde y almacenar el espécimen en ambiente húmedo o en una pileta especial para especímenes. (NTC 550, 2000)., el curado es por el método de pileta tal y como se muestre en la figura 40

Figura 40

Curado de cilindros en pileta



Nota: Llenado de camisa y enraizamientos, Universidad Antonio Nariño. Fuente: Autores.

5.5 Caracterización y medición de resistencia a compresión de los especímenes.

Posterior al proceso de curado se toman los cilindros a fallar en los tiempos establecidos, para ello, previamente se debe realizar la caracterización y toma de los datos característicos dimensionales de cada cilindro, este proceso se ilustra en la figura 41.

Figura 41

Caracterización de los cilindros



Nota: Llenado de camisa y enraizamientos, Universidad Antonio Nariño. Fuente: Autores.

Posterior a las medidas tomadas por cada cilindro a fallar se toman y se alistan en dos platos embonados para la prensa y posteriormente se ingresan los datos tomados en la

máquina de fallos para poder determinar correctamente la información obtenida. Una vez ya cumplido el tiempo para la edad de fallo, se procede con el alistamiento de los especímenes y su respectiva caracterización, así como la configuración de la máquina de falla, en donde se debe dejar la velocidad de falla a 0.250 Mpa/s, Figura 42.

Figura 42

Configuración de la máquina de carga



Nota: Maquina de velocidad de carga, Universidad Antonio Nariño. Fuente: Autores.

Con los especímenes ya ubicados sobre el plano, la respectiva verificación de cero y asentamiento del bloque Figura 28, se realiza la velocidad de carga continua sin impactos, con aplicación de una carga mayor sin realizar ajustes a la velocidad antes de la carga ultima. posteriormente se aplica la carga de compresión hasta que el indicador muestre que esta misma va decreciendo y el espécimen muestra un patrón de fractura (NTC 673, 2010), tal y como se evidencia en la Figura 43 y 44.

Figura 43

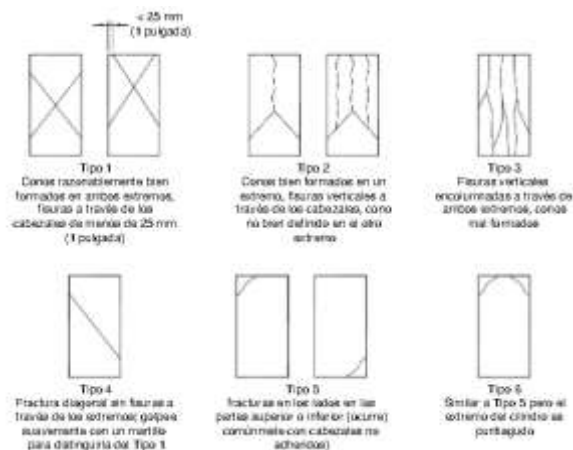
Ajuste de cilindro para inicio de fallo y fallo de este



Nota: Máquina de velocidad de carga, Universidad Antonio Nariño. Fuente: Autores.

Figura 44

Esquemas modelos de fractura



Nota: Tipos de Fractura. Adaptado de (NTC 673, 2010)

Teniendo en cuenta que se va a realizar el ensayo de resistencia a la compresión a dos edades, los especímenes se fallarán bajo las edades de 7 días y 28 días (Tabla 2: Edad ensayo especímenes, NTC 673, 2010), se debe repetir la metodología de la siguiente manera con las siguientes resistencias representadas en la tabla 4 para el mismo contenido de Sílice.

Tabla 4

Resistencias y edades de fallo

EDADES DE ENSAYO Y FALLO (Días)	7	28
Cilindros sin Sílice		
# CILINDROS 3000 PSI	2	3
# CILINDROS 4000 PSI	2	3
Cilindros con Sílice		
# CILINDROS 3000 PSI	2	3
# CILINDROS 4000 PSI	2	3
TOTAL	8	12

Nota: Tabla de resumen de resistencia y edades de fallo de especímenes. Fuente: Autores.

Finalmente, para el análisis de los resultados esperados, se realiza una correlación de las resistencias obtenidas sin la sílice respecto a las resistencias obtenidas con sílice, para ver la mejora en la resistencia a la compresión del concreto.

6 Resultados y análisis

En este apartado se presentan los resultados de las metodologías y los ensayos utilizados para las muestras de concreto adicionadas con Sílice, así como los resultados de la caracterización que se realizó para la cascarilla de arroz.

6.1 Caracterización de la cascarilla de arroz.

6.1.1 Humedad representativa.

Para la humedad representativa de la cascarilla se realizó la prueba por triplicado, los valores obtenidos en este ensayo se representan en la tabla 5

Tabla 5

Valores obtenidos de humedad por triplicado

Muestra	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% perdida	% que queda
1	2	1,9	5	95
2	2	1.91	4,5	95.5
3	2	1,9	5	95.5
			% Humedad :	4,83

Nota: Fuente: Autores.

De acuerdo a lo evidenciado para las muestras por triplicado, se evidencia que el promedio de humedad representativa contenida en la cascarilla, es de 4.83%

6.1.2 Sólidos volátiles representativos de la cascarilla.

Para determinar los sólidos volátiles de la cascarilla, se realizó con una mase semejante de 2 gramos por dos periodos de 2 horas hasta que la perdida en masa no fuera mayor a 0.0001 g, el consolidado se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Partículas volátiles 2 horas

PARTICULAS VOLATILES 2h									
Crisol	Peso crisol (g)	Peso muestra (g)	Peso Total (g)	Peso 1 2 h en mufla (g)	Peso 2 2 h en mufla (g)	Perdida (g)	peso retenido después de quema (g)	VOLATILES (g)	VOLATILES (%)
1	54,5676	2,0043	56,5719	54,8148	54,8138	0,001	1,7571	0,2472	12,33
2	53,4945	2,0028	55,4973	53,7556	53,7554	0,0002	1,7417	0,2611	13,04
3	67,0823	2,0041	69,0864	67,3437	67,3413	0,0024	1,7427	0,2614	13,04
% Representativo Volátiles:									12,80

Nota: Fuente: Autores.

Se evidencia que con las tres muestras se tiene la mayor parte de la pérdida en la primera incineración, con sólidos volátiles de 12.80 % en promedio respecto a su masa inicial.

Tabla 7

Partículas volátiles 4 horas

PARTICULAS VOLATILES 4 h								
Crisol	Peso crisol (g)	Peso muestra (g)	Peso Total (g)	Peso 4 h en mufla	Perdida (g)	peso retenido después de quema	VOLATILES (g)	VOLATILES %
1	53,4953	1,0003	54,4956	53,6176	0,878	0,878	0,1223	12,23
2	54,5687	1,0001	55,5688	54,6929	0,8759	0,8759	0,1242	12,42
3	52,4976	1,0001	53,4977	52,6592	0,8385	0,8385	0,1616	16,16
% Representativo Volátiles:								13,60

Nota: Fuente: Autores.

Se evidencia que con las tres muestras se tiene la mayor parte de la pérdida en la primera incineración, con sólidos volátiles de 13.60 % en promedio respecto a su masa inicial. La variación porcentual de la masa varía proporcionalmente al tiempo de quema de la cascarilla. Ya que respecto a la cantidad en masa no varía considerablemente. La

diferencia entre los volátiles con dos horas de incinerado de más es de 0.8 % Respecto a su masa.

6.1 Obtención de la ceniza de la cascarilla de arroz

Se evidencia que de un 100% (1000 gramos) se obtiene un 10% de ceniza (100 gramos) quedando un 80% (800 gramos) de cascarilla carbonizada y un 10% (100 gramos) de partículas volátiles que se pierden en el proceso.

6.2 Pruebas resistencia a la compresión.

De acuerdo a lo mencionado en la metodología se realizarán pruebas de resistencia a la compresión en edades de fallo de 7 y 28 días, con los especímenes adicionados con Sílice y especímenes que no tienen esta adicción. El consolidado de fallos se presenta en la tabla 8.

Tabla 8

Consolidado resistencias a compresión

Edad en días	3000 psi		4000 psi	
	Sin ceniza (Mpa)	Con Ceniza (Mpa)	Sin ceniza (Mpa)	Con Ceniza (Mpa)
7	11,16	12,83	13,55	15,58
28	22,13	26,97	30,44	36,74

Nota: Se muestran los resultados de los fallos y los valores de los esfuerzos promedio para las dos resistencias diseñadas Fuente: Autores.

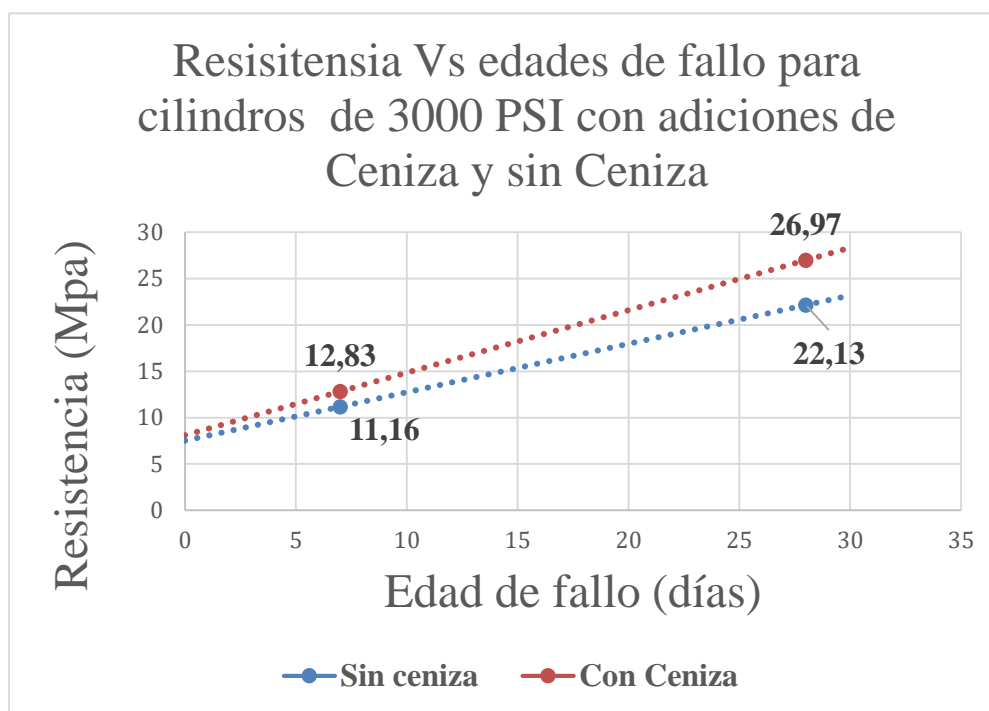
Como se puede evidenciar en la tabla 8 el concreto que contiene la adición de ceniza obtuvo una mayor resistencia a la compresión respecto al concreto que no tiene la dosificación de la ceniza de la cascarilla de arroz. Las adiciones de ceniza a base de cascarilla de arroz se hicieron en un 10 % respecto a la masa del cemento. Y para los dos

casos y se evidencia que obtiene una mayor resistencia proporcional a la adición de la ceniza en mezcla.

Para el análisis de resultado, se realizó una gráfica de resistencia contra edades de fallo de la mezcla de menor resistencia, tal y como se ilustra en la figura 45. Cabe resaltar que, para hacer este procedimiento bajo la normatividad para este tipo de ensayos, se debió tomar medidas de los cilindros fallados previamente, así como la maquina la cual se debió configurar a una velocidad de falla de 0.25 Mpa/s.

Figura 45

Comparación de muestras de la evolución de la resistencia 3000 PSI



Nota: Fuente: Autores.

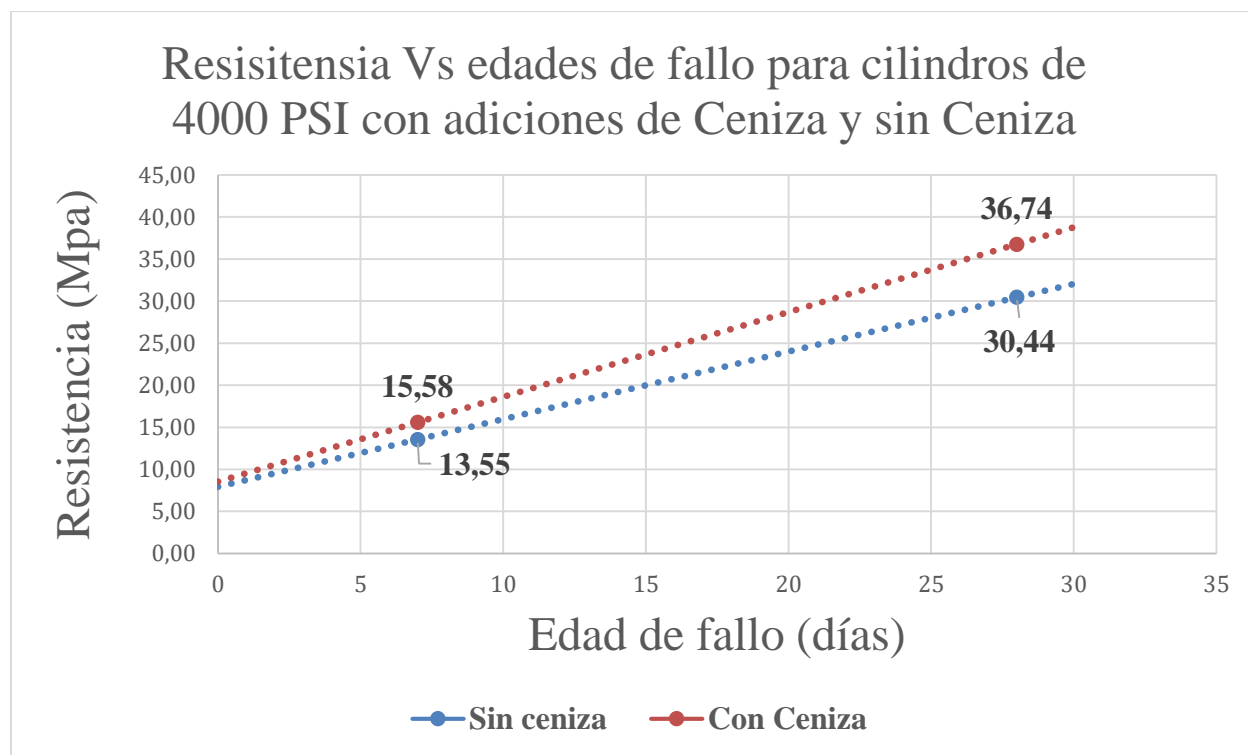
Para la resistencia de 3000 PSI se muestra una evolución de resistencia representativa, ya que a los 7 días hay una variación positiva de resistencia de 1.67 Mpa, y

al cabo de los 28 días se presenta una variación de 4.84 Mpa, confinándose así la teoría y los estados de conocimiento de que la Sílice de cualquier procedencia ayuda a mejorar la resistencia del concreto, y también confirmándose así la teoría del curado del concreto de que mejora la resistencia en función del tiempo para este caso se evidencia que el concreto gana alrededor del 28% de su resistencia patrón en el curado a los días.

Para el análisis de resultado de las muestras de 4000 psi, se realizó una gráfica de resistencia contra edades de fallo de la mezcla de menor resistencia, tal y como se ilustra en la figura 46.

Figura 46

Comparación de muestras de la evolución de la resistencia 3000 PSI



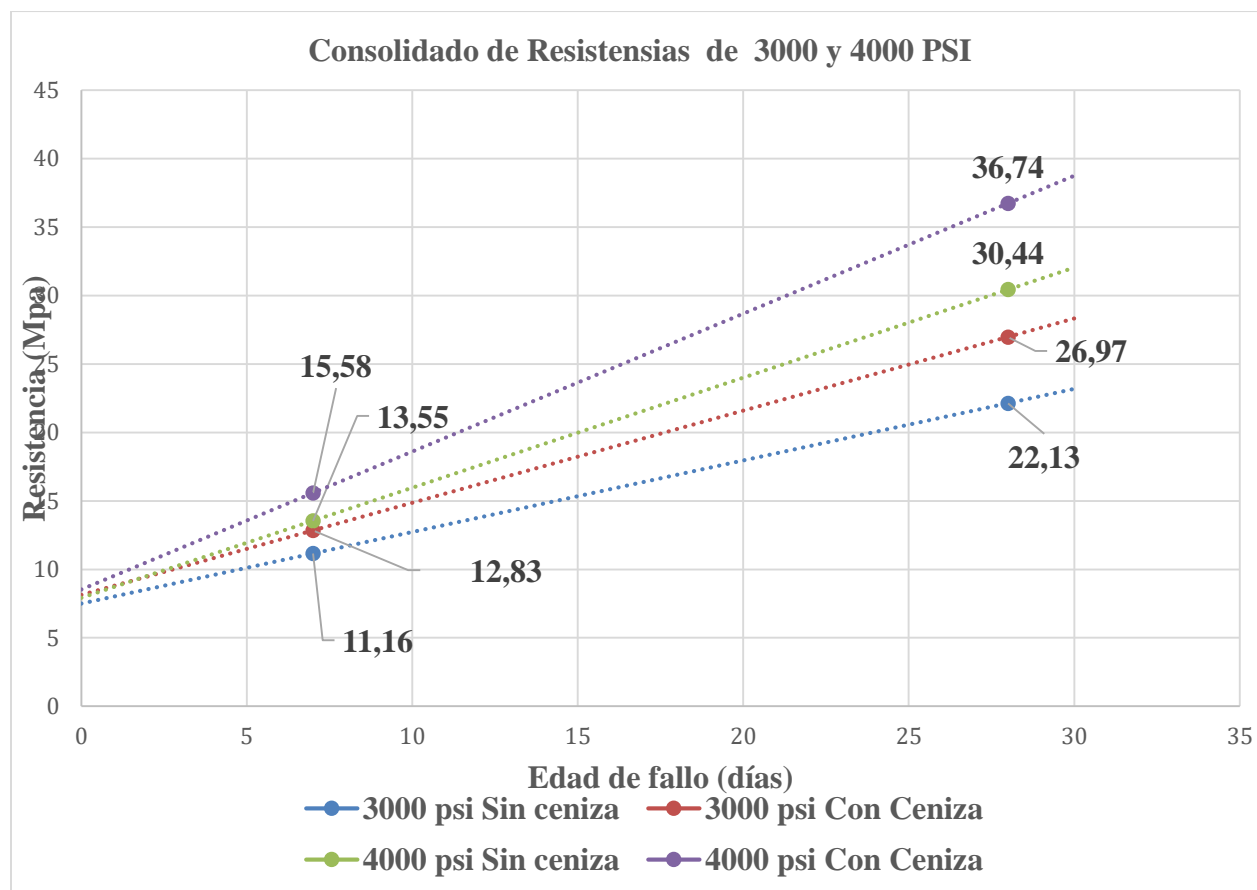
Para la resistencia de 4000 PSI se muestra una evolución de resistencia representativa, ya que a los 7 días hay una variación positiva de resistencia de 2.03 Mpa, y al cabo de los 28 días se presenta una variación de 6.83 Mpa, confinándose también así la

teoría y los estados de conocimiento de que la Sílice de cualquier procedencia ayuda a mejorar la resistencia del concreto, y también confirmándose así la teoría del curado del concreto de que mejora la resistencia en función del tiempo para este caso se evidencia que el concreto gana alrededor del 38% de su resistencia patrón en el curado a los 28 días, sin embargo el estado del conocimiento nos indica que se ha comprobado que los aumentos de resistencia van desde el 10 % de su resisten asía patrón al 30%.

Para el análisis de resultado de las muestras de 4000 psi y 3000 Psi, se realizó una gráfica de resistencia contra edades de fallo de la mezcla de menor resistencia, tal y como se ilustra en la figura 47.

Figura 47

Gráfica de las dos resistencias diseñadas



Nota: Fuente: Autores.

Durante todo el proceso que se realizó en los ensayos a compresión de los cilindros de concreto, se pudo evidenciar la ganancia de resistencia, se evidencia que también la evolución de la resistencia es más rápida en los primeros días alcanzando entre el 40% al 50% de esta, la cual sigue evolucionando con el tiempo, pero más lentamente.

La grafica también nos muestra que la resistencia varia más en concretos de mayores resistencias con la adición del Sílice, en promedio la ganancia de resistencia para este trabajo de investigación fue de un 30% respecto a los dos especímenes.

8 Conclusiones

Por medio de este proyecto se puede evidenciar el aporte que nos brinda la sílice en las mezclas de concreto permitiendo dar una mejor resistencia a la compresión, pero cabe aclarar que esto es un proceso donde se implica o desglosa desde la cascarilla del arroz la cual realizándose una excelente quema obteniendo entre un 80% y 100% de pureza de la ceniza (blanca tipo plateada), nos permite generar el desempeño en la mezcla de concreto potenciándola, adicional a esto podemos afirmar que el protocolo que se debe manejar para este tipo de procesos debe ser muy riguroso debido a que se debe consultar con especialistas sobre el protocolo de la quema teniendo en cuenta lugar de la quema, clima, factores de temperatura, etc., se realizaron varios ensayos de quema hasta obtener el resultado final de la cascarilla, también se debe tener presente que la materia prima este seca y no contaminada para poder permitir una combustión prolongada y eficaz, referente a la resistencia que se obtiene en el concreto podemos concluir que con un 10% del peso total del cemento se obtiene un incremento en la resistencia por lo que si se maximizara este porcentaje podríamos obtener mayores beneficios y resistencias, claro sin descuidar los demás factores implícitos en los diseños de la mezcla.

Se debe tener presente que con este tipo de implementación de la sílice se puede dar un mejor aprovechamiento a la cascarilla de arroz la cual como lo veíamos anteriormente en el documento e investigación se usan en proyectos como camas de pollos, en marraneras o muchas veces para poder apretar la tierra de una planta.

Este proyecto en masa puede ayudar en demasiadas circunstancias a maximizar las mezclas de concreto convencionales y de baja resistencia, adicional a esto podemos ver una oportunidad en la que se genere la sílice con la quema de la cascarilla y se pueda obtener por porcentajes en cualquier punto de distribución de materias primas (con previas recomendaciones de uso) esto con el fin de que se pueda obtener un fácil acceso al producto.

Del marco teórico podemos concluir que los tiempos de curado en el concreto, deben ser importantes para que estos alcances sus propiedades bajo las cuales fueron

diseñados debido a que como se pudo evidenciar, las edades de curado aumentaron la resistencia del concreto.

Del estado de conocimiento podemos concluir que en efecto la sustitución del cemento por sílice de cascarilla de arroz entre un 10 %-20% ayuda a mejorar la resistencia, tal y como se denota en varios estudios, ya que con porcentajes menores no es muy notorio la mejora de la resistencia.

De una cantidad determinada de cascarilla se puede concluir que se obtienen el 10% de Sílice a basa de esa, sin embargo, se podrían realizar futuras investigaciones que ayuden a optimizar los procesos de quema tanto en tiempo como en costos, para lque permitan tener el grado de pureza de sílice en el menor tiempo posible.

De la humedad representativa podemos concluir que esta se encuentra entre un 4% a 5%, por lo que para el proceso de quema para obtener la sílice podría ser fácil debido a su bajo contenido de humedad.

De los sólidos volátiles podemos concluir que estos se volatilizan más en el proceso de quema por el método de chimenea, ya que por medio de mufla solo se alcanza un porcentaje del 20 %, por lo cual una manera más rápida de obtener la ceniza es por métodos caseros que superen los 1000 °C

Del marco teórico podemos concluir que los tiempos de curado en el concreto, deben ser importantes para que estos alcances sus propiedades bajo las cuales fueron diseñados debido a que como se pudo evidenciar, las edades de curado aumentaron la resistencia del concreto.

Del estado de conocimiento podemos concluir que en efecto la sustitución del cemento por sílice de cascarilla de arroz entre un 10 %-20% ayuda a mejorar la resistencia,

tal y como se denota en varios estudios, ya que con porcentajes menores no es muy notorio la mejora de la resistencia.

9 Anexos

Se anexan los respectivos APU para el costo total de la realización de este proyecto, así como los ensayos de referencias en los que nos basamos para realizar el respectivo diseño de mezcla

Anexo 1 Consolidado diseño de mezcla

DISEÑO PARA MEZCLA DE CONCRETO DE 3000 PSI (210 Kg/cm ²) (21 MPa)					
Fecha de elaboración: 2021-06-07					
Característica del agregado grueso: Triturado 3/4" HOLCIM					
Densidad aparente seca	2,460 Kg/m ³				
Porcentaje de absorción	4,50 %				
Masa unitaria seca suelta	1,22 Kg/m ³				
Tamaño máximo agregado	3/4" Pulgada				
Características del agregado fino Arena Fuente Gravicón					
Densidad aparente seca	2,710 Kg/m ³				
Porcentaje de absorción	0,90 %				
Modulo de finura	3,2				
Masa unitaria suelta	1,58 Kg/m ³				
Características del cemento ARGOS Uso General					
Peso específico	3,14 Kg/m ³				
Masa unitaria seca suelta	1,21 Kg/m ³				
Datos generales					
1) Asentamiento	5 Pulgadas				
2) Tamaño máximo del agregado	3/4" Pulgada				
3) Agua de mezcla	205 Kg				
4) Resistencia de diseño F _c	3000 PSI	210 Kg/cm ²	21MPa		
5) Relación agua/cemento	0,55				
6) Contenido de cemento	372,7 Kg/m ³				
7) % de Agregados	Grueso	52,0 %			
	Fino	48,0 %			
Volumen absoluto agregados = 1000 - Vol abs agua - Vol abs cemento = 676,3 m ³					
Peso del ag. Fino = 879,7 Kg/m ³ de ccto.					
Peso del ag. Grueso = 865,1 Kg/m ³ de ccto.					
Proporciones iniciales en peso					
	AGUA	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO	SUMATORIA
PESO MAT. (Kg/m ³ de ccto)	205,0	372,7	879,7	865,1	2323
Vol abs. Materiales (dm ³ /m ³ de ccto)	205,0	118,7	324,6	351,7	1000
Prop. En peso seco	0,55	1	2,360	2,32	
Proporciones en volumen					
Agregado fino en volumen suelto =	556,8 m ³ /m ³ de concreto				
Agregado grueso en volumen suelto =	709,1 m ³ /m ³ de concreto				
Cemento =	308,0 m ³ /m ³ de concreto				
Agua =	205,0 m ³ /m ³ de concreto				

Con la cantidad de agua planteada en el diseño se logra alcanzar el asentamiento de (4.5) pulgadas deseado

Anexo 2 Dosificación In Situ

Figura 1

Anexo 2. Tabla de dosificación INSITU.

Fecha de actualización:	6/07/2021					
RESISTENCIA (Kg/cm ²)	VOLUMEN FINAL (m ³)	AGUA (lt)	CEMENTO	PALADAS		MIXTO
			kg	ARENA No.Paladas	GRAVA No.Paladas	
3000	0,13	26	47,2	28,8	29,8	58,6
Asentamiento (Pulgadas):	5	<h1>Página 1</h1>				
Versión:	0					
		Cemento	Arena	Grava 3/4"	Agua	A/C
Proporciones		1,00	2,36	2,32	0,00	0,55
Gravedad específica aparente		3140,00	2,76	2,60	-	-
Peso específico (Kg/m ³)		-	1550,00	1470,00	1000,00	-
Abosrición (%)		-	1,80	1,80	-	-
Modulo de finura:		-	3,20	-	-	-
Notas:	Cada palada de material equivale a 2,5 Kg de material granular.(p alas redondas comerciales)					

Anexo 3 Grafico Verificación de resistencia por edades de fallo




4.0 VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA



Anexo 4 Dosificaciones ideales

VOLUMEN FINAL (m3)	AGUA (Kg)	CEMENTO		AGREGADOS		TOTAL (Kg)
		Kg	BULTO	ARENA (Kg)	GRAVA (Kg)	
0,06	12	22,4	0,4	53	52	105
0,25	51	93,2	1,9	220	216	436
0,50	103	186,4	3,7	440	433	872
0,75	154	279,5	5,6	660	649	1309
1,00	205	372,7	7,5	880	865	1745
1,25	256	465,9	9,3	1100	1081	2181
1,50	308	559,1	11,2	1320	1298	2617
1,75	359	652,3	13,0	1540	1514	3053
2,00	410	745,5	14,9	1759	1730	3490
2,25	461	838,6	16,8	1979	1947	3926
2,50	513	931,8	18,6	2199	2163	4362
2,75	564	1025,0	20,5	2419	2379	4798
3,00	615	1118,2	22,4	2639	2595	5235
3,25	666	1211,4	24,2	2859	2812	5671
3,50	718	1304,5	26,1	3079	3028	6107
3,75	769	1397,7	28,0	3299	3244	6543
4,00	820	1490,9	29,8	3519	3460	6979
4,25	871	1584,1	31,7	3739	3677	7416
4,50	923	1677,3	33,5	3959	3893	7852
4,75	974	1770,5	35,4	4179	4109	8288
5,00	1025	1863,6	37,3	4399	4326	8724
5,25	1076	1956,8	39,1	4619	4542	9160
5,50	1128	2050,0	41,0	4838	4758	9597
5,75	1179	2143,2	42,9	5058	4974	10033
6,00	1230	2236,4	44,7	5278	5191	10469

Anexo 5 Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados

 PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. ISO/IEC 17025:2017 19-LAB-008	 ONAC ORGANISMO NACIONAL DE CALIFICACIÓN	 IBG-MRA	INFORME DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNALES EN LOS AGREGADOS. NORMA INV E - 211 :2012	F - LAB -180 Versión: 04 2020-10-19 Hoja 1 de 1	
PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. - (PLANTA SIBATE) #81 Y 81A SIBATE - SILVANA					
CLIENTE:	PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S	INFORME:	LAB-SIBARC 214 21	REGISTRO No.:	7693
LOCALIZACIÓN/OBRA:	CONTRATO: ECU 03A8	FECHA DE TOMA:	2021-05-03	FECHA DE RECEPCIÓN:	2021-05-03
FUENTE O CANTERA:	CANTERA HOLCOM	FECHA DEL ENSAYO:	2021-05-15	FECHA DEL INFORME:	2021-05-21
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	GRANVA 30"				

DETERMINACIÓN DE LOS TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNALES EN LOS AGREGADOS GRUESOS.									
TAMANO DE LAS PARTÍCULAS ENTRE LOS TAMESES DE			TAMANO DE REFERENCIA PARA LA GRASA	M. Masa de la muestra de ensayo.	M. Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado para remover el material.	P. Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas deleznales.	Coeficiente de cada fracción de la muestra original.	Terrones de arcilla y partículas deleznales de cada fracción.	
TAMANO PASA.	TAMANO RETENIDO.	ABERTURA EN mm.							
Mayor a 1.18"	1.18"	Mayor a 30.0	4.75 mm (No. 4)	0	0	0	0	0.0	
1.18"	3/8"	37.5 - 30.0	4.75 mm (No. 4)	3105.2	3105.2	0	42.9	0.0	
3/8"	3/8"	42.5 - 37.5	4.75 mm (No. 4)	2345.8	2345.8	0	32.3	0.0	
3/8"	No. 4	42.5 - 4.75	2.36 mm (No. 6)	1074.1	1074.1	0	0.4	0.0	
SUMATORIA AGREGADOS GRUESOS.									
PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNALES EN LOS AGREGADOS GRUESOS.									

DETERMINACIÓN DE LOS TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNALES EN LOS AGREGADOS FINOS.									
TAMANO DE LAS PARTÍCULAS ENTRE LOS TAMESES DE			TAMANO DE REFERENCIA PARA LA GRASA	M. Masa de la muestra de ensayo.	M. Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado para remover el material.	P. Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas deleznales.	Coeficiente de cada fracción de la muestra original.	Terrones de arcilla y partículas deleznales de cada fracción.	
TAMANO PASA.	TAMANO RETENIDO.	ABERTURA EN mm.							
No. 4	No. 16	4.75 - 1.18	850 µm (No. 20)	46.3	46.3	0	1.4	0.0	
SUMATORIA AGREGADOS FINOS.									
PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNALES EN LOS AGREGADOS FINOS.									

PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNALES EN LOS AGREGADOS	=	$\frac{\text{SUMATORIA TERRONES DE ARCILLA EN AGREGADOS GRUESOS} + \text{SUMATORIA TERRONES DE ARCILLA EN AGREGADOS FINOS}}{\text{SUMATORIA DE LA GRADACION DE LOS AGREGADOS GRUESOS} + \text{SUMATORIA DE LA GRADACION DE LOS AGREGADOS FINOS}}$	=	$\frac{0.0}{1.4}$	= 0
---	---	---	---	-------------------	-----




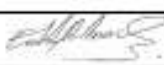
OBSERVACIONES:	
NINGUNA.	

ELABORÓ		APROBÓ	
NOMBRE:	PAULA AMAYA	NOMBRE:	EDDY ROMO
CARGO:	DICTADORA	CARGO:	JEFE DE LABORATORIO II




* LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.
 * ESTE INFORME NO DEBE SER REPRODUCIDO PARCIAL O TOTALMENTE SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.
 * EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO BRINDA OPINIONES NI RECOMENDACIONES EN SUS INFORMES.
 * LA TOMA DE LA MUESTRA Y LOS DATOS CORRESPONDIENTES A LA DESCRIPCIÓN LOCALIZACIÓN, FUENTE Y TIPO DE TOMA DE LA MUESTRA, FUERON SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE, POR LO CUAL EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANTIPOSIOS RESULTADOS.
 * EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. HA ESTABLECIDO EL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE PARA ESTE ENSAYO EN CUANTO SE ENCUENTRA DISPONIBLE A SELECCIÓN DEL CLIENTE.

Teléfono: 7788877 - Email: lab@pavcol.com
THE E.C. INFORME

Anexo 7 relación de vacíos de los agregados


 PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.	 ONAC BO/EC 1295.2017 TP-AB-008	 IAG-MRA	INFORME DE ENSAYO DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO Y COMPACTO. NORMA INV E - 217-2013	F- LAR - 028 Versión: 04 2013.03.04 Hoja 1 de 1																																					
PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. - PLANTA BARRIO DE LA VÍA NUEVA - BOGOTÁ																																									
CLIENTE:	PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.	INFORME:	LAB 08 PLN 07-01	MUESTRA N.º:	7013																																				
LOCALIZACIÓN/DIR:	BOGOTÁ	FECHA DE TOMA:	2021-05-13																																						
FUENTE O CÁMERA:	CANTERA HOLCRO	FECHA DE RECEPCIÓN:	2021-05-13																																						
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	GRASA 30"	FECHA DE ENSAYO:	2021-05-02																																						
		FECHA DEL INFORME:	2021-05-13																																						
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:50%;">MÉTODO UTILIZADO.</th> <th style="width:50%;">NUMERAL 8; NUMERAL 10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">PESO UNITARIO SUELTO.</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">M: Masa del agregado neto al recipiente de medida, promedio kg</td> <td style="text-align: center;">27.74</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">T: Masa del recipiente de medida, kg</td> <td style="text-align: center;">9.58</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">V: Volumen del recipiente de medida, m³</td> <td style="text-align: center;">0.01483</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Masa neta de la muestra, promedio (Kg)</td> <td style="text-align: center;">18.16</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) SUELTO PROMEDIO, kg/m³</td> <td style="text-align: center;">1220</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">PESO UNITARIO COMPACTO.</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">M: Masa del agregado neto al recipiente de medida, promedio kg</td> <td style="text-align: center;">28.34</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">T: Masa del recipiente de medida, kg</td> <td style="text-align: center;">9.58</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">V: Volumen del recipiente de medida, m³</td> <td style="text-align: center;">0.014830</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Masa neta de la muestra, promedio (Kg)</td> <td style="text-align: center;">18.76</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) COMPACTO PROMEDIO, kg/m³</td> <td style="text-align: center;">1330</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">VACÍOS EN LOS AGREGADOS.</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">M: Gravedad específica bulk (material seco) (determinada según las normas INV E-222, (agregados finos) o INV E-223 (agregados gruesos))</td> <td style="text-align: center;">2.686</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">pw: Densidad del agua, kg/m³</td> <td style="text-align: center;">998</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL AGREGADO SUELTO.</td> <td style="text-align: center;">52.6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL AGREGADO COMPACTADO POR AFONADO.</td> <td style="text-align: center;">48.4</td> </tr> </tbody> </table>						MÉTODO UTILIZADO.	NUMERAL 8; NUMERAL 10	PESO UNITARIO SUELTO.		M: Masa del agregado neto al recipiente de medida, promedio kg	27.74	T: Masa del recipiente de medida, kg	9.58	V: Volumen del recipiente de medida, m ³	0.01483	Masa neta de la muestra, promedio (Kg)	18.16	DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) SUELTO PROMEDIO, kg/m³	1220	PESO UNITARIO COMPACTO.		M: Masa del agregado neto al recipiente de medida, promedio kg	28.34	T: Masa del recipiente de medida, kg	9.58	V: Volumen del recipiente de medida, m ³	0.014830	Masa neta de la muestra, promedio (Kg)	18.76	DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) COMPACTO PROMEDIO, kg/m³	1330	VACÍOS EN LOS AGREGADOS.		M: Gravedad específica bulk (material seco) (determinada según las normas INV E-222, (agregados finos) o INV E-223 (agregados gruesos))	2.686	pw: Densidad del agua, kg/m ³	998	PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL AGREGADO SUELTO.	52.6	PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL AGREGADO COMPACTADO POR AFONADO.	48.4
MÉTODO UTILIZADO.	NUMERAL 8; NUMERAL 10																																								
PESO UNITARIO SUELTO.																																									
M: Masa del agregado neto al recipiente de medida, promedio kg	27.74																																								
T: Masa del recipiente de medida, kg	9.58																																								
V: Volumen del recipiente de medida, m ³	0.01483																																								
Masa neta de la muestra, promedio (Kg)	18.16																																								
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) SUELTO PROMEDIO, kg/m³	1220																																								
PESO UNITARIO COMPACTO.																																									
M: Masa del agregado neto al recipiente de medida, promedio kg	28.34																																								
T: Masa del recipiente de medida, kg	9.58																																								
V: Volumen del recipiente de medida, m ³	0.014830																																								
Masa neta de la muestra, promedio (Kg)	18.76																																								
DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) COMPACTO PROMEDIO, kg/m³	1330																																								
VACÍOS EN LOS AGREGADOS.																																									
M: Gravedad específica bulk (material seco) (determinada según las normas INV E-222, (agregados finos) o INV E-223 (agregados gruesos))	2.686																																								
pw: Densidad del agua, kg/m ³	998																																								
PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL AGREGADO SUELTO.	52.6																																								
PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL AGREGADO COMPACTADO POR AFONADO.	48.4																																								
OBSERVACIONES: NINGUNA																																									
ELABORÓ			APROBÓ																																						
NOMBRE:	PAULA AMAYA		NOMBRE:	EDDY RUBIO																																					
CARGO:	DISEÑADORA		FIRMA:																																						
CARGO:	DISEÑADORA		CARGO:	JEFE DE LABORATORIO B																																					
* LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENTREGADAS EN EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. * ESTE INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIAL O TOTALMENTE SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. * EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO RESPONSABILIZA NI INTERPRETACIONES EN SUS INFORMES. * LA TOMA DE LA MUESTRA Y LOS DATOS CORRESPONDIENTES A LA DESCRIPCIÓN, LOCALIZACIÓN, FUENTE Y FORMA DE TOMA DE LA MUESTRA, DEBE SER ADMINISTRADA POR EL CLIENTE, POR LO CUAL EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO SERÁ RESPONSABLE DE LOS RESULTADOS. * EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. HA ESTABLECIDO EL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE PARA ESTE ENSAYO EL CUAL SE ENCUENTRA DISPONIBLE A SOLICITO DEL CLIENTE.																																									
Teléfono: 7100001 Email: laboratorio@pavcol.com																																									
PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.																																									

Anexo 8 Análisis Granulométrico de los agregados gruesos y finos

 PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.	 ONAC Acreditado ISO/IEC 17025:2017 17-LAB-008	 INC-MRA	INFORME DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS y DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µm (No. 200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS NORMA INV E – 213:2013 / 214:2013	P-LAB-020 Versión: 06 2020-10-19 Hoja 1 de 1	
PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. - PLANTA SABOTE - KM 1 VIA SABOTE - SILVANA					
CLIENTE:	PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.	PROYECTO:	LAB-06-020-1140-01	MUESTRA No.:	7010
LOCALIZACIÓN / OBRA:	CONTRATO 010388	FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:	2021.06.18		
PROYECTO O CAMBIO:	CONTRATO 14310M	FECHA DE RECEPCIÓN:	2021.06.18		
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	GRANUL. 01"	FECHA DE ENSAYO:	2021.06.18		
		FECHA DEL INFORME:	2021.06.21		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DE TAMIZADO.						
B. Masa original de la muestra seca, g			B' (B) 7		C. Masa de la muestra seca después de lavado, g	
Tamiz	Masa retenida en tamiz, g	Porcentaje total de material retenido en cada tamiz.	Porcentaje de material retenido acumulado.		ESPECIFICACIÓN	
mm	g				% PASA 80µ	% PASA 75µ
19"	23.87	0.0	0.0	0.0	100	-
38"	22.22	2682.1	82.8	82.8	88	-
75"	12.30	1904.6	35.1	71.3	28	-
150"	0.00	1004.0	25.9	97.7	2	-
No. 6	4.70	73.8	1.2	98.9	1	-
No. 30	2.00	0.0	0.0	98.9	1	-
No. 43	0.42	0.0	0.0	98.9	1	-
No. 200	0.08	0.0	0.0	98.9	1.1	-
TOTAL	27.4	1.1	100.0			

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA GRANULOMETRÍA.



GRANULOS	GRANULOS GRUESOS	GRANULOS FINOS	ARENAS GRUESAS	ARENAS FINAS	ARENAS MUY FINAS	ARENAS MUY FINAS	FINES
80µ a 75µm	75µm a 4.75mm	4.75mm a 0.075mm	4.75mm a 2.50mm	2.50mm a 0.075mm	0.075mm a 0.075mm	Menor a 0.075mm	1.5
	80µ	80µ					1.0
D ₁₅	15.00 mm					Límite Líquido (LL)	
D ₃₀	15.00 mm					Límite Plástico (PL)	
D ₄₅	15.00 mm					Índice de Plasticidad (IP)	
Coeficiente de uniformidad (C _u) = Masa (D ₆₀) / (D ₃₀) ²							1.03
Coeficiente de curvatura (C _c) = Masa (D ₃₀) / (D ₁₅ * D ₆₀)							0.86
CLASIFICACIÓN DE BLENDS Y ARENAS DE BLENDS Y ARENAS CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS (SISTEMA SABOTE) NO E - 19 (1) - 0					A-14 Fragmentos de roca, grava y arena		
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE BLENDS PARA PROPOSITOS DE INGENIERIA NO E - 19 (1) - 0					GP - fino a med. grs.		

OBSERVACIONES:
NINGUNA.




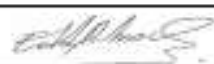
ELABORÓ		APROBÓ	
NOMBRE:	PALLA ARROYA	NOMBRE:	EDDY RUIZ
CARGO:	INGENIERO	CARGO:	JEFE DE LABORATORIO

1. LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENTREGADAS EN EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.
 2. ESTE INFORME NO TIENE VALOR LEGAL COMO DOCUMENTO DE AUTENTICIDAD DEL LABORATORIO PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.
 3. EL LABORATORIO PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO SE HACE RESPONSABLE DE LAS IMPRISIONES NI DE LAS FOTOCOPIAS.
 4. LA TOMA DE LA MUESTRA Y LAS SUJECIONES COMPORTADAS EN LA ELABORACIÓN, LOCALIZACIÓN, FUENTE Y FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA, FUERON DETERMINADAS POR EL CLIENTE, POR LO CUAL EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO SE HACE RESPONSABLE DE LOS INTERFERENCIAS.
 5. EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO ENTREGA EL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE PARA ESTE MÉTODO EL CUAL NO DEBERÍA SER COMPAREADO A NINGUNO DE LOS CLIENTES.



Teléfono: 7758811 Email: info@pavimentos.com

PÁG. 1 DE 1





Anexo 9 Resistencia a la degradación máquina de los ángeles

  		INFORME DE ENSAYO RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES NORMA INV E-219:2013		F - LAB - 30 Versión: 06 2021-01-02 Hoja 1 de 1																																					
PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. - (PLANTA SIBATE) KM 1 VIA SIBATE - SILVANIA																																									
CLIENTE:	PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.	INFORME:	LAB-SIB-DES-303-21	MUESTRA NÚMERO:	7013																																				
LOCALIZACIÓN/OBRA:	EDU 0348	FECHA DE TOMA:	2021-05-12	FECHA DE RECEPCIÓN:	2021-05-13																																				
FUENTE O CANTERA:	CANTERA HOLCOM	FECHA DEL ENSAYO:	2021-05-02	FECHA DEL INFORME:	2021-05-15																																				
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	GRAVA 3/4"																																								
<table border="1"> <tr> <td>TIPO DE MATERIAL</td> <td>GRAVA 3/4"</td> </tr> <tr> <td>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</td> <td>3/4"</td> </tr> <tr> <td>GRADACIÓN USADA</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>NÚMERO DE ESPERAS</td> <td>11</td> </tr> </table>						TIPO DE MATERIAL	GRAVA 3/4"	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4"	GRADACIÓN USADA	B	NÚMERO DE ESPERAS	11																												
TIPO DE MATERIAL	GRAVA 3/4"																																								
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4"																																								
GRADACIÓN USADA	B																																								
NÚMERO DE ESPERAS	11																																								
<table border="1"> <tr> <td>CONDICIÓN DEL ENSAYO</td> <td>seco</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ENSAYO:</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P1= MASA DE LA MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO.</td> <td>g</td> <td>5001</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P100 = MASA DE LA MUESTRA SECA DESPUES DE 100 REVOLUCIONES Y PASADA SOBRE TAMIZ DE 1.70 mm (No. 12).</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P2= MASA DE LA MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO, PREVIO LAVADO SOBRE TAMIZ DE 1.70 mm (No. 12).</td> <td>g</td> <td>3696</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P1-P2 = PÉRDIDA POR ABRASIÓN E IMPACTO.</td> <td>g</td> <td>1305</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PERDIDA DESPUES DE 100 REVOLUCIONES.</td> <td>%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DESGASTE DESPUES DE 500 REVOLUCIONES. DESGASTE =((P1-P2)/P1) *100</td> <td>%</td> <td>26.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Relación entre la pérdida después de 100 revoluciones y la pérdida después de 500 revoluciones.</td> <td>N.A.</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>						CONDICIÓN DEL ENSAYO	seco			ENSAYO:	1			P1= MASA DE LA MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO.	g	5001		P100 = MASA DE LA MUESTRA SECA DESPUES DE 100 REVOLUCIONES Y PASADA SOBRE TAMIZ DE 1.70 mm (No. 12).	g			P2= MASA DE LA MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO, PREVIO LAVADO SOBRE TAMIZ DE 1.70 mm (No. 12).	g	3696		P1-P2 = PÉRDIDA POR ABRASIÓN E IMPACTO.	g	1305		PERDIDA DESPUES DE 100 REVOLUCIONES.	%			DESGASTE DESPUES DE 500 REVOLUCIONES. DESGASTE =((P1-P2)/P1) *100	%	26.0		Relación entre la pérdida después de 100 revoluciones y la pérdida después de 500 revoluciones.	N.A.	-	-
CONDICIÓN DEL ENSAYO	seco																																								
ENSAYO:	1																																								
P1= MASA DE LA MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO.	g	5001																																							
P100 = MASA DE LA MUESTRA SECA DESPUES DE 100 REVOLUCIONES Y PASADA SOBRE TAMIZ DE 1.70 mm (No. 12).	g																																								
P2= MASA DE LA MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO, PREVIO LAVADO SOBRE TAMIZ DE 1.70 mm (No. 12).	g	3696																																							
P1-P2 = PÉRDIDA POR ABRASIÓN E IMPACTO.	g	1305																																							
PERDIDA DESPUES DE 100 REVOLUCIONES.	%																																								
DESGASTE DESPUES DE 500 REVOLUCIONES. DESGASTE =((P1-P2)/P1) *100	%	26.0																																							
Relación entre la pérdida después de 100 revoluciones y la pérdida después de 500 revoluciones.	N.A.	-	-																																						
OBSERVACIONES:																																									
NINGUNA.																																									
ELABORÓ			APROBÓ																																						
NOMBRE:	PAUSA ABBAYA		NOMBRE:	EDDY RUIRO																																					
CARGO:	DIGITADORA		FIRMA:																																						
CARGO:	DIGITADORA		CARGO:	JEFE DE LABORATORIO																																					
<p>• LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENTREGADAS EN EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.</p> <p>• ESTE INFORME NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIAL O TOTALMENTE SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.</p> <p>• EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO BRINDA OPINIONES NI INTERPRETACIONES EN SUS INFORMES.</p> <p>• LA TOMA DE LA MUESTRA Y LOS DATOS CORRESPONDIENTES A LA DESCRIPCIÓN, LOCALIZACIÓN, FUENTE Y FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA, FUERON SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE, POR LO CUAL EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANTIQUEJOS (TÍTULOS).</p> <p>• EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. HA ESTIMADO EL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE PARA ESTE ENSAYO EL CUAL SE ENCUENTRA DISPONIBLE A SOLICITUD DEL CLIENTE.</p>																																									
Teléfono: 719 2661 - Email: labor@pavcol.com																																									
FIN DEL INFORME																																									

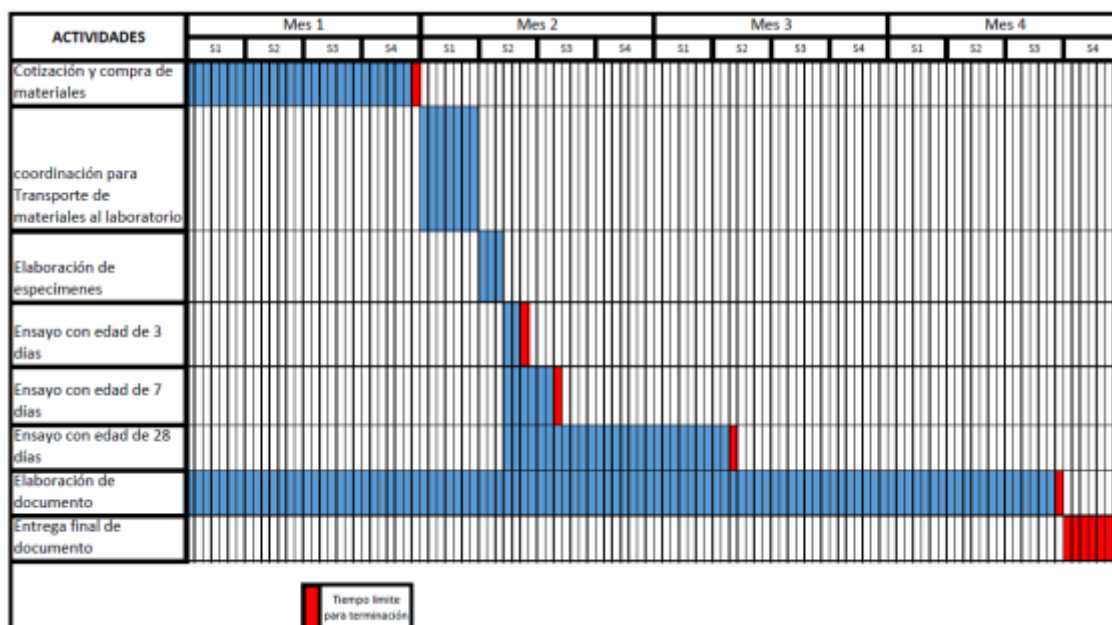
Anexo 10 Cantidad de partículas livianas en un agregado pétreo

 <p>PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. BOYACÁ 17025-2017 19.049.000</p>	<p>INFORME DE ENSAYO</p> <p>CANTIDAD DE PARTÍCULAS LIVIANAS EN UN AGREGADO PÉTREO</p> <p>NORMA INV E – 221:2013</p>	<p>F - LAB - 38 Versión:04 2020-12-23</p> <p>Página 1 de 1</p>																	
<p>PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. – (PLANTA SBATE) RM Y VIA SBATE – SILVANA</p>																			
<p>CLIENTE: PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. INFORME: LAB-SB-PL-01-01 MUESTRA No.: 7913</p> <p>LOCALIZACIÓN/DIRA: CONTRATO EDU-0388 FECHA DE TOMA: 2021-05-10</p> <p>FUENTE O CANTERA: CANTERA HOLCIBI FECHA DE RECEPCIÓN: 2021-05-13</p> <p>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: GRAVA 30# FECHA DEL ENSAYO: 2021-05-20</p> <p>FECHA DEL INFORME: 2021-05-27</p>																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">TIPO DE LIQUIDO PESADO UTILIZADO PARA EL ENSAYO</p> <p style="text-align: center;">CLORURO DE ZINC</p> </td> <td style="width:50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">GRAVEDAD ESPECIFICA DEL LIQUIDO PESADO PARA EL ENSAYO</p> <p style="text-align: center;">2.00</p> </td> </tr> </table>		<p style="text-align: center; font-size: x-small;">TIPO DE LIQUIDO PESADO UTILIZADO PARA EL ENSAYO</p> <p style="text-align: center;">CLORURO DE ZINC</p>	<p style="text-align: center; font-size: x-small;">GRAVEDAD ESPECIFICA DEL LIQUIDO PESADO PARA EL ENSAYO</p> <p style="text-align: center;">2.00</p>																
<p style="text-align: center; font-size: x-small;">TIPO DE LIQUIDO PESADO UTILIZADO PARA EL ENSAYO</p> <p style="text-align: center;">CLORURO DE ZINC</p>	<p style="text-align: center; font-size: x-small;">GRAVEDAD ESPECIFICA DEL LIQUIDO PESADO PARA EL ENSAYO</p> <p style="text-align: center;">2.00</p>																		
<p>AGREGADO GROSERO</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%; font-size: x-small;">Tamaño máximo nominal del agregado, en mm.</td> <td style="width:5%; text-align: center;">19</td> <td style="width:20%; font-size: x-small;">Abertura del tamiz en mm</td> <td style="width:25%; text-align: center;">75.00</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Masa seca de las partículas retenidas en el colador (g)</td> <td style="text-align: center;">M1</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Masa seca de la porción de la muestra retenida en el tamiz de 4,75 mm. (No. #1) (g)</td> <td style="text-align: center;">M2</td> <td></td> <td style="text-align: center;">600</td> </tr> <tr> <td style="font-weight: bold;">Porcentaje por masa de partículas livianas.</td> <td style="text-align: center;">L</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.0%</td> </tr> </table>				Tamaño máximo nominal del agregado, en mm.	19	Abertura del tamiz en mm	75.00	Masa seca de las partículas retenidas en el colador (g)	M1		0	Masa seca de la porción de la muestra retenida en el tamiz de 4,75 mm. (No. #1) (g)	M2		600	Porcentaje por masa de partículas livianas.	L		0.0%
Tamaño máximo nominal del agregado, en mm.	19	Abertura del tamiz en mm	75.00																
Masa seca de las partículas retenidas en el colador (g)	M1		0																
Masa seca de la porción de la muestra retenida en el tamiz de 4,75 mm. (No. #1) (g)	M2		600																
Porcentaje por masa de partículas livianas.	L		0.0%																
<p>AGREGADO FINO</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%; font-size: x-small;">Tamaño máximo nominal del agregado, en mm.</td> <td style="width:5%;"></td> <td style="width:20%; font-size: x-small;">Abertura del tamiz en mm</td> <td style="width:25%;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Masa seca de las partículas retenidas en el colador (g)</td> <td style="text-align: center;">M1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Masa seca de la porción de la muestra retenida en el tamiz de 300 mic. (No. #60) (g)</td> <td style="text-align: center;">M2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="font-weight: bold;">Porcentaje por masa de partículas livianas.</td> <td style="text-align: center;">L</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Tamaño máximo nominal del agregado, en mm.		Abertura del tamiz en mm		Masa seca de las partículas retenidas en el colador (g)	M1			Masa seca de la porción de la muestra retenida en el tamiz de 300 mic. (No. #60) (g)	M2			Porcentaje por masa de partículas livianas.	L		
Tamaño máximo nominal del agregado, en mm.		Abertura del tamiz en mm																	
Masa seca de las partículas retenidas en el colador (g)	M1																		
Masa seca de la porción de la muestra retenida en el tamiz de 300 mic. (No. #60) (g)	M2																		
Porcentaje por masa de partículas livianas.	L																		
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>NINGUNA.</p>																			
<p>ELABORO</p>		<p>APROBO</p>																	
NOMBRE:	PAULA AMAYA	NOMBRE:	EDDY RUBIO																
CARGO:	ENSAYADORA	FIRMA:																	
CARGO:	ENSAYADORA	CARGO:	JEFE DE LABORATORIO																
<p>* LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS QUE PASARON POR EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.</p> <p>* ESTE INFORME NO DEBEAL REPRODUCIRSE PARCIAL O TOTALMENTE SIN AUTORIZACION DEL LABORATORIO PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.</p> <p>* EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. SE RESERVA DERECHOS SI SIEMPRE DICE EN SUS INFORMES</p> <p>* LA TOMA DE LA MUESTRA Y LOS DATOS CORRESPONDIENTES A LA DESCRIPCIÓN, LOCALIZACIÓN, FUENTE Y FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA, FUERON SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE, POR LO CUAL EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO SE HACE RESPONSABLE DE LOS ATENDIDOS (EM).</p> <p>* EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO ENTREGA EL VALOR DE LA ACERTOSIDAD PARA ESTE ENSAYO EL CUAL SE INCREMENTA RESPONDIENDO A SOLICITUD DEL CLIENTE.</p>																			
<p>Teléfono: 7782887 - Email: laboratorio@pavcol.com</p> <p>791 COL. RP-0104</p>																			

Anexo 11 Densidad relativa de un agregado grueso

 PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. <small>BOYACÁ 17021 3017 19.146.938</small>	 <small>ORGANISMO NACIONAL DE CALIDAD</small>	 <small>INSTITUTO ACADÉMICO DE CALIDAD</small>	INFORME DE ENSAYO DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO NORMA INV E - 223-2015	F - LAB - 48 <small>Versión 04 2009-12-23</small>																																					
PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. - (PLANTA BOSTE) KM 1 VIA BOSTE - SILVANA																																									
CLIENTE:	PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S.	FORMA:	LABOR 830-45-21	BOLETA No.:	7672																																				
LOCALIZACIÓN:	BO-436			FECHA DE TOMA:	2021-05-12																																				
PUNTO O CANTERA:	CANTERA HOLCOM			FECHA DE RECEPCIÓN:	2021-05-13																																				
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	GRAN 3/4"			FECHA DEL ENSAYO:	2021-06-02																																				
				FECHA DEL INFORME:	2021-06-15																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">PARAMETRO MEDIDO</th> <th style="width: 15%;">UNIDAD DE MEDIDA</th> <th style="width: 25%;">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A : Masa al aire de la muestra seca al horno.</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td style="text-align: center;">3800.7</td> </tr> <tr> <td>B : Masa al aire de la muestra saturada y superficialmente seca.</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td style="text-align: center;">3072.8</td> </tr> <tr> <td>C : Masa aparente de la muestra saturada en agua.</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td style="text-align: center;">2257.3</td> </tr> <tr> <td>SR: Densidad relativa (Gravedad específica).</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">2.22</td> </tr> <tr> <td>SSS: Densidad relativa (Gravedad específica).</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">2.33</td> </tr> <tr> <td>Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente).</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">2.66</td> </tr> <tr> <td>SR: Densidad (Gravedad específica).</td> <td style="text-align: center;">kgm³</td> <td style="text-align: center;">2210</td> </tr> <tr> <td>SR: Densidad (Gravedad específica).</td> <td style="text-align: center;">kg/m³</td> <td style="text-align: center;">138.0</td> </tr> <tr> <td>SSS: Densidad (Gravedad específica).</td> <td style="text-align: center;">kgm³</td> <td style="text-align: center;">2310</td> </tr> <tr> <td>SSS: Densidad (Gravedad específica).</td> <td style="text-align: center;">kg/m³</td> <td style="text-align: center;">144.0</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">4.5</td> </tr> </tbody> </table>						PARAMETRO MEDIDO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	A : Masa al aire de la muestra seca al horno.	g	3800.7	B : Masa al aire de la muestra saturada y superficialmente seca.	g	3072.8	C : Masa aparente de la muestra saturada en agua.	g	2257.3	SR : Densidad relativa (Gravedad específica).	-	2.22	SSS : Densidad relativa (Gravedad específica).	-	2.33	Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente).	-	2.66	SR : Densidad (Gravedad específica).	kgm ³	2210	SR : Densidad (Gravedad específica).	kg/m ³	138.0	SSS : Densidad (Gravedad específica).	kgm ³	2310	SSS : Densidad (Gravedad específica).	kg/m ³	144.0	Absorción	%	4.5
PARAMETRO MEDIDO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS																																							
A : Masa al aire de la muestra seca al horno.	g	3800.7																																							
B : Masa al aire de la muestra saturada y superficialmente seca.	g	3072.8																																							
C : Masa aparente de la muestra saturada en agua.	g	2257.3																																							
SR : Densidad relativa (Gravedad específica).	-	2.22																																							
SSS : Densidad relativa (Gravedad específica).	-	2.33																																							
Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente).	-	2.66																																							
SR : Densidad (Gravedad específica).	kgm ³	2210																																							
SR : Densidad (Gravedad específica).	kg/m ³	138.0																																							
SSS : Densidad (Gravedad específica).	kgm ³	2310																																							
SSS : Densidad (Gravedad específica).	kg/m ³	144.0																																							
Absorción	%	4.5																																							
OBSERVACIONES:																																									
NINGUNA.																																									
ELABORÓ			APROBÓ																																						
NOMBRE:	PAULA ARAYA		NOMBRE:	EDDY RUBIO																																					
CARGO:	DESTADORA		FECHA:																																						
		CARGO:	JEFE DE LABORATORIO 2																																						
<small> * LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENTREGADAS EN EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. * ESTE INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIAL O TOTALMENTE SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. * EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO BRINDA OPINIONES NI INTERPRETACIONES EN SUS INFORMES. * LA TOMA DE LA MUESTRA Y LOS CARGOS CORRESPONDIENTES A LA DESCRIPCIÓN, LOCALIZACIÓN, PUNTO Y FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA, FUERON DEMONSTRADOS POR EL CLIENTE POR LO CUAL EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. NO SE HACE RESPONSABLE DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS. * EL LABORATORIO DE PAVIMENTOS COLOMBIA S.A.S. HA RESPONDIDO EL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE PARA ESTE ENSAYO EL CUAL SE ENCUENTRA SUPLENIDA A SOLICITUD DEL CLIENTE. </small>																																									
<small> Teléfono: 718887 - Email: laboratorio@pavcol.com PAV COL INFORME </small>																																									

Anexo 12 Cronograma de actividades



Anexo 13 Actividades y costos

Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
Materiales				
m ³	Agua.	0,242	3.003,65	726,8833
m ³	Arena cribada.	0,704	71.149,25	50.089,07
m ³	Agregado grueso homogeneizado, de tamaño máximo 19 mm.	0,704	50.493,02	35.547,09
kg	Sílice	1	20.000,00	20.000,00
kg	Cemento gris en sacos.	441	442,54	195.160,14
Subtotal materiales:				301.523,18
Equipo				
h	Concretera.	0,63	4.247,15	2.675,70
Subtotal equipo:				2.675,70
Mano de obra				
h	Oficial 1ª cementador de concreto armado.	0,394	21.855,41	8.611,03
h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,473	16.321,13	7.719,89
Subtotal mano de obra:				16.330,93
Transporte				
Km	Vehículo	1	43.850,00	43.850,00
Subtotal Transporte:				43.850,00
Herramienta menor				
%	Herramienta menor	1	20,000	20,000
Subtotal herramienta menor:				20,000
Total gastos			364.399,81	

Anexo 13 Cálculos para el diseño de la mezcla

Diseño de mezcla.

Para los diseños de mezcla que se trabajaran con la ceniza de la sílice tendremos una resistencia a la compresión básica sin el componente de sílice ($f'c = 281.228 \text{ Kg / Cm}^2$) a los 28 días. Se puede tomar un revenimiento de aire de 25mm a 75 mm, se utilizará un agregado de $\frac{3}{4} = 19 \text{ mm}$ no se manejarán datos estadísticos anteriores a estos.

Los materiales disponibles para usar en la mezcla son los siguientes:

Cemento:	ASTM tipo GU (uso general) con densidad relativa de 3.0.
Agregado grueso:	Bien graduado. Grava arredondeada con tamaño máximo nominal de 19 mm (ASTM C 33 o AASHTO M 80, NCh163, IRAM 1512, IRAM 1531, IRAM 1627, NMX-C-111, NTC 174, NTP 400.037, UNIT 82, UNIT 84) con densidad relativa seca en el horno de 2.68, absorción de 0.5% (contenido de humedad en la condición SSS) y densidad seca en el horno varillada (masa unitaria, peso volumétrico) de 1900 y 1600 kg/m ³ . La muestra de laboratorio para las mezclas de prueba tenía una humedad de 2%.
Agregado fino:	Arena natural (ASTM C 33 o AASHTO M 80, NCh163, IRAM 1512, IRAM 1531, IRAM 1627, NMX-C-111, NTC 174, NTP 400.037, UNIT 82, UNIT 84) densidad relativa seca en el horno de 2.64, absorción de 0.7%. La muestra de laboratorio para las mezclas de prueba tenía una humedad de 6%. El módulo de finura es 2.80.
Reductor de agua:	ASTM C 494 (AASHTO M 194). Este aditivo se conoce por reducir la demanda de agua en 10%, cuando se usa una dosis de 3 g (o 3 mL) por kg de cemento. Se asume que los aditivos químicos tienen una densidad similar al agua, lo que significa que 1 mL de aditivo tiene una masa de 1g.

Nota: en Base a esta información plasmada en la tabla se diseñará una mezcla de prueba que cumpla con los parámetros y requerimientos anteriormente mencionados Fuente: Autores.

Resistencia

La resistencia de diseño de ($f'c = 210.921 \text{ Kg/Cm}^2$ y otra de $f'c = 281.228 \text{ Kg/Cm}^2$) es menor y la segunda está en los parámetros evaluados en las normas de la ACI 318 para la muestra a condiciones rigurosas. No se logran evidenciar parámetros estadísticos anteriores para la primera resistencia se tomará 0.60 y 0.50 para la segunda resistencia en mención, $f'c$ (resistencia a compresión requerida para el proporcionamiento) de la Tabla 9-11 de la ACI 218 es igual a $f'c + 84 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$, por lo tanto, $f'cr = 210.921 + 84 = 294.921 \text{ kg/cm}^2$, Y $f'cr = 281.228 + 84 = 365.228 \text{ kg/cm}^2$.

Correlación Agua-Cemento

Para ambientes de congelación y/o deshielo, la correlación agua-cemento superior debe ser (0.45). La correlación agua-cemento sugerida para la resistencia de 365.228 kg/cm^2 es (0.50), a por medio de la Figura 9-2 de la ACI 218 o interpolada de la Tabla 9-3 de la ACI 218 ($[(400-365)(0.40-0.34)/(400-365)] + 0.34 = 0.40$).

Revenimiento (Asentamiento)

Es especificado entre un básico de 25 mm y 75 mm (como mucho). Se usa 75 mm y +/- 20mm para el proporcionamiento.

Requerimiento de Agua

Las figuras 35 y 37 encomiendan un concreto de al menos 75 mm de revenimiento, teniendo un compuesto u/o agregado de 19, correspondería poseer un total de agua de 175 kg / m^3 . más embargo, el compuesto de grava redondeada logra comprimir el total de agua contiguo de 25 kg / m^3 . Por lo que el total de agua se puede determinar en 150 kg / m^3 (175 kg / m^3 menos 25 kg / m^3). También, el reducirá en la solicitud de agua en al menos un 10%, trascendiendo en una solicitud de agua considerada de 135 kg / m^3 .

requerimiento de Cemento

El requerimiento de cemento se fundamentó en la relación agua-cemento superior y en el requerimiento de agua. Por lo que 135 kg / m^3 de agua dividido por la correlación agua-cemento de 0.40 expone un contenido de cemento de 337.5 kg / m^3 , que es mayor que 335 kg / m^3 , necesario para la resistencia a congelación (figura 37).

Requerimiento de Agregado Grueso

La cuantía del agregado (grueso) con una dimensión máxima nominal de 19 mm se determina a través de la Figura 33 o 34. El contenido o volumen de este compuesto (agregado grueso) sugerido cuando se utiliza una arena con módulo de finura de 2.80, es 0.62. debido a que compuesto (agregado) peso 1600 kg / m³, la masa seca en el hornillo del compuesto (agregado grueso) por metro cúbico de concreto es: 1600 x 0.62 = 992 kg

La cantidad del agua reducida son 3 g por kg de cemento, que concluye en:

3 x 337,5 = 1012,5 g o 1.0125 kg reducido del agua por (m³) de concreto.

requerimiento del compuesto Agregado Fino

Las cuantías de los compuestos, a excepción del agregado fino. El contenido de volumen absoluto de agua, cemento, aditivos y contenido grueso se deduce al fraccionar la masa conocida de cada uno multiplicándolo por su densidad referente y la consistencia del agua.

$$\begin{aligned} \text{Agua} &= \frac{135}{1 \times 1000} = 0.135 \text{ m}^3 \\ \text{Cemento} &= \frac{337,5}{3.0 \times 1000} = 0.1125 \text{ m}^3 \\ \text{Agregado grueso} &= \frac{992}{2.68 \times 1000} = 0.370 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen total de los ingredientes} &= 0.6175 \text{ m}^3 \\ \text{El volumen absoluto calculado del agregado fino es} \\ 1 - 0.6175 &= 0.3825 \text{ m}^3 \\ \text{La masa seca del agregado fino es:} \\ 0.3825 \times 2.64 \times 1000 &= 1009,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

La mezcla entonces tiene las siguientes proporciones, antes de la mezcla de prueba con un metro cúbico de concreto:

Agua	135 kg
Cemento	337,5 kg
Agregado grueso (seco)	1009,2 kg
<u>Agregado fino (seco)</u>	<u>799 kg</u>
Masa total	2280,7 kg
Reductor de agua	1.013 kg
	Revenimiento 75 mm
	(± 20 mm para la mezcla de prueba)
	Contenido de aire 8%

$$(\pm 0.5\% \text{ para la mezcla de prueba})$$

$$\text{Densidad estimada del concreto (usando agregado SSS)}$$

$$135 + 337,5 + (1009,2 \times 1.005) + (799 \times 1.007) = 2291,3 \frac{kg}{m^3}$$

Determinación de Humedad

La humedad es importante aplicarle medidas correctivas en los agregados, los cuales sujetan una cuantía conmensurable de humedad. Los agregados secos, se deben incrementar para ayudar la humedad que se impregna y que se obtiene en el área de cada partícula y de las partículas. El agua o liquido utilizado en la mezcla se adiciona, pero debe disminuir la totalidad de humedad libre de los componentes de agregados. Las pruebas muestran que, para este ejemplo, el comprendido de agua del compuesto (agregado grueso) es 2% y del (fino) es 6%. Con los comprendidos de agua convenientes, las simetrías de agregados de la mezcla de ensayo se tornan:

$$\text{Agregado grueso} \times (2\%) = 799 \times 1.02 = 1011,84 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} \times (6\%) = 1009 \times 1.06 = 1069,75 \text{ kg}$$

El agua absorbida por los agregados no se torna parte del agua de la mezcla y se la debe excluir del ajuste de agua. La humedad superficial contribuida por el agregado grueso es $2\% - 0.5\% = 1.5\%$. La humedad contribuida por el agregado fino es $6\% - 0.7\% = 5.3\%$.

El requisito estimado para el agua se vuelve:

$$135 - (1069,75 \times 0.015) - (799 \times 0.053) = 76,6 \text{ kg}$$

La masa de la mezcla estimada para un metro cúbico se revisa para incluir la humedad de los agregados:

Agua (a ser adicionada)	76,6 kg
Cemento	337,5 kg
Agregado grueso (2% de CH, húmedo)	1011,84 kg
Agregado fino (6% de CH, húmedo)	846,94 kg
Total	2274,05 kg
Reductor de agua	1.013 kg

Mezcla de Prueba

Para estas mezclas pretendemos compararlas con las mismas de obra, Para esto debería mezclarse una cuantía adecuada de concreto para las pruebas de (asentamiento), para el vaciado de 3 cilindros en la prueba de resistencia a compresión a los 28 días. Para este ensayo de laboratorio es transformada la depreciación del volumen para la elaboración de 0.1 m³ de concreto, como se evidencia a continuación:

Agua (a ser adicionada)	$76,6 \times 0,1 = 7,66 \text{ kg}$
Cemento	$337,5 \times 0,1 = 33,75 \text{ kg}$
Agregado grueso (2%, húmedo)	$1011,84 \times 0,1 = 101,184 \text{ kg}$
<u>Agregado fino (6%, húmedo)</u>	<u>$846,94 \times 0,1 = 84,70 \text{ kg}$</u>
Total	227,414 kg
Reductor de agua	$1013\text{g} \times 0,1 = 101,9 \text{ g}$

Mezcla 2

Para los diseños de mezcla que se trabajaran con la ceniza de la sílice tendremos una resistencia a la compresión básica sin el componente de sílice ($f'c = 210.921 \text{ Kg/Cm}^2$) a los 28 días. Se puede tomar un revenimiento de aire de 25mm a 75 mm, se utilizará un agregado de $\frac{3}{4} = 19 \text{ mm}$ no se manejarán datos estadísticos anteriores a estos.

Los materiales disponibles para usar en la mezcla son los siguientes:

Cemento:	ASTM tipo GU (uso general) con densidad relativa de 3.0.
Agregado grueso:	Bien graduado. Grava arredondeada con tamaño máximo nominal de 19 mm (ASTM C 33 o AASHTO M 80, NCh163, IRAM 1512, IRAM 1531, IRAM 1627, NMX-C-111, NTC 174, NTP 400.037, UNIT 82, UNIT 84) con densidad relativa seca en el horno de 2.68, absorción de 0.5% (contenido de humedad en la condición SSS) y densidad seca en el horno varillada (masa unitaria, peso volumétrico) de 1900 y 1600 kg/m ³ . La muestra de laboratorio para las mezclas de prueba tenía una humedad de 2%.
Agregado fino:	Arena natural (ASTM C 33 o AASHTO M 80, NCh163, IRAM 1512, IRAM 1531, IRAM 1627, NMX-C-111, NTC 174, NTP 400.037, UNIT 82, UNIT 84) densidad relativa seca en el horno de 2.64, absorción de 0.7%. La muestra de laboratorio para las mezclas de prueba tenía una humedad de 6%. El módulo de finura es 2.80.
Reductor de agua:	ASTM C 494 (AASHTO M 194). Este aditivo se conoce por reducir la demanda de agua en 10%, cuando se usa una dosis de 3 g (o 3 mL) por kg de cemento. Se asume que los aditivos químicos tienen una densidad similar al agua, lo que significa que 1 mL de aditivo tiene una masa de 1g.

Nota: A partir de esta información, la tarea es proporcionar una mezcla de prueba que cumplirá con las condiciones y especificaciones anteriormente citadas. Fuente: Autores.

Resistencia

La resistencia de diseño de ($f'c = 210.921 \text{ Kg/Cm}^2$) es menor y la segunda está en los parámetros evaluados en las normas de la ACI 318 para la muestra a condiciones rigurosas. No se logran evidenciar parámetros estadísticos anteriores para la primera resistencia se tomará 0.60 y 0.50 para la segunda resistencia en mención, $f'cr$ (resistencia a compresión requerida para el proporcionamiento) de la Tabla 9-11 de la ACI 218 es igual a $f'c + 84 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$, por lo tanto, $f1'cr = 210.921 + 84 = 294.921 \text{ kg/cm}^2$.

Correlación Agua-Cemento

Para ambientes de congelación y/o deshielo, la correlación agua-cemento superior debe ser (0.45). La correlación agua-cemento sugerida para la resistencia de 365.228

kg/cm² es (0.50), a por medio de la Figura 9-2 de la ACI 218 o interpolada de la Tabla 9-3 de la ACI 218 $((450-365)*(0,4-0,31)/(450-365))+0,34= 0,43$

Revenimiento (Asentamiento)

Es especificado entre un básico de 25 mm y 75 mm (como mucho). Se usa 75 mm y +/- 20mm para el proporcionamiento.

Requerimiento de Agua

Las figuras 35 y 37 encomiendan un concreto de al menos 75 mm de revenimiento, teniendo un compuesto u/o agregado de 19, correspondería poseer un total de agua de 197 kg / m³. más embargo, el compuesto de grava redondeada logra comprimir el total de agua contiguo de 25 kg / m³. Por lo que el total de agua se puede determinar en 172 kg / m³ (172 kg / m³ menos 25 kg / m³). También, el reducirá en la solicitud de agua en al menos un 10%, trascendiendo en una solicitud de agua considerada de 152,3 kg / m³.

Requerimiento de Cemento

El requerimiento de cemento se fundamentó en la relación agua-cemento superior y en el requerimiento de agua. Por lo que 152,3 kg / m³ de agua dividido por la correlación agua-cemento de 0.40 expone un contenido de cemento de 304,6 kg / m³, que es mayor que 335 kg / m³, necesario para la resistencia a congelación (figura 37).

Requerimiento de Agregado Grueso

La cuantía del agregado (grueso) con una dimensión máxima nominal de 19 mm se determina a través de la Figura 33 o 34. El contenido o volumen de este compuesto (agregado grueso) sugerido cuando se utiliza una arena con módulo de finura de 2.80, es 0.62. debido a que compuesto (agregado) peso 2400 kg / m³, la masa seca en el hornillo del compuesto (agregado grueso) por metro cúbico de concreto es: $2400 \times 0.62 = 1488$ kg

La cantidad del agua reducida son 3 g por kg de cemento, que concluye en:

$3 \times 304,6 = 913,8$ g o 0,914 kg de reductor de agua por metro cúbico de concreto.

Contenido de Agregado Fino

Las cuantías de los compuestos, a excepción del agregado fino. El contenido de volumen absoluto de agua, cemento, aditivos y contenido grueso se deduce al fraccionar la masa conocida de cada uno multiplicándolo por su densidad referente y la consistencia del agua.

$$\begin{aligned} \text{Agua} &= \frac{152,300}{1 \times 1000} = 0.152 \text{ m}^3 \\ \text{Cemento} &= \frac{304,6}{3.0 \times 1000} = 0.102 \text{ m}^3 \\ \text{Agregado grueso} &= \frac{1488}{2.68 \times 1000} = 0.555 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen total de los ingredientes} = 0.809 \text{ m}^3$$

El volumen absoluto calculado del agregado fino es

$$1 - 0.809 = 0.191 \text{ m}^3$$

La masa seca del agregado fino es:

$$0.191 \times 2.64 \times 1000 = 504,24 \text{ kg}$$

La mezcla entonces tiene las siguientes proporciones, antes de la mezcla de prueba con un metro cúbico de concreto:

Agua	152,300 kg
Cemento	304,600 kg
Agregado grueso (seco)	1488 kg
<u>Agregado fino (seco)</u>	<u>504,24 kg</u>
Masa total	2449,14 kg
Reductor de agua	0,914 kg

Revenimiento 75 mm

(± 20 mm para la mezcla de prueba)

Contenido de aire 8%

(± 0.5% para la mezcla de prueba)

Densidad estimada del concreto (usando agregado SSS)

$$153,300 + 304,600 + (1488 \times 1.005) + (504,24 \times 1.007) = 2461,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Determinación de Humedad

La humedad es importante aplicarle medidas correctivas en los agregados, los cuales sujetan una cuantía conmensurable de humedad. Los agregados secos, se deben incrementar para ayudar la humedad que se impregna y que se obtiene en el área de cada partícula y de las partículas. El agua o líquido utilizado en la mezcla se adiciona, pero debe disminuir la totalidad de humedad libre de los componentes de agregados. Las pruebas muestran que, para este ejemplo, el comprendido de agua del compuesto (agregado grueso)

es 2% y del (fino) es 6%. Con los comprendidos de agua convenientes, las simetrías de agregados de la mezcla de ensayo se tornan:

$$\text{Agregado grueso} \times (2\%) = 1488 \times 1.02 = 1517,76 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} \times (6\%) = 292,889 \times 1.06 = 310,46 \text{ kg}$$

El agua absorbida por los agregados no se torna parte del agua de la mezcla y se la debe excluir del ajuste de agua. La humedad superficial contribuida por el agregado grueso es $2\% - 0.5\% = 1.5\%$. La humedad contribuida por el agregado fino es $6\% - 0.7\% = 5.3\%$.

$$\text{El requisito estimado para el agua se vuelve:} \\ 152,300 - (1488 \times 0.015) - (292,889 \times 0.053) = 114,457 \text{ kg}$$

La masa de la mezcla estimada para un metro cúbico se revisa para incluir la humedad de los agregados:

Agua (a ser adicionada)	114,457 kg
Cemento	304,6 kg
Agregado grueso (2% de CH, húmedo)	1517,76 kg
<u>Agregado fino (6% de CH, húmedo)</u>	<u>310,46 kg</u>
Total	2247,279 kg
Reductor de agua	0,914 kg

10 Referencias Bibliográficas

Perez,C, N,(2016, NSPECCIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1907/2031>

- López, G. W. (2016, March). Infuriating by design. *Psychology Today*, 22(3), 52-56. Retrieved from https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1363/ICI_152.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kosmatka, Steven H.; Panarese, William C.; *Diseño y control de mezclas de concreto*, 1ª Edición, México, 1992, pp 1,2,5,6,8.
- Mehta, P. Kumar y Paulo JM Monteiro. 2014. "Aditivos". Cap. 8 en *Concreto: Microestructura, Propiedades y Materiales* . 4ª ed. Nueva York: McGraw-Hill Education. <https://ezproxy.uan.edu.co:2107/content/book/9780071797870/chapter/chapter8>
- Merrit, Frederick S.; *Manual del ingeniero civil*, tomo II, 3ª. Edición. Edit. McGraw-Hill. 1992, pag. 8-1
- Bhatty, J. (2004). "Innovations in portland cement manufacturing".
- Fanella, David A. 2016. "Materiales". Cap. 2 en *Estructuras de Hormigón Armado: Análisis y Diseño* . 2ª ed. Nueva York: McGraw-Hill Education. <https://ezproxy.uan.edu.co:2107/content/book/9780071847841/chapter/chapter2>
- Rodriguez, ahumada,(2016, USO DEL SiO2 OBTENIDO DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN LA SÍNTESIS DE SILICATOS DE CALCIO https://www.acefyn.com/revista/Vol_30/117/581%20a%20594.pdf)
- Allauca, Amen, Lung (2016, Uso de Sílice en hormigones de alto desempeño <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7684/1/Usode%20de%20s%20C3%A2%20lice%20en%20hormigones%20de%20alto%20desempe%20C3%B1o.pdf>)
- Kosmatka, Kerkhoff, Tanesi, (*Diseño y control de mezclas de concreto* <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7684/1/Usode%20de%20s%20C3%A2%20lice%20en%20hormigones%20de%20alto%20desempe%20C3%B1o.pdf>)
- Mehta, Monteiro (2014 *Concreto Estructura Propiedades y Materiales* https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64487273/CONCRETO_ESTRUCTURA_PROPIEDADES_Y_MATERIALES%20PDF%20PORTLAND.pdf?1600721093=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConcreto_Estructura_propiedades_y_materi.pdf&Expires=1648674792&Signature=g7QdzGJpQUEqyMdreFXOR-RGIU85rDAHdJdHSP-

9TtCyL2CagkDX8Ap1TDIhQZLg35pAkTeV9Kk2~0-0Sm0RmpS-qzTqcF921u-TSd9kWC2XBP79fL5OGYsaAoqkTiBme6pLi9Zeqc03ZgU-zgSsSrZrklMfk18825Km7Wy3bG5aP8pY3i2GyKulMtWgNTXHxjFK-2fazHqLlsqtZ-7dVkJGdt7gFHIFJiXpaPZCgCwW5CitITLLxxa71rdHVJU5psuL0BJCr3GQsRCjnLYAI~fvHMd7rJwphv88lmYgJ7jAMh8Vw3rEj~2Wn~WxGGrQLiGZ8WSM1YaYRTYw0ZG9W9g__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

Mendeley Reference Manager. (n.d.). Retrieved March 26, 2022, from <https://www.mendeley.com/reference-manager/library/all-references/>

P. Kumar Mehta, Ph. D., & Paulo J. M. Monteiro, Ph. D. (2014). *Admixtures. In Concrete: Microstructure, Properties, and Materials, Fourth Edition.* McGraw-Hill Education. <https://ezproxy.uan.edu.co:2107/content/book/9780071797870/chapter/chapter8>

S., R. R., S, K. A., & M., P. (2002). *International Conference on Concrete in Marine Environment, Hanoi, Vietnam.*

R., H. S., C., C., & P., L. (1991). McGraw Hill Interamericana de México.

G., F., N., M., A, O. M., & H., B. (2016). *Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Decanato de Ingeniería Civil,.*

COVENIN, C. V. de N. I. (1994). *Fondonorma.*

C642-97, A. (1997). *ASTM International, West Conshohocken, PA.*

(A.S.T.M.), A. S. of T. M. (2007). *American Society of Testing Materials (A.S.T.M.).*

ESTUDIO FÍSICO MECÁNICO DE CONCRETOS SUSTITUIDOS CON POLVO DE SÍLICE EXPUESTOS EN AMBIENTE AGRESIVO SIMULADO. (n.d.). Retrieved March 26, 2022, from <https://www.redalyc.org/journal/5703/570360789005/html/>

O., T. (1997). DURAR. Red Temática XV.B., CYTED ISBN 980-296-541-3. Subprograma XV, Corrosión: Impacto Ambiental sobre Materiales.

Institution, B. S. (1983). BS 1881. Pat 122.

A., N., U., A. M., A., S., & S., M. F. (1999). Research & Development Center, Saline Water Conversion Corporation.

Fondonorma. (2012). Fondonorma.

Institute, A. C. (2012). American Concrete Institute.

Beneficios de microsílíce en concreto - Humo de sílice para la venta, microsílíce proveedor en China. (n.d.). Retrieved March 26, 2022, from <http://es.silicafumesupplier.com/beneficios-microsilice-concreto.html>

Humo de sílice | CEDEX. (n.d.). Retrieved March 26, 2022, from <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/29/humo-de-silice/>

Iftikhar, B., Alih, S. C., Vafaei, M., Elkotb, M. A., Shutaywi, M., Javed, M. F., Deebani, W., Khan, M. I., & Aslam, F. (2022). Predictive modeling of compressive strength of sustainable rice husk ash concrete: Ensemble learner optimization and comparison. *Journal of Cleaner Production*, 348, 131285. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131285>

Memiş, S., & Bilal, M. A. M. (2022). Taguchi optimization of geopolymer concrete produced with rice husk ash and ceramic dust. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(11), 15876–15895. <https://doi.org/10.1007/S11356-021-16869-W/FIGURES/11>

Mukharjee, B. B., Rakesh, ., & Patra, K. (2022). Effect of Coarse Recycled Aggregate and Rice Husk Ash on Concrete: A Factorial Design Approach. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering* 2022, 1–17. <https://doi.org/10.1007/S40996-022-00856-3>

Chakraborty, S., & Thakur, N. (2021). Strength assessment of concrete using rice husk ash, recycled concrete aggregate and polyvinyl alcohol fiber. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 889(1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/889/1/012020>

Zareei, S. A., Ameri, F., Dorostkar, F., & Ahmadi, M. (2017). Rice husk ash as a partial replacement of cement in high strength concrete containing micro silica: Evaluating durability and mechanical properties. *Case Studies in Construction Materials*, 7, 73–81. <https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2017.05.001>

Najigivi, A., Khaloo, A., Irajizad, A., & Abdul Rashid, S. (2013). An Artificial Neural Networks Model for Predicting Permeability Properties of Nano Silica-Rice Husk Ash Ternary Blended Concrete. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 7(3), 225–238. <https://doi.org/10.1007/S40069-013-0038-Z/FIGURES/9>

Praveenkumar, T. R., Vijayalakshmi, M. M., & Manigandan, S. (2019). Thermal conductivity of concrete reinforced using TiO₂ nanoparticles and rice husk ash. <https://ezproxy.uan.edu.co:2072/10.1080/01430750.2019.1691649>, 43(1), 1127–1133. <https://doi.org/10.1080/01430750.2019.1691649>

Nduka, D. O., Olawuyi, B. J., Fagbenle, O. I., & Fonteboa, B. G. (2022). Assessment of the Durability Dynamics of High-Performance Concrete Blended with a Fibrous Rice Husk Ash. *Crystals* 2022, Vol. 12, Page 75, 12(1), 75. <https://doi.org/10.3390/CRYST12010075>

Lo, F. C., Lee, M. G., & Lo, S. L. (2021). Effect of coal ash and rice husk ash partial replacement in ordinary Portland cement on pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 286, 122947. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2021.122947>

This test method is currently under the jurisdiction of ASTM Committee D7 on Wood and is the direct responsibility of Subcommittee D07.01 on Fundamental Test Methods and Properties. Current edition approved April 27, 1984. Published June 1984. Originally published as D 1102 – 50. Last previous edition D 1102 – 56 (1978).

Abanto Castillo, Flavio. *Tecnología del Concreto*. Editorial San Marcos. Lima – Perú.

American Concrete Institute – Capitulo Peruano. *Tecnología del Concreto*. 1998.

ASOCEM. Boletines Técnicos. Lima – Perú.

Neville, A.M. y Brooks, J.J. *Tecnología del Concreto*. Editorial Trillas. México D.F. 1998.

Pasquel Carbajal, Enrique. *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*. Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Nacional. 1998.

Polanco Rodríguez, Abraham. *Manual de Prácticas de Laboratorio de Tecnología del Concreto*.

Universidad Autónoma de Chihuahua. México.

Reglamento Nacional de Construcciones. NTE E.060–Concreto Armado. 2004.

Rivva López, Enrique. *Diseño de Mezclas*. Lima – Perú. 1996.

Sandoval Ocaña, Guillermo. *Apuntes de Clase del Curso de Tecnología del Concreto*.

Universidad de Piura. Piura – Perú.