



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Empleo de la cascarilla de arroz como sustituto porcentual del agregado
fino en la elaboración de concreto de 210kg/cm²**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Mónica Isabel Burgos Rosado

ASESOR:

Ing. Máximo Alcibiades Vilca Cotrina

Tarapoto – Perú

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

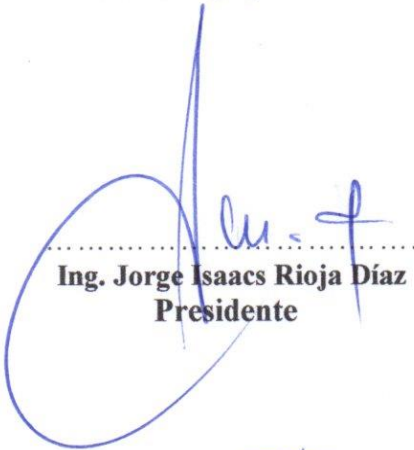



**Empleo de la cascarilla de arroz como sustituto porcentual del agregado
fino en la elaboración de concreto de 210kg/cm²**


AUTOR:

Mónica Isabel Burgos Rosado

Sustentado y aprobado el día 30 de diciembre del 2016, ante el honorable jurado


.....
Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz
Presidente


.....
Ing. Mg. Ramiro Vásquez Vásquez
Secretario
Res. N° 014-2019-UNSM/FICA-DLU


.....
Ing. Mg. Ramiro Vásquez Vásquez
Vocal
Res. N° 014-2019-UNSM/FICA-DLU


.....
Ing. Máximo Alcibiades Vilca Cotrina
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
Ciudad Universitaria-Distrito de Morales-Teléfono: 521402-Anexo 122
e.mail: fica@unsm.edu.pe



NUEVA LEY UNIVERSITARIA N°30220

Resolución N° 014-2019-UNSM/FICA-D-NLU

Morales, 30 de enero del 2019

Visto los Expedientes N°3810 y 7652-2018-UNSM/FICA, presentados por el Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, donde comunica la sanción de los docentes Ing. M.Sc. Rubén Del Águila Panduro y el Ing. M.Sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta, a la Oficina General de Administración de la UNSM-T.

CONSIDERANDO:

Que, la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, es una Institución Educativa Superior Descentralizada, autónoma, con personería de derecho público, orientado a la investigación y a la docencia, que brinda una formación humanista, científico y tecnológico con una clara conciencia de nuestro país como realidad multicultural. Adopta el concepto de educación con derecho fundamental y servicio público esencial. Está integrado por docentes y graduados.

Que, mediante Resolución N°1116-2018-UNSM-T/CU-R/NLU, de fecha 31 de diciembre del 2018, se designa al Ing. M.Sc. Ramiro Vásquez Vásquez como Decano (e) de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto quien iniciará sus funciones a partir del 01 de enero de 2019 hasta el 31 de diciembre de 2019;

Que, las Facultades gozan de autonomía académica, económica y administrativa para el desarrollo de sus actividades;

Que, con OFICIO N°315-2018-UNSM-FICA-D-NLU, de fecha 18 de abril de 2018, la FICA informa a la Dirección General de Administración que el Ing. M.Sc. Rubén Del Águila Panduro, ha sido sancionado por la Contraloría General de la República y con inhabilitación, para el ejercicio en la función pública.

Que, con OFICIO N°458-2018-UNSM-FICA-D-NLU, de fecha 31 de julio de 2018, la FICA informa a la Dirección General de Administración, con respecto a la inhabilitación del Ing. M.Sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta, que la Unidad de Recursos Humanos, deberá ejecutar la inhabilitación del mencionado docente.

Que, con Resolución N°825-2018-UNSM/CU-R/NLU, de fecha 25 de setiembre de 2018, cesan en sus funciones al Docente Ing. Wilton Celis Angulo, Adscrito al Departamento Académico de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, como docente Universitario de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto a partir del 30 de setiembre del 2018 y de conformidad de los considerandos antes mencionados.

Que, con Resolución N°090-2018-UNSM-FICA-CFT/NLU, de fecha 31 de diciembre de 2018, se aprueba el goce de licencia de Año Sabático con fines de investigación o de preparación de publicaciones de carácter científico, para el Ing. M.Sc. Víctor Hugo Sánchez Mercado, a partir del 01 enero de 2019 hasta el 31 de diciembre de 2019.

Que, en uso de las atribuciones conferidas por la Resolución N°1116-2018-UNSM-T/CU-R/NLU, la Nueva Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Autorizar al Ing. Mg. RAMIRO VÁSQUEZ VÁSQUEZ, firmar los documentos como: Informes de Ingeniería y Tesis que estén vinculados con los Ing. M.Sc. RUBÉN DEL ÁGUILA PANDURO, Ing. M.Sc. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA, Ing. M.Sc. WILTON CELIS ANGULO, Arq. Mg. PABLO CIRO SIERRALTA TINEO y el Ing. M.Sc. VÍCTOR HUGO SÁNCHEZ MERCADO, a partir del 04 de febrero de 2019 hasta el 31 de diciembre de 2019.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



Ing. Mg. RAMIRO VÁSQUEZ VÁSQUEZ
Decano (e)



Ing. WÁN GUSTAVO REÁTEGUI ACEDO
Secretario Académico

Declaratoria de Autenticidad

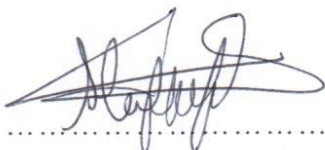
Mónica Isabel Burgos Rosado identificado con el DNI N° 43797481, egresada de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Empleo de la cascarilla de arroz como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración de concreto de 210 kg/cm².**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 30 de diciembre del 2016



Bach. Mónica Isabel Burgos Rosado

DNI N° 43797481

Declaración Jurada

Mónica Isabel Burgos Rosado identificado con el DNI N° 43797481 con domicilio legal Jr. Víctor Andrés Belaúnde N°456 - Tarapoto, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por la cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 30 de diciembre del 2016



Bach. Mónica Isabel Burgos Rosado

DNI N° 43797481

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Burgos Rosado Monica Isabel		
Código de alumno :	043043	Teléfono:	938575129
Correo electrónico :	burgosrosadom@gmail.com	DNI:	43797481

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería civil Y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Empleo de la los canilla de arroz como sustituto porcentual del agregado fino para la elaboración del Concreto de 210 kg/cm ² .
Año de publicación:	2016

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

02 / 08 / 2019



Firma del Responsable de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

*Acceso abierto: uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** Acceso restringido: el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Quiero dedicar esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado el milagro de la vida y permitirme realizar y cumplir mis metas, y ahora en esta nueva etapa profesional.

A mis padres; a quienes amo infinitamente; a ellos por su apoyo incondicional y fundamental en los momentos más importantes de mi vida, por sus sabios consejos y por todo ese amor que me pueden dar.

A mis hermanos, a quienes amo mucho y son parte fundamental de mi vida.

A mis hijos que son mi motor y motivo cada día de mi vida los quiero mucho.

De igual manera a todos mis familiares por sus buenos deseos y la motivación brindada.

A todos ellos dedico esta investigación.

Mónica Isabel

Agradecimiento

A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera profesional.

A mis padres por su amor, paciencia y apoyo incondicional en los momentos de dificultad, pese a las adversidades que se me presentaron durante el camino quienes me motivaron para alcanzar mis metas.

A mis hijos Maikel y Liam quienes son mi mayor inspiración para poder alcanzar mis objetivos.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, Por haber aportado a mi formación profesional, por sus consejos, sus enseñanzas y más que todo por su amistad.

Mónica Isabel

Índice

Dedicatoria	vi
Agradecimiento.....	viii
Resumen	xiv
Abstract	xv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1. Antecedentes del problema.....	5
1.2. Definición del problema.....	5
1.3. Formulación del problema.....	5
1.4. Justificación e importancia.....	5
1.5. Alcance y limitaciones.....	6
1.5.1. Alcance.....	6
1.5.2. Limitaciones.....	7
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.2. Definición de términos.....	8
2.3. Bases teóricas.....	24
2.4. Hipótesis.....	53
2.4.1. Hipótesis alterna.....	53
2.4.2. Hipótesis nula.....	53
2.5. Sistema de variables.....	53
2.6. Escala de medición.....	53
2.7. Objetivos.....	53
2.7.1. Objetivo General.....	53
2.7.2. Objetivos Específicos.....	53

CAPÍTULO III	MATERIALES Y MÉTODOS.....	54
3.	Materiales y métodos.....	54
3.1.	Universo y muestra.....	54
3.2.	Ámbito geográfico.....	54
3.3.	Diseño de la investigación.....	54
3.4.	Procedimientos y técnicas.....	54
3.4.1	Procedimientos.....	54
3.4.2	Técnicas.....	54
3.5.	Instrumentos.....	54
3.6.	Recurso de equipos.....	54
3.7.	Otros recursos.....	57
3.8.	Metodología.....	57
3.8.1.	Universo, muestra población.....	57
3.8.1.1.	Universo.....	57
3.8.1.2.	Población.....	57
3.8.1.3.	Muestra.....	57
3.8.2.	Diseño experimental de la investigación.....	57
3.8.3.	Diseño de instrumentos.....	58
3.8.3.1.	Descripción de ensayos de los agregados.....	58
3.8.3.2.	Metodología para el diseño de mezclas.....	80
3.8.3.2.1.	Secuencia de diseño (ACI 211).....	80
3.8.3.2.2.	Diseño y dosificación de mezclas de concreto.....	81
3.8.3.2.3.	Ensayos para mezclas de concreto.....	98
3.8.3.3.	Instrumentos bibliográficos.....	109
3.8.3.3.1.	De lo relacionado a normas de concreto.....	109
3.8.3.3.2.	De lo relacionado a las técnicas estadísticas.....	110
3.8.4.	Procedimiento de información.....	113

3.8.4.1. Ensayos preliminares.....	113
3.8.4.1.1. Características físicas del agregado fino.....	113
3.8.4.1.2. Características físicas del agregado grueso.....	113
3.8.4.1.3. Presencia de partículas chatas y alargadas.....	115
3.8.4.1.4. Presencia de partículas desmenuzables.....	115
3.8.4.1.5. Análisis químico.....	115
3.8.4.2. Diseño del concreto patrón.....	116
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....	119
4.1. Análisis.....	119
4.1.1. Generalidades.....	119
4.1.2. Ensayos preliminares.....	119
4.1.3. Diseños de mezcla.....	120
4.1.4. Propiedades del concreto en estado fresco.....	121
4.1.5. Propiedades del concreto en estado endurecido.....	121
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	123
5.1. Discursión de los resultados.....	123
5.1.1. Agregados.....	123
5.1.2. Ajustes en el diseño de mezclas.....	123
5.1.3. Diseño del concreto patrón.....	124
5.1.4. Consistencia.....	124
5.1.5. Peso unitario de concreto fresco.....	124
5.1.6. Resultados de la resistencia a la compresión.....	124
5.1.7. Análisis estadístico.....	124
5.1.8. Contrastación de hipótesis.....	124
RECOMENDACIONES	125
CONCLUSIONES	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127

ANEXOS.....	128
PANEL FOTOGRÁFICO.....	129
ESTUDIO DE CONCRETO.....	132

Índice de tablas

Tabla 1: Tipos de cemento.....	12
Tabla 2: Categorías de resistencia de los cementos.....	15
Tabla 3: Porcentajes típicos de intervención de los óxidos.....	17
Tabla 4: Valores típicos de retención de humedad de algunos materiales utilizados como sustratos para cultivos hidropónicos.....	20
Tabla 5: Resistencias de los cementos del tipo I, II, III, IV y V.....	28
Tabla 6: Especificaciones mecánicas y físicas del cemento.....	34
Tabla 7: Límites granulométricos especificados para el árido fino, de acuerdo a la norma (NOM-C-111-ONNCCE).....	37
Tabla 8: Límites de porcentajes de sustancias nocivas.....	38
Tabla 9: Clasificación de la arena por módulo de finura.....	39
Tabla 10: Rangos óptimos de las diferentes gradaciones que conforman el árido grueso, de acuerdo la norma NMX-CC-111.....	42
Tabla 11: Efectos ambientales de la explotación de un banco de materiales.....	52
Tabla 12: Cantidad mínima de muestra de ensayo para agregado grueso.....	63
Tabla 13: Capacidad de medida.....	67
Tabla 14: Requisitos para los recipientes de medida.....	68
Tabla 15: Densidad del agua.....	68
Tabla 16: Cantidad mínima de material para el ensayo.....	69
Tabla 17: Peso mínimo requerido de agregado fino.....	75
Tabla 18: Peso mínimo requerido de agregado grueso.....	76
Tabla 19: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.....	78
Tabla 20: Volumén unitario de agua.....	82
Tabla 21: Relación agua/cemento por resistencia.....	96
Tabla 22: Contenido de aire.....	97
Tabla 23: Requisitos dimensionales para las mediadas cilíndricas.....	105

Índice de figuras

Figura 1: Mapa político del Perú.....	6
Figura 2: Mapa del departamento de San Martín.....	7
Figura 3: Curva de distribución granulométrica óptima de agregado fino, de acuerdo a la Norma NOM-C-111.....	37
Figura 4: Curva de distribución granulométrica óptima del árido grueso, de acuerdo a la Norma NOM-C-111.....	42
Figura 5: Condición de humedad en los agregados.....	43

Resumen

El presente trabajo de tesis se a desarrollado en los ambientes del laboratorio de mecánica de suelos de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martin-Tarapoto, con fines de titulación como ingenieros civiles, empleando la cascarilla de arroz como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración de concreto de 210kg/cm².

La investigación para la elaboración de concreto de 210 Kg/ cm², se basa , empleando la cascarilla de arroz como sustituto porcentual del agregado fino para alcanzar una óptima calidad del concreto, pero también podemos apreciar que los cambios producidos durante los estudios de laboratorio exigen realizar algunos ajustes para lograr el objetivo planteado teniendo en consideración nuevas formas y métodos de desarrollo que ayudan a ir puliendo detalles para alcanzar el objetivo final.

El desarrollo de la presente tesis empleando la cascarilla de arroz como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración de concreto de 210kg/cm² se basó en la aplicación de las normas tecnicas y métodos específicos para la obtención de diseños de mezclas de concreto a donde se quiere llegar.

Finalmente se muestra los resultados del estudio en la que se analiza y evalúa los datos obtenidos en los ensayos de Laboratorio de mecánica de suelos, empleado la cascarilla de arroz como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración de concreto de 210kg/cm² para concluir con su respectivo informe final lo cual aportara al estudio e investigación de posteriores trabajos de Investigación de nuestra Universidad.

Palabras clave: Cascarilla de arroz, agregado fino, concreto, sustituto porcentual,muestra.

Abstract

The following work has been developed in the environments of the soil mechanics laboratory of the Civil Engineering professional school of the Faculty of Civil Engineering and Architecture of the National University of San Martín-Tarapoto, for the purpose of qualification as civil engineers, using the rice husk as a percentage substitute for the fine aggregate in the production of 210kg / cm² concrete.

The research for the production of concrete of 210 Kg / cm², 'is based, using the rice husk as a percentage substitute of the fine aggregate to achieve optimum concrete quality, but we can also appreciate that the changes produced during laboratory studies require make some adjustments to achieve the stated objective taking into account new forms and development methods that help to polish details to reach the final objective.

The development of this thesis using rice husk as a percentage substitute for fine aggregate in the production of 210kg / cm² concrete was based on the application of specific technical standards and methods to obtain concrete mix designs where wants to arrive

Finally, the results of the study in which the data obtained in the tests of the Soil Mechanics Laboratory are analyzed and evaluated, using the rice husk as a percentage substitute of the fine aggregate in the preparation of 210kg / cm² concrete to conclude with its respective final report which will contribute to the study and research of subsequent research work of our University.

Keywords: Rice husk, fine aggregate, concrete, percentage substitute, sample.



Introducción

La cáscara o cascarilla de arroz representa aproximadamente una quinta parte en peso del fruto recolectado, variando esta cantidad en función de las condiciones de cultivo y la variedad del arroz. Presenta un aspecto reticulado y sobre la parte superior del lema suele extenderse una especie de filamentos, dependiendo de la variedad.

Sus características físicas más significativas son las siguientes: peso específico 0,78 g/cm³ ; densidad aparente sin compactar 0,108 g/cm³ ; densidad aparente compactado 0,143 g/cm³ [3]. La composición orgánica de la cáscara de arroz es similar a la de la mayoría de las fibras orgánicas, conteniendo celulosa, hemicelulosa, lignina, compuestos nitrogenados, lípidos y ácidos orgánicos [1]. La celulosa y la hemicelulosa Dyna 175, 2012 129 constituyen la mayor parte de los hidratos de carbono presentes en la cáscara de arroz. La proporción de celulosa en la cáscara de arroz varía entre el 28% y el 49%, y la de hemicelulosa entre el 16% y el 22% [1]. Además de celulosa, podemos encontrar más polisacáridos en la cáscara de arroz: xylosa, arabinosa y galactosa [3]. La lignina da rigidez a la estructura de la cáscara y se concentra en sus paredes celulares.

Las principales propiedades físicas de estos materiales que los hacen interesantes desde el punto de vista constructivo son: baja densidad, aislamiento acústico, abundancia y precio reducido. Por el contrario, los principales inconvenientes que presenta el utilizar la cáscara de arroz como material de construcción son su porosidad, su higroscopia, y sus componentes orgánicos. Con objeto de reducir la materia orgánica presente en la cáscara de arroz, en especial los azúcares solubles en agua (retardadores del fraguado) se procedió a un pre-tratamiento consistente en un lavado y agitado con agua destilada. Se aplicaron también pre-tratamientos con ácido nítrico y con hidróxido sódico y posterior lavado con agua destilada a algunas muestras, a fin de que se pudiera hidrolizar la parte orgánica de la cáscara de arroz al contactar con el ácido o con la base; de ese modo, se eliminaría con el lavado, permitiendo que la interacción posterior entre la cáscara y el medio alcalino del cemento no aumente la concentración de azúcares en el medio acuoso e impida el fraguado del cemento.

Según Gatani et al. [14], el fraguado de mezclas de compuestos vegetales y cemento se retrasa con respecto a las mezclas de solo cemento, y esto ocurre probablemente debido a la presencia de algunos azúcares solubles en agua. La presencia de hemicelulosas tiene un efecto de retardo en el inicio de fraguado y pérdida de resistencia, debido a su solubilidad parcial en agua. Además, se reconoce el efecto retardador en el fraguado del cemento

portland por la presencia de lignina. Por ese motivo se han de desarrollar métodos para: a) reducir el movimiento de agua en sus poros; b) resolver cuestiones propias de la dosificación (relación agua/cemento, características del curado y del mezclado); c) conseguir la mineralización de la cáscara para asegurar su durabilidad [3]

El concreto se puede definir como un material compuesto que consiste en un medio de enlace dentro del cual se embeben partículas o fragmentos de agregado, para ello se utiliza un cemento hidráulico, agua, triturado y arena.

Las obras de ingeniería que se realizan en la mayoría de los países desarrollados o medianamente desarrollados, utilizan como material de construcción el concreto en sus diversas formas. Como consecuencia debido al volumen de materiales que se extraen, procesan, elaboran y consumen, el impacto ambiental que se genera es importante y si se considera la cantidad de material de desecho, producto de la demolición de obras fuera de servicio, el resultado es aún mayor.

Por su condición de estar constituido por materiales abundantes a lo largo del planeta, de fácil obtención, económico y de uso muy difundido y aceptado, es difícil pensar en alternativas viables, al menos en un futuro próximo, que modifiquen sensiblemente el consumo de cemento y agregados.

Es por eso que se debe enfrentar el desafío de reformular en lo posible todo el ciclo constructivo de manera que nos permita contribuir al objetivo generalizado de encaminar nuestra actividad con productos, diseños y procesos que aseguren la vía de la sustentabilidad. Es dentro de este contexto que aparece la Cascarilla de arroz (CDA), la cual es un subproducto no metálico obtenido de la fabricación de azúcar. Su composición química tiene propiedades similares a la del cemento Portland, lo cual la hace un material de desecho altamente interesante para su uso de la fabricación del concreto, el cual en esta investigación va hacer utilizada como agregado fino (arena).

La introducción de la CDA como un nuevo material de construcción no es trivial, especialmente cuando hay vidas humanas que dependen de la solidez de una construcción; en la presente investigación se analizarán y se les darán una explicación a los siguientes objetivos.

Desarrollar mejores características en la creación del concreto, incrementando las resistencias mecánicas y de durabilidad haciendo uso de materiales de desecho agroindustrial, como la CDA, en sustitución porcentual del árido fino.

Se analizará la influencia que puede ejercer el diferente criterio de sustitución utilizado para reemplazar los áridos finos convencionales, por la CBCA como árido sobre las propiedades del concreto diseñado.

Evaluar con base a los resultados obtenidos de las probetas, si es factible la alternativa de utilizar la CDA como sustituto de árido fino para concreto.

Reciclar un producto agroindustrial y darle uso en el área de la construcción como sustituto de árido fino (arena).

Con base a lo anterior se darán las bases del comportamiento de un concreto modificado en relación porcentual en el agregado fino sustituido por cascarilla de arroz.

La cascarilla de arroz es un deshecho agroindustrial que se produce en altos volúmenes en los lugares donde se siembra y se procesa la planta del arroz. Este deshecho, como se demostró se puede utilizar para la obtención de dióxido de silicio para el cemento y mejorar sus características mecánicas lo cual ha sido investigado por especialistas en distintas partes del mundo, los cuales han notado el enorme potencial de este material como fuente alternativa en el campo de la construcción (Páez & Ahumada 2006), esto permite establecer que para el caso concreto de Colombia también se le considere como un material de gran potencial ya que ofrece una alternativa de alta viabilidad para las construcciones de bajo costo. Con base en lo anterior, entidades como la Universidad del Valle, específicamente el departamento de nuevos materiales, han desarrollado técnicas para industrialización del proceso de la cascarilla de arroz con el fin de colocar este material como una alternativa para mejorar la resistencia mecánica y contra los sulfatos que puede sufrir un concreto puesto en obra. La composición química de la cascarilla de arroz se la puede establecer según la tabla No1.

COMPUESTO	SiO ₂ (%)	CO ₂ (%)	AlO ₃ (%)
Superficie Externa	55.25	44.77	0.00
Superficie Interna	35.48	58.24	6.27

Tabla 1 Composición Química de la Cascarilla de Arroz.
Fuente: Paez 2006 Es importante resaltar que la aplicación de los silicatos se encuentran en la industria cerámica, fabricación de cerámicas tenaces y bio-cerámicas, en fundiciones metalúrgicas como aditivo fundente o simplemente como carga o recubrimiento en la fabricación de porcelanas dieléctricas, en las pinturas, en la conformación de vidrios bioactivos, en la producción de resinas y plásticos, como material reforzante mejorando las propiedades físicas, químicas, eléctricas entre otras del producto acabado. Una alternativa a corto plazo que se visualiza, es el uso de este material como compuesto de cubiertas de poco peso. Otra aplicación que se puede abordar con el uso de este material, está en el hecho de utilizarlo en la industria ladrillera, lo cual por medio de sinterización de los elementos

constituyentes puede generar ladrillos más económicos y más livianos. De esta forma, se disminuyen los pesos de las estructuras, se aligeran las presiones sobre los suelos de fundación y finalmente se evitan los daños colaterales que se presentan durante los sismos, sobre el argumento que durante un sismo un porcentaje amplio de muerte se debe principalmente a la caída de elementos tipos muros divisorios sobre los residentes de una edificación.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

I. El problema

1.1. Antecedentes del problema.

1.2. Definición del problema.

La cascarilla de arroz en nuestra Región especialmente en la Provincia de San Martín es un sub producto que no se utiliza convenientemente y crea una alteración al medio ambiente por la gran cantidad de este desecho, por lo que planteamos reemplazar este subproducto por el agregado fino.

1.3. Formulación del problema.

De qué forma será posible reemplazar la cascarilla de arroz por el agregado fino en el diseño del concreto de 210 Kg/Cm².

1.4. Justificación e importancia.

Se sabe que la durabilidad del concreto está ligada a la durabilidad individual de sus componentes y de estos, los áridos son los señalados como principales modificadores de esta.

La importancia de obtener concreto de resistencia estable, de durabilidad óptima, con las proporciones adecuadas dependiendo de la proveniencia del agregado, debido a que muchos de los bancos de materiales no cuentan con la calidad suficiente para fabricar un concreto con las características requeridas. Por lo cual la razón principal del enfoque de esta investigación, es la implementación de la cascarilla de arroz (CDA), como sustituto porcentual de árido fino en la elaboración de concreto, la cual ya se ha estudiado anteriormente en sustitución de cemento dando resultados favorables.

Con lo cual se busca lograr mejorar las características de dicho concreto, a base de utilizar un material el cual es considerado como desecho agroindustrial y que por lo regular solo se le da uso para fertilizar el suelo de cultivo.

Con esta alternativa que se propone en este estudio para la elaboración de concreto, se ve beneficiado: el sector económico, social y ambiental.

1.5. Alcance y limitaciones

1.5.1. Alcance

El presente estudio se encuentra en la Provincia de San Martín Distrito de Tarapoto y Morales, teniendo en cuenta que la cascarilla se encuentra en la Localidad de Morales específicamente del Molino Manosalva Piladora Rey León S.A.C Humberto Manosalva Cubas Pilado de Arroz Cacatachi Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 597 y el agregado para la Mezcla de Concreto se extrae del río Huallaga en la Localidad de Tarapoto.



Figura 1: Mapa político del Perú

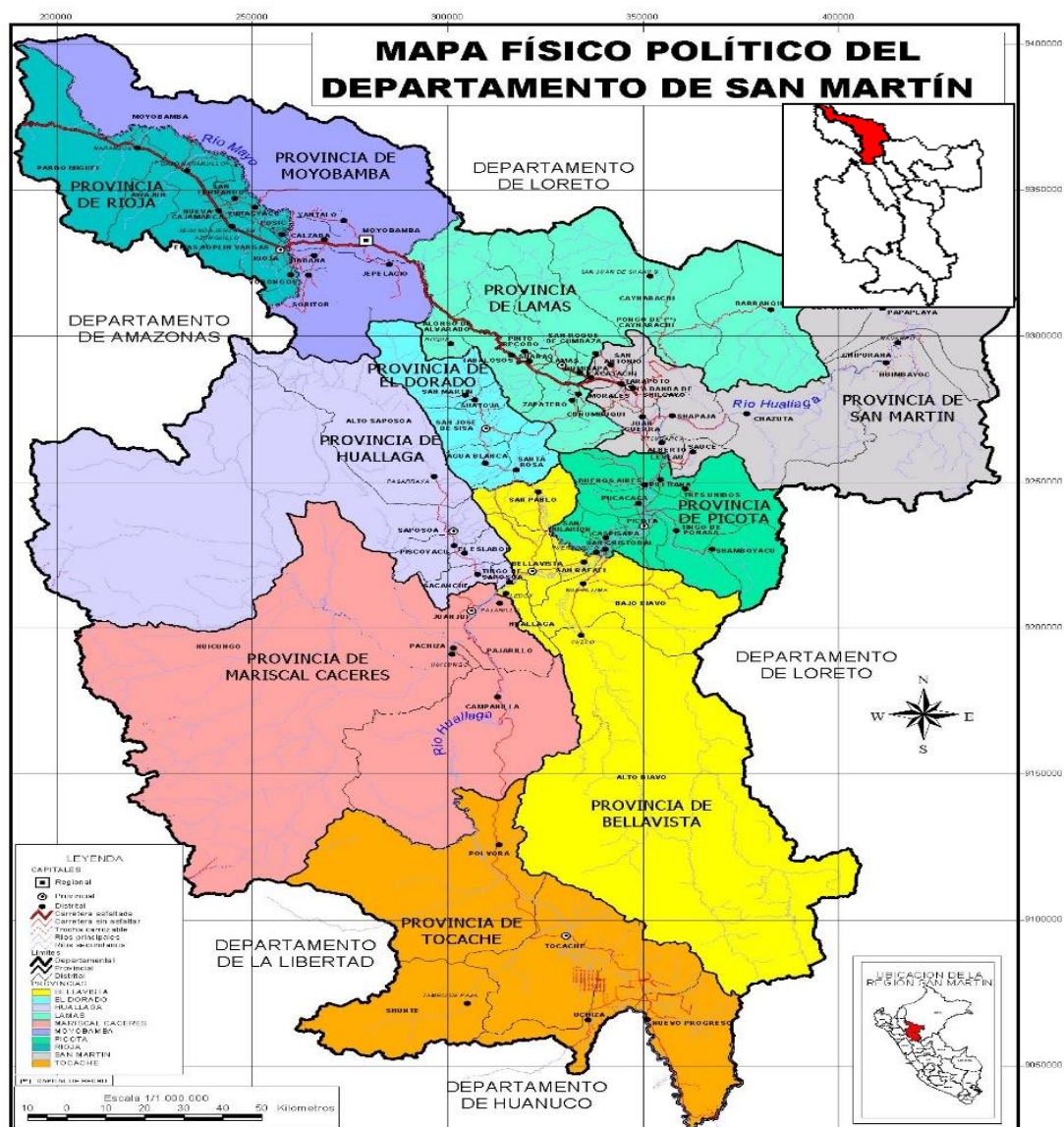


Figura 2: Mapa del departamento de San Martín

1.5.2. Limitaciones

Para el desarrollo no se ha tenido ninguna limitación toda vez que se podido conseguir todos los datos de campos suficientes para la elaboración del estudio definitivo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

Evaluación del uso de la cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de concreto. (Tesis Esteban Molina Salas Colombia enero 2,010).

Este estudio retoma la iniciativa, desarrollando un análisis de la utilización de cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de concreto para mampostería, tomando en cuenta la disponibilidad que tendría la industria arrocera de suministrar materia prima y desarrollando un diseño de mezcla para la fabricación de los bloques. Las vías de comunicación terrestre son requisitos indispensables para morteros aligerados con cascarilla de arroz: diseño de mezclas y evaluación de propiedades. M.Victoria Borrachero Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón ICITECH, Universitat Politècnica de València (España). vborrachero@cst.upv.es Junio 2,012. En este trabajo se analizó la posibilidad de utilizar la cascarilla de arroz con y sin retratamientos, como una adición en la fabricación de morteros ligeros. Se estudiaron diversos pretratamientos de la cascarilla, tales como el lavado con agua destilada, baño en disolución ácida durante 24 horas, baño en disolución básica durante 24 h, así como combinaciones y variaciones de los anteriores pretratamientos.

Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia

2.2. Definición de términos

El cemento Portland es un material que se utiliza ampliamente en la construcción de viviendas, puentes, vías, entre otras aplicaciones. En la actualidad existe un notable interés en la búsqueda de materiales cementantes que permitan mejorar la resistencia mecánica, la respuesta al ataque de los ácidos, y que favorezcan ciertas propiedades funcionales del concreto como la conductividad eléctrica, el apantallamiento contra la radiación electromagnética, y la radiación ionizada, entre otras. De otra parte, con el fin de reducir costos en la producción del cemento, reutilizar desechos industriales y la búsqueda de cementos con características especiales, se viene proponiendo la adición de algunos de estos mismos desechos para aprovechar la naturaleza puzolánica que algunos presentan. En esta investigación se estudia la adición del SiO₂, obtenido de la cascarilla de arroz, al Cemento Portland común y el efecto que esta materia prima tiene sobre el comportamiento mecánico del concreto fabricado con ella. Se indican las características más importantes del SiO₂ que

se obtuvo en el laboratorio de la Universidad del y las curvas de resistencia a la compresión de muestras de mortero.

El cemento es un material que se utiliza ampliamente en la fabricación de hormigones y morteros en obras civiles (Taylor, 1978). El cemento cuando se mezcla con el agua y los materiales granulares, tales como la arena, grava, etc. Forma un compuesto que comienza un proceso físico-químico que se denomina Fraguado. Este consiste en el endurecimiento del material a causa de las reacciones químicas que se producen entre las fases presentes. Actualmente, se estudian otras posibilidades de uso para el cemento: Fabricación de estructuras protectoras contra radiación electromagnética (Fu & Chung, 1996), concretos reflectores de ondas de radio (Fu & Chung, 1996), aplicaciones donde la conductividad eléctrica del concreto es importante (Tumidasjki, 1996), cementos y concretos para estructuras que apantallen contra la radiación ionizada (Rajczyk & Wezelink, 1994), entre otras muchas aplicaciones (Odler F., 2000). Dentro de los cementos hidráulicos se destaca el cemento Portland. Este se obtiene de la molienda del clinker, producto que resulta del tratamiento térmico a temperaturas cercanas al fundido parcial de las materias primas (arcillas y calizas) que contienen CaO , SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 (más otros óxidos en pequeñas cantidades) (Taylor, 1978 & Odler, 2000). Dos de las principales fases que conforma el clinker son: El silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ o Ca_3SiO_5 que abrevia C3 S) y el silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ o Ca_2SiO_4 que se abrevia C2 S). El C3 S es estable termodinámicamente entre 1250°C y 2150°C y se funde incongruentemente por encima de esta última temperatura. Por debajo de la temperatura de 1250°C el C3 S es inestable termodinámicamente con relación al C2 S y al CaO . Por lo tanto para producir clinker que contenga silicato tricálcico, la materia prima se debe calentar a una temperatura mayor de 1250°C que es el límite inferior de estabilidad de esta fase y enfriarla rápidamente para impedir la descomposición del C3 S. El clinker se dopa con otros iones tales como Al^{3+} y Mg^{2+} con el fin de evitar la formación de la fase triclínica del C3 S, fase meta estable a temperatura ambiente, y favorecer la presencia de una de las fases monoclónicas de alta temperatura, la denominada alita (Odler F., 2000). En contacto con el agua el C3 S se hidrata produciendo un silicato de calcio amorfo hidratado, fase C-S-H cuya fórmula general es el $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$, e hidróxido de calcio. Este último está presente en las pastas de cemento portland en forma de cristales entre $10\text{-}30\ \mu\text{m}$ con una forma cristalina denominada portlandita. El otro componente importante del Cemento Portland es el ortosilicato de calcio, C2 S. Este puede presentar cinco formas polimorfas y todas se producen en las reacciones en estado sólido entre el CaO y el SiO_2 (Taylor 1978 &, Odler 2000). En una reacción

de compuestos puros la forma monoclinica del C2 S es la única que se produce y para obtener otras fases es necesario adicionar ciertos óxidos como dopantes (Taylor, 1978 & Odler, 2000).

El concreto es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento Portland, agua, agregados fino y grueso, y en algunos casos por aditivos los cuales hoy en día hay una variedad, que nos ofrecen un concreto con mejores características, los materiales utilizados deben cumplir con ciertas especificaciones las cuales avalen la calidad de los mismos.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10mm. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

Como los agregados constituyen aproximadamente el 60 al 75 % del volumen total del concreto, su selección es importante. Los agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada, así como resistencias a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.

El diseño de las mezclas de concreto se basará en la relación agua-cemento necesaria para obtener una mezcla plástica y manejable según las condiciones específicas de colocación de tal manera que se logre un concreto de durabilidad, impermeabilidad y resistencia que esté de acuerdo con los requisitos que se exigen para las diversas estructuras, según los planos y especificaciones. La relación agua-cemento se indicará en el diseño de la mezcla.

Antecedentes del cemento

El origen del cemento es tan antiguo, como la humanidad ya que la necesidad que ha tenido el hombre de construir su propio hábitat, así como las estructuras necesarias para su progreso, ha constituido el factor principal en la búsqueda de materiales para esta finalidad. Su nombre primitivo, o mejor dicho su origen viene de la ceniza calcinada, el cual era observado porque en la noche el hombre armaba fuegos, al quedar la ceniza calcinada y mezclada con la lluvia nocturna, se endurecía.

La cal común se obtiene al calcinar la piedra caliza, la diferencia entre la cal común y la cal hidráulica radica en que la cal común se endurece en presencia de CO₂ contenido en el aire y por lo tanto no puede ocurrir bajo el agua; la cal hidráulica por proceder de calizas impuras, se endurece por la reacción que se produce entre los elementos constitutivos, lo cual permite que su fraguado pueda darse bajo agua; de ahí procede el nombre de cal hidráulica. Los egipcios usaron eso además de la cal. Tanto los romanos como los griegos mezclaban cal con cenizas volcánicas o con tejas de arcillas quemadas, obteniendo un material de condiciones muy superiores a los de la cal común.

La sílice activa y la alúmina que se encuentran en las cenizas y en las tejas con la cal para producir lo que es conocido como cemento puzolánico, proveniente del nombre de Puzzuoli ciudad que queda en el Golfo de Nápoles, Italia, cerca del Vesubio. En este sitio los Romanos extraían el material volcánico que mezclaban con la cal, estos utilizaron éste cemento para construir el Coliseo de Roma y el Pont du Gard. Los griegos obtenían estos materiales en la Isla Santorin.

En la edad media hubo una disminución general en la calidad y uso del cemento. En 1756 Jhon Smeaton encontró que el mejor mortero se obtenía cuando se mezclaba puzolana con caliza que contenía una alta cantidad de material arcilloso, Smeaton fue el primero en conocer las propiedades químicas de la cal hidráulica continúa las investigaciones llegando a obtener un material que al mezclarlo con el agua reaccionaba dando lugar al endurecimiento de la pasta producida.

Este material endurecido presentaba un aspecto similar al de unas piedras de construcción extraídas en Inglaterra, en la localidad de Portland. El prototipo del cemento moderno fue obtenido en 1845 por Isaac Johnson, quien quemó una mezcla de arcilla y caliza hasta la formación del clinker. En general el cemento portland, concebido originalmente por la semejanza de color y calidad entre el cemento fraguado y la piedra de portland, éste cemento se ha conservado en nuestros días para describir un cemento obtenido en la mezcla minuciosa de materiales calcáreos y arcillosos y otros materiales que contienen sílice, alúmina y quemándolos a una temperatura da la formación del clinker.

En 1860-1880 Le Chatelier investigó acerca del peso específico del cemento, Vicat acerca del fraguado, Abrahams acerca de la relación agua cemento, en USA se encuentra la PCA (asociación de Cemento Portland), en Suiza se encuentra las casas de aditivos (Sika y Toxement). En Mexico tenemos las cementeras: Cemex, Apasco, Cementos Cruz Azul, Moctezuma, Anahiaco, Cementos de Chihuahua, entre otras.

Fabricación

Los cementos portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos de calcio. Los cementos hidráulicos fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua. Durante esta reacción, llamada hidratación, el cemento se combina con agua para formar una pasta endurecida.

Cuando se está fabricando el cemento se les agregan otras a adiciones (cenizas volcánicas, puzolanas, escorias de alto horno), que cumplen con diferentes funciones especiales. Estas materias primas se someten a un proceso de clinkerización (a altas temperaturas), todo esto va a producir un polvo gris oscuro, que fragua muy rápidamente con el agua, al finalizar este proceso se le adiciona y eso con el fin de retardar el tiempo de fraguado. Este proceso se lleva a cabo mediante una serie de etapas:

Clasificación de los cementos

La clasificación de los diferentes tipos de cemento de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE se muestra en la tabla 1.1. Así como la clasificación de acuerdo a la clase resistente y características especiales, también estipuladas en la misma norma descritas en la tabla 1.

Tabla 1

Tipos de cemento.

Tipo	Denominación	Descripción
CPO	Cemento Portland Ordinario	Es el cemento producido a base de la molienda de clinker Portland y usualmente sulfato de calcio.
CPP	Cemento Portland Puzolánico	Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta de clinker Portland, materiales puzolánicos y usualmente sulfato de calcio.
CPEG	Cemento Portland con escoria granulada de alto horno	Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta de clinker Portland, escoria de alto horno y

CPC	Cemento Portland Compuesto	Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta de clinker Portland, usualmente sulfato de calcio y una mezcla de materiales puzolánicos, escoria de alto horno y caliza. En el caso de
CPS	Cemento Portland con humo de sílice	Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta de clinker Portland, humo de sílice y usualmente
CEG	Cemento con escoria granulada de alto horno	Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta de clinker Portland y mayoritariamente escoria granulada de alto horno y sulfato de calcio.

Fuente: Elaboración propia.

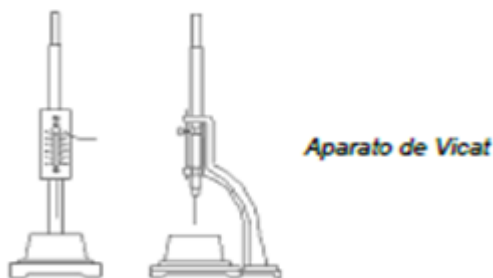
Propiedades físicas y mecánicas del cemento

Fraguado y endurecido

El fraguado es la pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. La velocidad de fraguado viene limitado por las normas estableciendo un periodo de tiempo, a partir del amasado, dentro del cual debe producirse el principio y fin del fraguado. Este proceso es controlado por medio del ensayo de la aguja de Vicat (NB 063; ASTM C191), que mide el inicio y fin del fraguado en mediciones de penetraciones cada 15 min, de la siguiente manera:

Inicio del Fraguado. - Cuando la aguja no penetra más de 25 mm en la pasta. Se recomienda que una vez iniciado el fraguado el cemento ya deba estar totalmente colocado y no debe moverse de su lugar, ya que se originaran fisuras.

Fin del Fraguado.- Cuando la aguja no deja marcas e la superficie de la pasta.



Falso Fraguado o endurecimiento prematuro. - Se manifiesta por un endurecimiento rápido del hormigón poco después del mezclado. Si este es resultado de la deshidratación del yeso durante el proceso de molido, por lo general desaparecerá con un mezclado adicional. Si es resultado de la interacción cemento aditivo, es posible que se requieran agua y mezclado adicionales para mitigar el problema.

Fraguado por compactación. - En ocasiones, en el manejo del cemento a granel, se encuentra que el cemento presenta cierta dificultad para fluir o que fluye mal.

Este "fraguado por compactación", no tiene efecto sobre las propiedades del cemento para producir el hormigón. El problema suele ser la humedad, instalaciones de manejo inadecuadamente diseñadas o haber dejado que el cemento se asentara, por demasiado tiempo sin moverlo. El fraguado por compactación puede presentarse en donde, durante el tránsito, la vibración ha eliminado la mayor parte del aire que rodea las partículas de cemento, como en los vagones de ferrocarril. Se puede tener una situación semejante en los silos de almacenamiento. Por lo general, la aplicación de chorros de aire esponjará bastante el cemento como para permitir que fluya. El uso de sustancias para ayudar a la pulverización del cemento ha reducido de manera significativa los problemas de flujo. Los sistemas modernos de aireación, los vibradores adecuados para los depósitos y los depósitos y silos correctamente diseñados experimentan pocos problemas, en caso de haberlos.

Finura

Influye decisivamente en la velocidad de reacciones químicas que tienen lugar durante el fraguado y el principio de este. Al entrar en contacto con el agua, los granos de cemento solo se hidratan en una profundidad de 0,01 mm, por lo que si dichos granos fuesen muy gruesos, su rendimiento sería muy pequeño, al quedar en su interior un núcleo prácticamente inerte, como se ilustra en la figura:



Si el cemento posee una finura excesiva, su retracción y calor de hidratación serán muy altos, se vuelve más susceptible a la meteorización y disminuye su resistencia a las aguas agresivas, lo que en general resulta muy perjudicial. La finura influye sobre las propiedades de ganancia de resistencia, en especial hasta un envejecimiento de 7 días. Por esta razón, el cemento del Tipo III se muele más fino que los otros tipos. Aun cuando las especificaciones (NB 011; ASTM C150) señalan una finura mínima la mayor parte de los

cementos sobrepasan este mínimo en entre un 20 y un 40%. Una señal práctica de que las partículas son muy pequeñas, es cuando durante el almacenamiento y manejo, una cantidad muy pequeña de humedad pre-hidrata el cemento.

Algunos usuarios especifican un mínimo de finura, en un esfuerzo por minimizar la contracción por secado del hormigón.

Resistencia mecánica

La velocidad de endurecimiento del cemento depende de las propiedades químicas y físicas del propio cemento y de las condiciones de curado, como son la temperatura y la humedad. La relación agua/cemento (A/C) influye sobre el valor de la resistencia última, con base en el efecto del agua sobre la porosidad de la pasta.

Una relación A/C elevada produce una pasta de alta porosidad y baja resistencia.

La resistencia es medida a los 3, 7 y 28 días, teniendo estas que cumplir los valores mínimos. Para determinar la resistencia a la compresión, se realiza el ensayo de Compresión (NB 470; ASTM C109), en el cual se usan cubos de mortero de 5 cm. por lado, con una relación constante agua/cemento de 0.485, y para los cementos con puzolana se calcula esta relación, según el contenido de puzolana, hasta lograr la consistencia especificada. El mortero para las pruebas consta de una parte de cemento y 2.75 partes de arena graduada estándar, mezclados con agua. Los cubos de mortero se preparan en moldes que se compactan en 2 capas con una varilla normalizada, se deja secar en una cámara con humedad mayor al 90%. Luego se desmolda y se coloca en agua saturada de Oxido de Calcio a una temperatura entre 23 a 25°C.

El ensayo se lleva a cabo en la máquina de compresión, donde se colocan los cubos y se les aplica presión, hasta la rotura.

Los cubos son curados unas 24 horas en los moldes, luego son removidos de estos y son sumergidos en agua con cal hasta el momento de realizarse el ensayo.

Tabla 2

Categorías de resistencia de los cementos

Categorías resistentes	Resistencias a la compresión (MPa) (NB470)			
	Mínimas a 3 días	Mínimas a 7 días	Mínimas a 28 días	
Alta	40	17	25	40
Media	30		17	30
Corriente	25		15	25
Tipo de cemento	Resistencias a la compresión (MPa) (ASTM 109)			
Tipo I	12		19	

Fuente: Elaboración propia.

Expansión

El exceso de cal libre o de magnesia en el cemento da por resultado expansión y la desintegración del hormigón hecho con ese cemento.

En el caso de la cal libre, se debe a partículas de esta que no llegan a combinarse con los demás componentes y que van aumentando de volumen hasta explotar.

En el caso de la magnesia se debe a la formación de la periclasa, formada por el óxido de magnesio que se origina cuando el clinker no ha sido enfriado rápidamente al salir del horno.

La expansión producida por el magnesio se presenta a largo plazo, produciendo fisuras, por lo cual la Norma limita la cantidad de óxido de magnesio al 6.0%.

Fluidez

La fluidez es una medida de la consistencia de la pasta de cemento expresada en términos del incremento del diámetro de un espécimen moldeado por un medio cono, después de sacudir un número específico de veces.

Mesa de sacudida. - Ensayo de fluidez



Componentes químicos del cemento

El proceso de fabricación del cemento comienza con la obtención de las materias primas necesarias para conseguir la composición deseada para la producción del clinker.

Los componentes básicos para el cemento Pórtland son: CaO, obtenida de materiales ricos en cal, como la piedra caliza rica en CaCO_3 , con impurezas de SiO_2 , Al_2O_3 y MgCO_3 , de Margas, que son calizas acompañadas de sílice y productos arcillosos, conchas marinas, arcilla calcárea, greda, etc.

SiO_2 y Al_2O_3 , obtenidos de Arcilla, arcilla esquistosa, pizarra, ceniza muy fina o arena para proporcionar sílice y alúmina.

Fe₂O₃, que se obtiene de mineral de hierro, costras de laminado o algún material semejante para suministrar el hierro o componente ferrífero.

Con los dos primeros componentes se produce cemento Pórtland blanco, el tercero es un material fundente que reduce la temperatura de calcinación necesaria para la producción del cemento gris. Esta disminución en la temperatura, hace que sea más económico en su fabricación, en relación al cemento blanco, aunque ambos poseen las mismas propiedades aglomerantes.

El número de materias primas requeridas en cualquier planta depende de la composición química de estos materiales y de los tipos de cemento que se produzcan. Para llevar a cabo una mezcla uniforme y adecuada, las materias primas se muestrean y analizan en forma continua, y se hacen ajustes a las proporciones mientras se realiza el mezclado.

Extracción. - El proceso industrial comienza con la extracción de las materias primas necesarias para la fabricación del cemento, tales como piedra caliza, yeso, óxido de hierro y puzolana. La extracción se realiza en canteras a cielo abierto mediante perforaciones y voladuras controladas, para luego ser transportadas por palas y volquetas a la trituradora.

Tabla 3

Porcentajes típicos de intervención de los óxidos

	Óxido componente	Porcentaje típico	Abreviatura
Cal cambiada	CaO	62.50%	C
Silice	SiO ₂	21%	S
Alúmina	Al ₂ O ₃	6.50%	A
Hierro	Fe ₂ O ₃	2.50%	F
Cal libre	CaO	0%	
Azufre	SO ₃	2%	
Magnesio	MgO	2%	
Alcalis	Na ₂ O y K ₂ O	0.50%	
Perdida al fuego	P.F.	2%	
Residuo insoluble	R.I.	1%	

Fuente: Elaboración propia.

Características de la producción de arroz en el Perú

La producción de arroz se caracteriza porque genera una gran dinámica de recursos, humanos, técnicos, financieros y otros, para obtener el producto final del mismo. El principal sistema de producción es el irrigado, bajo el cual se produce aproximadamente el 93% del cereal del país, sin embargo, este sistema demanda un alto consumo de agua (15,000 a 18,000 m³ de agua por ha) y genera la degradación de los suelos, lo cual ocasiona salinización de

las tierras en las zonas de la costa. La concentración de las siembras a nivel nacional principalmente se da en los meses entre enero a marzo (40.0%), y la concentración de las cosechas entre los meses de abril a julio (61.1%). En la costa norte se concentra el 47.5% de la producción nacional de arroz, en la selva aproximadamente el 42.8% y el resto del país el 9.7% (incluidos departamentos de la sierra del país). La década del noventa fue de gran expansión del área cultivada y mejoras de las técnicas agrícolas. En la actualidad la superficie sembrada asciende a 310,000 has y el rendimiento promedio alcanza el 7 Tn/Ha. La producción a nivel nacional se sitúa en alrededor de los 2 millones de toneladas, siendo las principales zonas productoras, Lambayeque, San Martín, Piura y La Libertad, las cuales abastecen el 65% del mercado nacional, estando en un segundo orden de importancia, Arequipa, Amazonas y Cajamarca con el 22.5% de la producción nacional. Actualmente el arroz nacional es un cultivo que ha logrado sustantivas mejoras en los rendimientos, superiores a los países como Colombia y Ecuador, pero aún existen zonas con baja tecnificación; debido a que no han desarrollado un sistema de mecanización tanto en la siembra como en la cosecha, a ello se suma el escaso uso de semilla de calidad por la insuficiente oferta, lo cual ha generado una baja rentabilidad y pérdida de calidad del producto final, por lo que es tarea pendiente de esta cadena la reducción de costos unitarios y la mejora de la calidad.

13. La Agroindustria arrocera en el Perú El sistema industrial del sector transforma el 99% del arroz producido en el país y está compuesto principalmente por grandes productores (60%). El proceso de transformación del arroz tiene las siguientes etapas: inspección, prelimpieza, secado, descascarado, separación, blanqueado y pulido, ensacado y almacenaje. Cadena agroproductiva del ARROZ 31 En el proceso de pilado, que se inicia con el arroz cáscara (100%), se obtiene el arroz descascarado o moreno (78%), del cual se puede obtener el polvillo (9%) y arroz blanco (69%). El arroz cáscara se procesa en los molinos (limpieza, secado y pilado), y se obtiene el arroz pilado, el cual se emplea en el consumo humano directo, ya sea como arroz en grano o en alimentos de arroz. Aproximadamente un 67 a 72% del arroz en cáscara termina siendo utilizado de esta manera. Los subproductos que se obtienen del proceso son el polvillo, el ñelen y el arrocillo. El secado del grano sigue siendo “el cuello de botella”, debido a que la agroindustria arrocera no ha renovado y/o adquirido adecuados equipos de secado, procesamiento, selección y almacenamiento, situación que genera mermas en la calidad del producto, sobre todo en las zonas de Selva Baja.

Las siembras de arroz en la región San Martín han mantenido un sostenido crecimiento en la última década, que la ubica en el primer lugar en todo el país, como indica la serie histórica

de siembras elaborado por las áreas de Estadística Agraria y de Agroindustria de la Dirección de Estadística Agraria de la Dirección Regional de Agricultura (Drasam). En la última campaña 2009/2010 se sembraron 77 mil 74 hectáreas de arroz, que generaron una producción de 498 mil 466 toneladas de arroz cáscara. A nivel de provincias, Rioja es la que lidera en sembríos con 19 mil 285 hectáreas y oferta una producción promedio de 125 mil 41 toneladas métricas. Desde el año 2004 San Martín ocupa el primer lugar en áreas sembradas y en la producción de arroz a nivel nacional, con dos siembras dentro de una misma campaña. Este privilegio se debe principalmente a la construcción de nuevos canales de riego o mejoramiento de los mismos, al buen manejo de los fertilizantes. Como referencia, comparando la campaña 2001/2002 con la de 2009/2010, indica que se han incrementado 29 mil 604 has. bajo riego con un porcentaje de crecimiento del 38.41%. En la campaña 2001-2002 se sembraron 47 mil 470 hectáreas, mientras en la última campaña 2009-2010 alcanzó las 77 mil 74 has. Sin embargo, esta cifra es superada por la campaña 2008-2009 que llegó a 83,460 hectáreas de arroz. Las siembras de arroz a nivel provincial se han ido incrementando principalmente en la provincia de Rioja con un promedio de siembra de 19,285 has., seguido de la provincia de Moyobamba con una siembra por campaña de 14,970 has., y en la provincia de Bellavista con 13 mil 625 has. sembradas. El año 2008 la producción regional de arroz fue de 506 mil 694 toneladas, el año 2009 se incrementó a 561 mil 673 toneladas, y el pasado año 2010, se produjo una disminución al llegar a 498,466 toneladas de arroz. La producción promedio de arroz a nivel de provincias figura Rioja con una producción promedio de 125,041 t.m. de arroz cáscara, seguido de Moyobamba que produce 99,850 toneladas y la provincia de Bellavista que produce 95,758.4 toneladas de arroz cascara.

Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es un subproducto de la industria molinera, que resulta abundantemente en las zonas arroceras de muchos países y que ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato hidropónico. Entre sus principales propiedades físico-químicas tenemos que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte. La cascarilla de arroz es el sustrato más empleado para los cultivos hidropónicos en Colombia bien sea cruda o parcialmente carbonizada. El principal inconveniente que presenta la cascarilla de arroz es su baja capacidad de retención de humedad y lo difícil que es lograr el reparto homogéneo de la misma (humectabilidad) cuando se usa como sustrato único en camas o bancadas.

Tabla 4

Valores típicos de retención de humedad de algunos materiales utilizados como sustratos para cultivos hidropónicos.

Material	Retención % v/v
Cascarilla de arroz Cruda	9.0
Cascarilla de arroz Quemada	10-13
Cáscara de Coco	35-50
Cascarilla de Arroz Caolinizada	25-35

Fuente: Elaboración propia

Para mejorar la retención de Humedad de la cascarilla, se ha recurrido a la quema parcial de la misma. Esta práctica, aunque mejora notablemente la humectabilidad, es en realidad muy poco lo que aumenta la capilaridad ascensional y la retención de humedad.

En el presente reporte se describe un procedimiento que sirve para mejorar la capacidad de Retención de humedad de la Cascarilla de arroz, a la vez que mejora sensiblemente otras propiedades de la misma como son su Capacidad de Intercambio Catiónico (mejora la capacidad de retención de nutrientes), su Humectabilidad y su Capilaridad.

Retención de Humedad: Al hablar de Retención de humedad de un sustrato como la cascarilla de arroz, nos tropezamos con el problema de que no existen normas ni metodologías que especifiquen como se debe determinar su capacidad de retención de humedad. Es sabido que la capacidad de retención de humedad depende de la forma como se realiza tal determinación. Factores tales como tiempo de humectación, relación Cascarilla/Agua, método de contacto, etc., pueden afectar el resultado final. Los métodos usuales para la determinación de la tensión de humedad entre 0 y 100 cm de cabeza de H₂O no son satisfactorios para la cascarilla de arroz, ya que la escala de tensiones en las cuales el agua es aprovechable en este sustrato (entre 0 y 2 cB) es considerablemente más baja que aquella de mayoría de los sustratos tradicionalmente utilizados en países como Francia, España y Holanda (0-10 cB). Por otro lado, la mala capilaridad de la cascarilla de arroz hace que zonas muy húmedas (baja tensión de humedad) coexistan al lado de zonas muy secas (alta tensión de humedad) por largo tiempo (varias semanas) sin que el agua se mueva de un lado hacia el otro y en este caso la determinación de la tensión de humedad arroja considerable error.



Al agregar agua por encima a la cascarilla de arroz, esta se "canaliza" y se producen zonas muy húmedas al lado de zonas muy secas.

En esta investigación, la capacidad de retención de humedad se define como el agua que queda retenida en el sustrato a capacidad de campo ($T = 0$ cm de H_2O), después de una hora (1 hr) de humectación del mismo con agua mediante mezcla ayudada manualmente (técnica del "Masacoteo"). Esta es la capacidad de retención máxima.

Para realizar esta prueba, se toma un volumen de sustrato seco de dos (2) decímetros cúbicos (litros), se humecta manualmente mediante la adición de 1 litro de agua y luego se coloca a drenar en un juego de jarras, tal como se observa en las fotografías adjuntas. Se mide la cantidad de agua drenada y la diferencia expresada en % v/v es la capacidad de retención de humedad del sustrato.



En esta fotografía se ha realizado la Prueba de Retención de Humedad de acuerdo con el Método descrito. El volumen del líquido drenado fue de 820 ml en la Cascarilla Cruda y de 800 ml en la cascarilla quemada. La respectiva retención de humedad fue del 9 % en el primer caso y del 10 % v/v en el segundo.

Capilaridad Ascensional: Es la capacidad que presenta un sustrato de succionar agua de abajo hacia arriba, partiendo de una superficie con agua libre.

Para realizar esta prueba, se coloca el sustrato en un cilindro abierto en su parte inferior y cerrado mediante una malla fina. Se coloca el cilindro en un plato con agua y se anota la altura que esta sube sobre la superficie externa del agua, al cabo de 1, 2, 4, 8 y 24 Horas.



La Capilaridad Ascensional en 24 horas es muy baja tanto en la Cascarilla de arroz Cruda como en la Cascarilla de arroz Quemada. A medida que se aumenta el grado de quemado, la capilaridad ascensional aumenta, pudiendo llegar en cascarilla 100% quemada hasta 4.5 cm en 24 horas.

Esta es la razón por la cual, en una cama hidropónica, con una capa de cascarilla de arroz semi-quemada, de 15 cm de profundidad, es muy común observar que los primeros 2 a 3 cm de abajo hacia arriba, están completamente mojados, los siguientes 4 a 5cm están parcialmente mojados y los últimos 7 cm están casi completamente secos.

Humectabilidad: Es la relativa facilidad con que un sustrato logra quedar impregnado con agua. Para realizar esta prueba se suspende suavemente una cierta cantidad de sustrato por encima sobre un vaso con agua y se observa durante 1 hora el porcentaje de sustrato que se humedece y desciende dentro del agua. Esta propiedad está íntimamente relacionada con el ángulo de contacto entre el agua y la superficie del sustrato.



Humectabilidad de la cascarilla de arroz cruda Vs. la cascarilla de arroz "quemada".

Para la cascarilla de arroz quemada, prácticamente el 100 % de las partículas ha descendido debajo de la superficie del agua mientras que para la cascarilla de arroz cruda, solamente el 5 % ha descendido.

Teniendo en cuenta los anteriores problemas de mala retención, mala Capilaridad y mala humectabilidad, se desarrolló el proceso que se describe a continuación, el cual mejora estas tres características.

Alternativa para reparar pistas y veredas UNI

Al poderse utilizar la cascarilla de arroz en la fabricación de adoquines de concreto para veredas, este producto terminado podría constituir una alternativa de menor costo para los municipios que realizan trabajos de rehabilitación de veredas y pisos en parques y jardines.

“Esto se puede aplicar en cualquier zona del Perú porque es un material resistente al clima y a las condiciones más exigentes. No obstante, recomendamos su uso masificado en las zonas donde abunda la cascarilla de arroz, por ejemplo, en Tarapoto y el norte del país”, expresó.

A diferencia de los procesos de combustión para la producción del cemento, la incineración de la cascarilla de arroz emana una cantidad mucho menor de CO₂ al ambiente, lo que repercute positivamente en la reducción de los índices de contaminación, explicó Padilla.

También consideró que si se traslada este insumo para procesarlo en Lima podría utilizarse en el material para construir viviendas resistentes en los asentamientos humanos, reemplazando las precarias edificaciones de esteras y dando mayor seguridad y comodidad a sus ocupantes.

No obstante, para el uso masificado de este material es necesario que el Congreso de la República se pronuncie, emitiendo las normas técnicas del caso, que permitan ejecutar dichas construcciones.

Procedimiento para obtener un ladrillo de cascarilla de arroz

Para obtener, por ejemplo, un ladrillo de concreto fabricado a base de la cascarilla de arroz, primero se incinera este insumo natural y luego es molido. Posteriormente, la ceniza resultante es mezclada en seco con cemento, arena gruesa y confitillo o piedra chancada pequeña.

En esta primera mezcla, realizada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI, no se utilizan aditivos químicos, pero sí agua en proporción a los demás materiales empleados. La húmeda masa obtenida se vierte en moldes para luego -al secarse- lograr el producto final.

2.3. Bases teóricas

Concreto

Actualmente en el ámbito de la construcción el concreto es uno de los materiales existentes con mayor demanda debido a la diversidad que este presenta, permitiendo además un ahorro en costos de obra en las diferentes construcciones en las que se aplica dicho material, siendo necesario elaborar métodos que nos permitan obtener un óptimo rendimiento.

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava, los cuales conforman el cuerpo del material, creando una masa que al endurecer forma una roca artificial.

La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y del agregado y de la unión entre los dos. En un concreto adecuadamente confeccionado, cada y toda partícula de agregado es completamente cubierta por la pasta y todos los espacios entre las partículas de agregados se llenan totalmente con pasta.

Cemento portland

La palabra cemento es nombre de varias sustancias adhesivas. Deriva del latín caementum, porque los romanos llamaban opus caementitium (obra cementicia) a la grava y a diversos materiales parecidos al concepto que usaban en sus morteros, aunque no eran la sustancia que los unía.

Cemento hidráulico

Es un material inorgánico finamente pulverizado, que, al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava asbesto u otros materiales, tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que, una vez endurecido, desarrolla su resistencia y conserva su estabilidad.

Explotación de materias primas:

Consiste en la extracción de las piedras calizas y las arcillas de los depósitos o canteras, las cuales dependiendo de sus condiciones físicas se hacen los diferentes sistemas de explotación, luego el material se transporta a la fábrica.

Preparación y clasificación de las materias primas:

Una vez extraídos los materiales, en la fábrica se reduce el tamaño de la caliza siguiendo ciertas especificaciones dada para la fabricación. Su tamaño se reduce con la trituración hasta que su tamaño oscile entre 5 a 10mm.

a. Homogenización:

Consiste en hacer mezcla de las arcillas y calizas, que ya han sido trituradas, se lleva por medio de bandas transportadoras o molinos, con el objetivo de reducir su tamaño hasta el orden de diámetro de medio milímetro. En ésta etapa se establece la primera gran diferencia de los sistemas de producción del cemento, (procesos húmedos y procesos secos).

b. Clinkerización:

Consiste en llevar la mezcla homogeneizada a hornos rotatorios a grandes temperaturas aproximadamente a 1450°C, en la parte final del horno se produce la fusión de varios de los componentes y se forman gránulos de 1 a 3 cm de diámetro, conocido con el nombre de Clinker.

c. Enfriamiento:

Después que ocurre el proceso de clinkerización a altas temperaturas, viene el proceso de enfriamiento en la cual consiste en una disminución de la temperatura para poder trabajar con el material, éste enfriamiento se acelera con equipos especializados.

d. Adiciones finales y molienda:

Una vez que el Clinker se halla enfriado, se prosigue a obtener la finura del cemento, en la cual consiste en moler el Clinker, después se le adiciona yeso con el fin de retardar el tiempo de fraguado.

e. Empaque y distribución:

Esta última etapa consiste en empaquetar el cemento fabricado en bolsas de 50 kilo, teniendo mucho cuidado con diversos factores que puedan afectar la calidad del cemento, luego se transporta y se distribuye con cuidados especiales.

Tipos de cemento pòrtland**Pòrtland tipo I**

Es un cemento normal, se produce por la adición de clinker más yeso. De uso general en todas las obras de ingeniería donde no se requiera miembros especiales. De 1 a 28 días realiza 1 al 100% de su resistencia relativa.



Pórtland tipo II

Cemento modificado para usos generales. Resiste moderadamente la acción de los sulfatos, se emplea también cuando se requiere un calor moderado de hidratación. El cemento Tipo II adquiere resistencia más lentamente que el Tipo I, pero al final alcanza la misma resistencia. Las características de este Tipo de cemento se logran al imponer modificaciones en el contenido de Aluminato Tricálcico (C3A) y el Silicato Tricálcico (C3S) del cemento. Se utiliza en alcantarillados, tubos, zonas industriales. Realiza del 75 al 100% de su resistencia.



Pórtland tipo III

Cemento de alta resistencia inicial, recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción. El concreto hecho con el cemento Tipo III desarrolla una resistencia en tres días, igual a la desarrollada en 28 días para concretos hechos con cementos Tipo I y Tipo II ; se debe saber que el cemento Tipo III aumenta la resistencia inicial por encima de lo normal, luego se va normalizando hasta alcanzar la resistencia normal. Esta alta resistencia inicial se logra al aumentar el contenido de C3S y C3A en el cemento, al molerlo más fino; las especificaciones no exigen un mínimo de finura pero se advierte un límite práctico cuando las partículas son tan pequeñas que una cantidad muy pequeña de humedad prehidratada el cemento durante el almacenamiento maneja. Dado a que tiene un gran desprendimiento de calor el cemento Tipo III no se debe usar en grandes

volúmenes. Con 15% de C3A presenta una mala resistencia al sulfato. El contenido de C3A puede limitarse al 8% para obtener una resistencia moderada al sulfato o al 15% cuando se requiera alta resistencia al mismo, su resistencia es del 90 al 100%.

Pórtland tipo IV

Cemento de bajo calor de hidratación se ha perfeccionado para usarse en concretos masivos. El bajo calor de hidratación de Tipo IV se logra limitándolos compuestos que más influye en la formación de calor por hidratación, o sea, C3A y C3S. Dado que estos compuestos también producen la resistencia inicial de la mezcla de cemento, al limitarlos se tiene una mezcla que gana resistencia con lentitud. El calor de hidratación del cemento Tipo IV suele ser de más o menos el 80% del Tipo II, el 65% del Tipo I y 55% del Tipo III durante la primera semana de hidratación. Los porcentajes son un poco mayores después de más o menos un año. Es utilizado en grandes obras, moles de concreto, en presas o túneles. Su resistencia relativa de 1 a 28 días es de 55 a 75%.

Pórtland tipo V

Cemento con alta resistencia a la acción de los sulfatos, se especifica cuando hay exposición intensa a los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar. La resistencia al sulfato del cemento Tipo V se logra minimizando el contenido de C3A, pues este compuesto es el más susceptible al ataque por el sulfato. Realiza su resistencia relativa del 65 al 85 %.



Tabla 5

Resistencias de los cementos del tipo I, II, III, IV y V.

Tipos de cemento portland	Resistencia a la compresión (%)			
	3 días	7 días	21 días	3 meses
I. Usos generales	100	100	100	100
II. Modificado	85	89	96	100
III. Alta resistencia inicial	195	120	110	100
IV. Bajo calor		36	62	100
V. Resistente al sulfato	67	79	85	100

Fuente: Elaboración propia.

Tipos de cemento especiales

Cemento pórtland blanco

Es el mismo Pórtland regular, lo que defiere es el color, esto se obtiene por medio del color de la manufactura, obteniendo el menor número de materias primas que llevan hierro y oxido de magnesio, que son los que le dan la coloración gris al cemento. Este cemento se usa específicamente para acabados arquitectónicos tales como estuco, pisos y concretos decorativos.

Cemento Pórtland de escoria de alto horno

Es obtenido por la pulverización conjunta del clinker portland y escoria granulada finamente molida con adición de sulfato de calcio. El contenido de la escoria granulada de alto horno debe estar comprendido entre el 15% y el 85% de la masa total.

Cemento siderúrgico supersulfatado

Obtenido mediante la pulverización de escoria granulada de alto horno, con pequeñas cantidades apreciables de sulfato de calcio.

Cemento Pórtland puzolánico

Se obtiene con la molienda del clinker con la puzolana. Tiene resistencia parecida al cemento normal y resistente ataques al agua de mar, lo que lo hace aconsejable para construcciones costeras. Para que el cemento sea puzolánico debe contener entre el 15% y el 50% de la masa total. El cemento puzolánico se utiliza en construcciones que están en contactos directos con el agua, dada su resistencia tan alta en medios húmedos.

Cemento Pórtland adicionado

Obtenido de la pulverización del clinker Pórtland conjuntamente con materiales arcillosos o calcáreos-sílicos-aluminosos.

Cemento Aluminoso

Es el formado por el clinker aluminoso pulverizado el cual le da propiedad de tener alta resistencia inicial. Es también resistente a la acción de los sulfatos, así como a las altas temperaturas.

Proceso de fabricación del cemento

a. Explotación de materias primas

Consiste en la extracción de las piedras calizas y las arcillas de los depósitos o canteras, las cuales dependiendo de sus condiciones físicas se hacen los diferentes sistemas de explotación, luego el material se transporta a la fábrica.

b. Preparación y clasificación de las materias primas

Una vez extraídos los materiales, en la fábrica se reduce el tamaño de la caliza siguiendo ciertas especificaciones dada para la fabricación. Su tamaño se reduce con la trituración hasta que su tamaño oscile entre 5 a 10 mm.

c. Homogenización

Consiste en hacer mezcla de las arcillas y calizas, que ya han sido trituradas, se lleva por medio de bandas transportadoras o molinos, con el objetivo de reducir su tamaño hasta el orden de diámetro de medio milímetro. En ésta etapa se establece la primera gran diferencia de los sistemas de producción del cemento, (procesos húmedos y procesos secos).

d. Clinkerización

Consiste en llevar la mezcla homogeneizada a hornos rotatorios a grandes temperaturas aproximadamente a 1450 °C, en la parte final del horno se produce la fusión de varios de los componentes y se forman gránulos de 1 a 3 cm. de diámetro, conocido con el nombre de clinker.

e. Enfriamiento

Después que ocurre el proceso de Clinkerización a altas temperaturas, viene el proceso de enfriamiento en la cual consiste en una disminución de la temperatura para poder trabajar con el material, éste enfriamiento se acelera con equipos especializados.

f. Adiciones finales y molienda

Una vez que el clinker se halla enfriado, se prosigue a obtener la finura del cemento, en la cual consiste en moler el clinker, después se le adiciona yeso con el fin de retardar el tiempo de fraguado.

g. Empaque y distribución

Esta última etapa consiste en empacar el cemento fabricado en bolsas de 50 kilo, teniendo mucho cuidado con diversos factores que puedan afectar la calidad del cemento, luego se transporta y se distribuye con cuidados especiales.

Producción de cemento por empresa

a. Cemento Andino S.A.

Es una empresa industrial fundada el 21 de abril del año 1952 con el nombre de Perú Central S.A., razón social que se modificó por la de Cemento Andino S.A. desde el 20 de enero de 1956. En abril de 1956, se inició la construcción de la fábrica original de cemento y entró en operación el 01 de Julio de 1958 con una capacidad instalada de 85,000 TM anuales.

Desde el año 2008 la capacidad instalada práctica es de 1'180,000 TM de clinker y 1'500,000 TM de cemento. Los tipos de cemento que fabrica son:

Cemento Pórtland Tipo I

Cemento Pórtland Tipo II

Cemento Pórtland Tipo V

Cemento Pórtland Puzolánico Tipo I (PM).

b. Cementos Lima S.A.

Es la mayor y más importante empresa productora de cemento del Perú. Sus antecedentes en el Perú se remontan a 1916, año en que se da inicio a su fabricación a través de la Compañía Peruana de Cemento Pórtland, que inicia sus operaciones en esa fecha como predecesora de Cementos Lima S.A. En Cementos Lima S.A. se produce las siguientes variedades de cemento:

Cemento Portland Tipo I: Marca "Sol"

Cemento Portland Tipo IP: Marca "Super Cemento Atlas"

Cementos Pacasmayo S.A.A.

La fábrica de Cementos Pacasmayo fue inaugurada el 27 de noviembre de 1957 con la presencia de varias personalidades de la época.

Cementos Pacasmayo se caracteriza por ser una empresa versátil e innovadora que busca satisfacer constantemente las distintas necesidades constructivas del país.

Debido a esta versatilidad e innovación es que hemos ido creando cementos especializados que pueden atender todo tipo de obras, tanto para consumo masivo como para obras que requieran especificaciones muy particulares.

Actualmente contamos con 5 tipos de cemento, cada uno diseñado para usos específicos.

Cemento Portland Tipo I

Cemento Portland Tipo V

Cemento Portland MS

Cemento Pórtland Extraforte

Cemento Pórtland Extradurable.

c. Cementos Selva S.A.

Empresa de fabricación y comercio de cemento, subsidiaria de Cementos

Pacasmayo. Fue creada en el año 2000. Es dueña de la planta de producción ubicada en la ciudad de Rioja, San Martín. Se producen los siguientes tipos de cementos:

Cemento Portland Tipo I

Cemento Portland Tipo II

Cemento Portland Tipo V

Cemento Portland Puzolánico Tipo IP

Cemento Portland Compuesto Tipo 1Co.

d. Cemento Sur S.A.

Empresa subsidiaria de Yura S.A., tiene como actividad principal la producción y comercialización de cemento así como de cal. Su planta está ubicada en el distrito de Caracoto, provincia de San Román, departamento de Puno.

Abastece a la zona alto andina del sudeste del país así como a la zona de selva de la región sur oriental. Sus productos son:

Cemento Portland Tipo I - Marca "Rumi"

Cemento Portland Puzolánico Tipo IPM - Marca "Inti"

Cemento Portland Tipo II

Cemento Portland Tipo V.

e. Yura S.A.

Yura S.A., desde 1966 se ha constituido en un importante eje de desarrollo de la Macro Región Sur del Perú, cuenta con las Divisiones de Cemento y de Concretos.

En Cementos es el cuarto productor nacional de cemento, liderando el abastecimiento del mercado costeño y andino del sur del Perú. Tiene consolidado el liderazgo y la aceptación en su mercado de influencia gracias a su cemento adicionado con puzolana natural. Su División de Concretos presta servicios a la Industria de la Construcción, produce: concreto premezclado, prefabricados de concreto, y es líder en el mercado de la zona sur del país.

Los tipos de cemento que produce son:

Cemento Pórtland Tipo I

Cemento Pórtland Tipo IP

Cemento Pórtland Tipo IPM

f. Cementos Inca S.A.

En el año 2007, después de más de 22 años que no se instalaban empresas cementeras en el mercado peruano. Caliza Cemento Inca S.A. ingresa en él mercado inaugurando una nueva planta con tecnología de punta y un riguroso sistema de calidad en cada una de las etapas productivas. Su producto es:

Cemento Pórtland Tipo I Co ecológico.

Empresas cementeras mundiales

Lafarge es una compañía internacional de materiales de construcción de origen francés especializada en cuatro productos principales: cemento, hormigón, áridos y yeso. Es actualmente (2009) líder en el mercado del cemento a nivel internacional, segunda en el de áridos y tercera en hormigón y yeso. Lafarge cuenta con 78,000 empleados en 78 países.

Cementos Mexicanos. S.A.B. de C.V. o CEMEX es una compañía global de soluciones para la industria de la construcción, que ofrece productos y servicio a clientes y comunidades en más de 50 países en el mundo. La compañía mexicana ocupa el tercer lugar mundial en ventas de cemento y clinker, con una capacidad de producción de 97 millones de toneladas al año y es la principal empresa productora de concreto premezclado, con una capacidad de producción de aproximadamente 77 millones de toneladas anuales, atendiendo así los mercados de América, Europa,

Asia, África y Medio Oriente. CEMEX opera actualmente en cuatro continentes, con 66 plantas de cemento, 2,000 instalaciones de concreto premezclado, 400 canteras, 260 centros de distribución y

80 terminales marinas.³ Cerca de un tercio de las ventas de la compañía vienen de sus operaciones en México, un cuarto de sus plantas en EE.UU., 15% de España, y el resto de

sus plantas alrededor del mundo. Las oficinas centrales se encuentran en San Pedro Garza García, dentro de la Zona Metropolitana de Monterrey, en el noreste de México.

HeidelbergCement es una compañía cementera y de producción de materiales de construcción alemana. A 2010 es la cuarta compañía mundial productora de cemento, es líder en la producción de agregados, y la cuarta productora de hormigón. En 2009 la compañía produjo alrededor de 79 millones de toneladas de cemento. La compañía emplea cerca de 53.000 personas en 2.500 plantas de producción en 40 países con un volumen de negocios anual de aproximadamente EUR 11.000 millones.

HOLCIM El grupo tiene acciones en más de 70 países en todos los continentes.

Desde sus inicios en Suiza, el grupo ha crecido hasta alcanzar una escala mundial con una presencia de mercado fuerte en todo el globo. Holcim comenzó la producción de cemento en 1912 en la villa de Holderbank (Lenzburg, Cantón de Aargau, a 40 Km. de Zúrich) y usó el nombre de Holderbank AG hasta 2001 cuando cambió su nombre por Holcim. Actualmente es la cementera más grande del mundo, seguida de Lafarge y de CEMEX. El Grupo ha adquirido participaciones en otras empresas, ampliando su base a más de 50 países, por ejemplo Cementos Bío Bío, en Chile y Holcim Apasco en México.

Italcementi S.p.A. Fabbriche Riunite Cemento es una empresa cementera de Bérgamo (Italia), fundada en 1864. Se trata de la quinta mayor productora de cemento del mundo tras Holcim, Lafarge, CEMEX y HeidelbergCement, y la mayor en la zona del Mediterráneo. La empresa tiene una plantilla de más de 20.000 empleados, de los que 400 de ellos son técnicos dedicados a la investigación. Sus ingresos ascienden a unos 4.500.000 Euros.

Opera en 19 países incluyendo Albania, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Chipre, Egipto, Francia, Gambia, Grecia, India, Italia, Kazajistán, Marruecos, Mauritania, España, Sri Lanka, Tailandia, Turquía y los Estados Unidos, en los que posee 62 plantas de producción de cementos. Su filial en España es FYM - Sociedad Financiera y Minera, S. A.

Últimas tecnologías del cemento

Expertos de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas realizaron una importante investigación, consistente en la elaboración de un modelo físico matemático para analizar los parámetros puzolánicos de los residuos agroindustriales que pueden ser utilizados en la elaboración del cemento. El Doctor Ernesto Villar Cociña, profesor de la Facultad de Matemática, Física y

Computación de la casa de altos estudios, al frente de la investigación, explicó que estos residuos tienen la propiedad de reaccionar con el hidróxido de calcio, a partir de una hidratación del cemento, con lo cual se obtiene un producto de mejor calidad, y mayor

resistencia. Según el especialista, se logran determinar parámetros cinéticos y termodinámicos de esos materiales y evaluar en qué proporción se le pueden añadir al cemento. Y añade: "Los resultados son palpables. Con la adición de desechos agroindustriales, indicador que puede llegar hasta un 20 por ciento, se disminuye la cantidad de klinker, un material resistente que se emplea en la confección del cemento, más costoso, además de los consiguientes aportes al ahorro energético y al medio ambiente que ello reporta". Villar Cociña significó el alto grado de contaminación que reporta la industria del cemento, además del elevado gasto de recursos energéticos, de ahí el impacto de una investigación de este tipo que, por otra parte, propone reciclar los residuos de la agricultura y la industria, que antes iban a parar a vertederos, como residuales sólidos.

Especificaciones físicas y mecánicas

Las especificaciones mecánicas y físicas del cemento como, resistencia a la compresión según la norma mexicana NMX-C-061-ONNCCE, tiempo de fraguado de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-059-ONNCCE y estabilidad de volumen, según la norma mexicana NMX-C-062-ONNCCE se describen en la tabla 1.5.

Tabla 6

Especificaciones mecánicas y físicas del cemento.

Clase (N/mm ²) resist	Resistencia a la compresión				Tiempo de fraguado			de Estabilidad de volumen en autoclave (%)	
	3 días		28 días		(min)		Expansión Máximo	Contracción Máximo	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Inicial	Final			
20	-	20	40	45	600	0.80	0.20		
30	-	30	50	45	600	0.80	0.20		
30R	20	30	50	45	600	0.80	0.20		
40	-	40	-	45	600	0.80	0.20		
40R	30	40	-	45	600	0.80	0.20		

Fuente: Elaboración propia.

Agregados

Los áridos o también llamados agregados son componentes fundamentales del concreto hidráulico, del concreto asfáltico y de las bases granulares. Los cuales son materiales pétreos naturales los cuales deben estar constituidos por partículas duras, de forma y tamaño estables y los cuales deben estar limpios y libres de terrones, partículas blandas o laminadas, arcillas, impurezas orgánicas, sales y otras sustancias que por naturaleza o cantidad afecten la

resistencia, la permeabilidad, la rigidez, la densidad o la durabilidad de morteros y concretos en estado sólido y fresco. Los áridos conforman entre un 70% y 80% del volumen del concreto, razón por la cual es importante conocer sus propiedades y la influencia de las mismas en las propiedades del concreto para optimizar no solo su uso y explotación, sino también el diseño de mezclas de concreto.

Como áridos para la fabricación de concretos pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, rocas machacadas o escorias siderúrgicas apropiadas, así como otros productos cuyo empleo se encuentre sancionado por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en laboratorio.

Por su tamaño los áridos pueden clasificarse en finos y gruesos determinado por el tamaño de mayor predominio usando como referencia una malla como límite. Se acepta como norma de calidad la especificación ASTM C-33.

Esta norma define los requisitos necesarios de graduación y calidad de los áridos fino y grueso que serán utilizados para concretos estructurales, por lo que es considerada adecuada para asegurar materiales satisfactorios en concretos utilizados en obra civil.

Agregado fino

Los áridos finos o arenas es el material que resulta de la desintegración natural de las rocas, extraída de los ríos, los lagos, depósitos volcánicos o arenas artificiales, esto es, que han sido manufacturadas. Este debe ser por lo general, químicamente inerte, libre de cualquier recubrimiento y el cual está conformado normalmente por partículas entre 4.75 y 0.075mm. La granulometría del agregado fino va de aquel diámetro que pasa la malla No. 4 y se retiene en la malla No. 100. Debe de estar libre de impurezas orgánicas que para su uso se clasifican las arenas por su tamaño. Para lograr lo anterior, se les hace pasar por unas mallas que van reteniendo los granos más gruesos y dejan pasar los más finos.

Arena fina: es la que sus granos pasan por una malla de 1mm de diámetro y son retenidos por otro de 0.25mm.

Arena media: es aquella cuyos granos pasan por una malla de 2.5mm de diámetro y son retenidos por otro de 1mm.

Arena gruesa: es la que sus granos pasan por una malla de 5mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5mm.

Un agregado fino con partículas de forma redondeada y textura suave se ha demostrado que requiere menos agua de mezclado

Granulometría del agregado fino

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un árido tal como se determinan por el análisis granulométrico. El tamaño de partícula del árido se determina por medio de mallas con abertura cuadrada. Las siete mallas para agregado fino, tienen aberturas que varían desde la malla No. 4 hasta la N°200. Las trece mallas para el agregado grueso tienen aberturas que varían desde 3/8" hasta 4".

Existen varias razones por las que se pueden adecuar las especificaciones de los límites granulométricos y el tamaño máximo de árido. Las cuales pueden variar de acuerdo a las necesidades de cada usuario como puede ser, afectar las proporciones relativas de los áridos, así como los requisitos de agua y cemento, trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto.

En general aquellos áridos que no tienen una gran deficiencia o exceso de cualquier tamaño y tienen una curva granulométrica dentro de los límites de la Norma NMX-C-111 producirán los resultados más satisfactorios.

La composición granulométrica de la arena se acostumbra a analizar por su separación en siete fracciones, cribándola a través de mallas normalizadas como "serie estándar", cuyas aberturas se duplican sucesivamente a partir de la más reducida, (NOM-C-150/ASTM C-100).

Para asegurar una razonable continuidad en la granulometría del árido fino, las especificaciones de agregados para concreto, requieren que en cada fracción exista una proporción de partículas comprendidas dentro de ciertos límites, establecidos empíricamente. Dichos límites, que definen el uso granulométrico.

El árido fino debe estar dentro de los límites indicados en la tabla 3.3 y gráfica 3.1 y cumplir con los siguientes requisitos:

Estar dentro de los límites indicados en la especificación (NOM-C.111/ASTM- C-33).

Su módulo de finura no debe ser menor de 2.2% ni mayor de 3.2%

Se puede aumentar los porcentajes del retenido acumulado en las cribas #16,

#30, #50 y #100 respectivamente, siempre que el contenido del cemento sea mayor de 250kg/m³ para concreto de aire incluido, o de mayor de 300kg/m³ para concreto sin aire incluido o bien supliendo la diferencia del material que pasa estas cribas, mediante la adición de un material finamente molido y aprobado.

Las arenas cuyo módulo de finura es inferior a 2.20, normalmente se consideran demasiado fina e inconvenientes para esta aplicación, porque suelen requerir mayores consumos de pasta de cemento, lo cual repercute adversamente en los cambios volumétricos y en el costo

del concreto. En el extremo opuesto, las arenas con módulo de finura de mayor de 3.20 resultan demasiado gruesas y también se les considera inadecuadas, porque tienen a producir mezclas de concreto ásperas, segregables y propenso al sangrado.

Se sabe que la tolerancia máxima de variación de los valores del módulo de finura para la aceptación del árido fino es de 0.20 con respecto al módulo de finura empleado en el diseño de finura.

Especificaciones granulométricas del árido fino descritas en la NOM -C-111- ONNCCE

Tabla 7

Límites granulométricos especificados para el árido fino, de acuerdo a la norma (NOM-C - 111-ONNCCE).

Abertura de la malla	% Retenido acumulado	
	límite inferior	límite superior
No. 4	0	5
No. 8	0	20
No. 16	15	50
No. 30	40	75
No.50	70	90
No. 100	90	98
No. 200	100	100

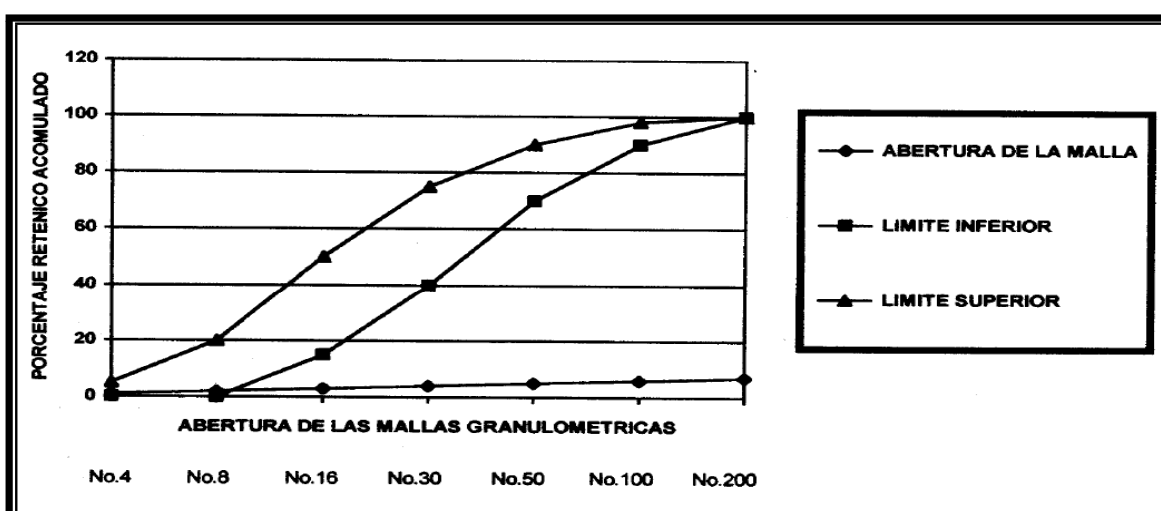


Figura 3: Curva de distribución granulométrica óptima del agregado fino, de acuerdo a la Norma NOM-C.111

Si se excede de la tolerancia indicada en caso aceptado, puede utilizarse dicho agregado siempre que se haga un ajuste apropiado en el proporcionamiento del concreto para compensar dichas diferencias en la granulometría.

Sustancias nocivas

La cantidad de sustancias nocivas en el agregado fino no excederá los límites presentados en la tabla 8

Tabla 8

Límites de porcentajes de sustancias nocivas.

Sustancia	Porcentaje máximo en peso del total de la muestra
Arcilla y partículas disgregables	3.0
Material más fino que el tamiz 200 Concreto sujeto a abrasión	3.0A*
Cualquier otro concreto	5.0A
Carbón y lignito:	
Cuando la apariencia del concreto es de importancia	0.5
Cualquier otro concreto	0.1

Fuente: Elaboración propia.

*A En el caso de la arena artificial, si el material más fino que el de la malla 200 consiste en polvo de fractura, esencialmente libre de arcilla o esquisto, estos límites pueden incrementarse en 5 y 7% respectivamente.

Impurezas orgánicas

La materia orgánica que se presenta en los agregados, especialmente en los finos consiste en tejidos animales y vegetales que están principalmente formados por carbono, nitrógeno y agua. Este tipo de materia al encontrarse en grandes cantidades afectan en forma nociva las propiedades del concreto, como la resistencia, durabilidad y buen desarrollo del proceso de fraguado. Por esto es muy importante controlar el posible contenido de materia orgánica de una arena ya que ésta es perjudicial para el concreto. (ASTM-C-40)

El contenido de impurezas orgánicas se determina por medio de la prueba colorimétrica. A excepción de los límites presentados en la tabla III, los agregados sujetos a la prueba de impurezas orgánicas y que produzcan un color más oscuro que el habitual deberán ser rechazados, a no ser que cumplan alguna de las condiciones siguientes:

Puede usarse un agregado fino que no haya cumplido con el ensayo, si se comprueba que la decoloración se produjo debido a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas similares.

Puede usarse un agregado fino que no haya cumplido con el ensayo, si cuando se ensaye, posee propiedades adecuadas para la fabricación de morteros y estos presenten una resistencia a la compresión no menor del 95 % a los 7 días, calculada según la norma ASTM C - 87.

Módulo de finura

El módulo de finura denota la finura relativa de la arena, se define como una centésima de la suma de los porcentos retenidos acumulados hasta la malla #100 en la prueba de tamices de la arena. Es decir, es el índice aproximado que nos describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen.

El módulo de finura de la arena se calcula sumando los porcentajes acumulados en las mallas siguientes: Numero 4, 8, 16, 30, 50 y 100 inclusive y dividiendo el total entre cien. Mientras más pequeño sea el número del módulo de finura, más fina será la arena. Una arena que satisfaga las especificaciones del ASTM para concreto debe tener valores entre 2.3 y 3.1, ni que varíe en más de 0.2 del valor típico de la fuente de abastecimiento del agregado, con el requisito adicional de que ningún grupo de partículas represente más del 45% del total.

El módulo de finura es un dato que se requiere y se utiliza con frecuencia para el diseño de las mezclas de concreto, por considerarlo un índice suficientemente aproximado de su granulometría. (Módulo de finura ASTM C-136).

Tabla 9

Clasificación de la arena por módulo de finura

Tipo de arena	Módulo de finura
Gruesa	2.9 – 3.2 gramos
Media	2.2 – 2.9 gramos
Fina	1.5 – 2.2 gramos
Muy fina	1.5 gramos

Fuente: Elaboración propia.

Agregado grueso

El árido grueso consiste básicamente en grava, grava triturada, roca triturada, escoria de hornos de explosión, concreto de cemento hidráulico triturado o una combinación de lo anterior, de acuerdo con los requerimientos que establece esta norma (C-33).

Para analizar la composición granulométrica de la grava en conjunto, comúnmente se criba por las mallas cuyas aberturas se seleccionan de acuerdo con el intervalo dimensional dado por su tamaño máximo, buscando dividir este intervalo en suficientes fracciones que permitan juzgar su distribución de tamaños a fin de compararla con los límites granulométricos que le sean aplicables.

Por otra parte, para la utilización de la grava en la elaboración del concreto, se acostumbra a subdividirla en fracciones que se manejan y dosifican individualmente en proporciones adecuadas para integrar la curva granulométrica requerida en la grava total.

La grava se analiza mediante la verificación granulométrica de fracciones individuales de grava, previamente cribadas a escala de obra, a fin de comprobar principalmente si el proceso de separación por cribado se realiza con la precisión especificada dentro de sus correspondientes intervalos nominales.

Las designaciones y aberturas de las mallas que suelen emplearse en análisis granulométrico de la grava, se indican a continuación.

Granulometría del agregado grueso

Los agregados gruesos deben llenar los requerimientos especificados en las normas (NOM-C-111/ASTM-C-33) para cada número de malla, según el tamaño de agregado a utilizar. El tamaño del agregado se encuentra en función de las necesidades específicas para el diseño del concreto.

Para tener mayor economía y durabilidad, el agregado debe estar bien graduado, ya que de esta manera se tendrá un concreto más denso, fuerte e impermeable, con contenido menor de cemento. A mayor tamaño de la partícula de agregado será menor el área de superficie que se va a humedecer por unidad de masa (superficie específica). Así, al extender la gradación del agregado hasta su tamaño máximo, se disminuirá el requerimiento de agua en la mezcla; y para una trabajabilidad específica y riqueza de la mezcla, la relación agua/cemento puede reducirse; con el consiguiente incremento de la resistencia. Sin embargo, por encima del cual la disminución en la demanda del agua es contrarrestada por los efectos nocivos de una menor área de adherencia y la discontinuidad que introducen las partículas muy grandes.

En México, el tamaño máximo del agregado grueso que se usa para la construcción de las carreteras de concreto hidráulico es de 1½". Es común que el tamaño máximo de la grava se limite en función de los espacios mínimos por donde deba desplazarse el concreto durante su colocación y compactación en la estructura.

El código ACT 318 establece que el tamaño máximo nominal de la grava no debe exceder a la tercera parte del espesor de las losas en los pavimentos. Además, de las limitaciones, porque con grava de mayor tamaño se requiere menor proporción de mortero en la mezcla de concreto, es decir, menos arena y pasta de cemento, criterio que sin embargo conviene acoger con cautela.

Siempre se pretende que en las mezclas de concreto convencional de consistencia plástica, la curva granulométrica de la grava sea razonablemente continua; es decir, que aunque dicha curva exhiba inflexiones, no se manifieste ausencia total de partículas en ningún intervalo.

Esto se justifica porque para obtener mezclas de concreto que sean trabajables y al mismo tiempo no se segreguen con facilidad, es necesario que exista continuidad en los diferentes tamaños de las partículas de grava en todo su intervalo dimensional.

Respecto a la superficie de las partículas, conviene que sean lo más rugosas posibles, es decir, que tenga un alto valor de fricción, porque así se alcanza una buena adherencia con la pasta agua/cemento. El agregado grueso debe estar relativamente libre de partículas con formas planas y elongadas. Estas partículas se deben evitar o al menos limitar a aproximadamente un 15% del peso total del agregado. La presencia de estas partículas puede dar lugar a una mezcla poco trabajable, de mezclar y de colocar. Esto se debe a que por su forma son partículas débiles, con mucha tendencia a fracturarse.

En general, el árido grueso debe estar dentro de los límites indicados en la figura y la tabla y cumplir con los siguientes requisitos:

Estar dentro de los límites indicados (NOM-C-111-ONNCCE y ASTM-C-33)

El retenido parcial en cualquier criba no debe ser mayor de 65%.

Tabla 10

Rangos óptimos de las diferentes gradaciones que conforman el árido grueso, de acuerdo a la norma NMX-CC-111 "Especificaciones de los agregados".

Abertura de la malla	% Retenido acumulado	
	límite inferior	límite superior
1"	95	100
3/4"	60	80
1/2"	25	60
3/8"	10	35
No. 4	0	10

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se tenga un agregado grueso fuera de los límites indicados en la gráfica 1.2 y tabla 1.8, debe ajustarse al proporcionamiento del concreto para compensar las deficiencias granulométricas.

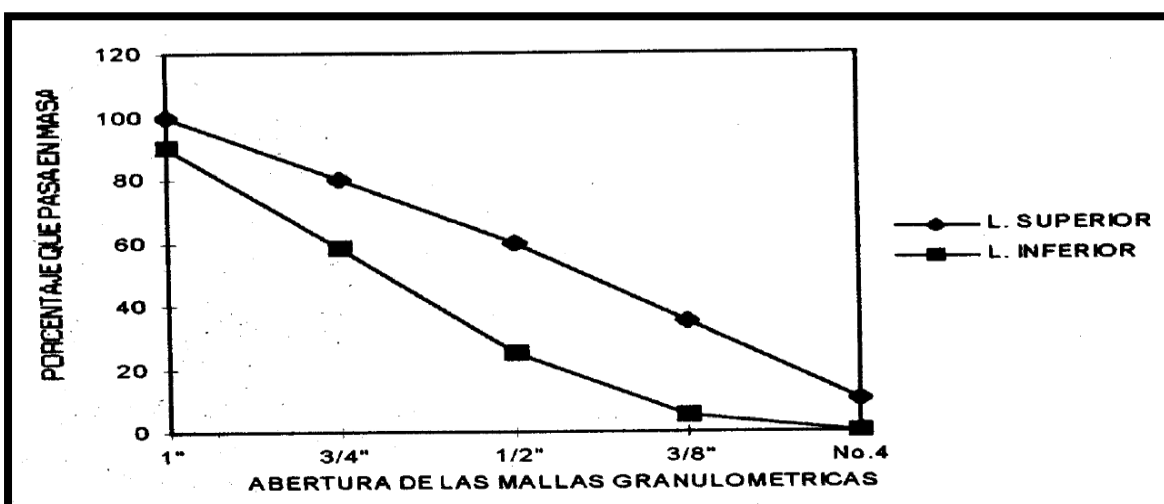


Figura 4: Curva de distribución granulométrica óptima del árido grueso de acuerdo a la norma NOM-C-111.

Contenido de humedad y absorción, peso específico y peso unitario.

A. Absorción y contenido de humedad

La humedad de los agregados está compuesta por humedad de saturación y humedad superficial o libre. Para corregir el peso del material en las mezclas, se obtiene el porcentaje de humedad contenida, además del porcentaje de absorción del agregado.

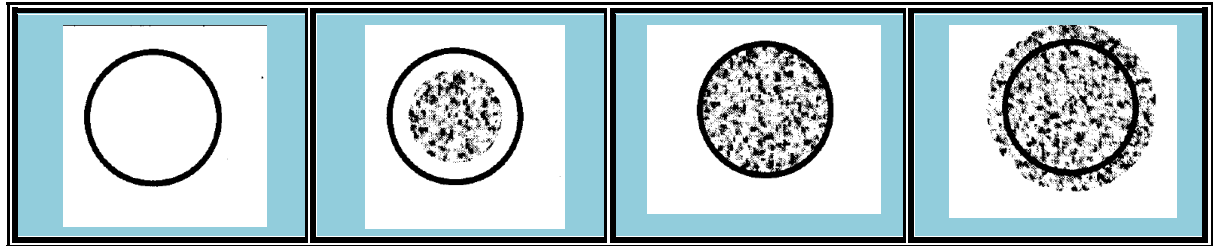
Un cambio del 1% en el contenido de humedad, cambia el asentamiento del concreto en 1.5 pulgadas y la resistencia en 300 lb/in². La estructura interna de una partícula de agregados está constituida de materia sólida y de vacíos que puedan o no contener agua. Los agregados se encuentran en cualquiera de los siguientes estados:

Seco al horno, completamente seco y absorbente.

Seco al aire. Materiales secos en la superficie de humedad interior, siendo por lo cual algo absorbente.

Saturado y de superficie seca, condición ideal que debe tener el agregado para que no adicione o absorba agua del concreto.

Húmedo o mojado, contiene exceso de humedad en la superficie de las partículas.



A	b	c	D
Secado al horno	Secado al aire	Saturado y de superficie seca	Húmedo o mojado

Figura 5: Condiciones de humedad en los agregados.

Es imposible que los agregados vengan en condición ideal pero puede llegarse a ella por una simple operación aritmética: $\text{humedad superficial} = \text{humedad total} - \text{factor de absorción}$. Para los agregados gruesos la absorción se puede determinar de acuerdo con la norma ASTM C - 127 y para los agregados finos conforme a la norma ASTM C-128.

La cantidad de agua utilizada en la mezcla de concreto se debe de ajustar a las condiciones de humedad de los agregados de manera que cubra los requerimientos agua, para obtener la relación efectiva de agua/cemento. Sí el contenido del agua de la mezcla de concreto no se mantiene constante, la trabajabilidad, la resistencia a la compresión y otras propiedades varían de una mezcla.

B. Peso específico

Se entiende como peso específico de un árido a la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Es usado en ciertos cálculos para el proporcionamiento de mezclas y control, por ejemplo en la determinación

del volumen absoluto ocupado por el agregado. Generalmente no se emplea como índice de calidad del agregado, aunque ciertos agregados porosos que exhiben deterioro acelerado a la congelación-deshielo tengan pesos específicos bajos. La mayoría de los agregados naturales tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9.

Los métodos de prueba para determinar los pesos específicos para los áridos gruesos y finos se describen en las Normas (NOM-C.164 Y C-165), respectivamente. El peso específico de un agregado se puede determinar y superficialmente seco (SSS). Ambos pesos específicos se pueden utilizar en los cálculos para el proporcionamiento de mezclas de concreto. Los agregados secados en el horno no contienen ninguna cantidad de agua libre o absorbida. Se le seca en un horno hasta obtener un peso constante (1000 +/- 50). Los áridos

(SSS) son en los cuales los poros en el interior de cada partícula de agregado han quedado llenos con agua y no contienen agua en exceso en la superficie de la partícula.

La gravedad específica cómo se define en la norma ASTM E-12 corresponde al peso específico relativo y para agregados finos se determina por métodos descritos en la norma ASTM C-128 y para agregado grueso ASTM C-127; que consiste en medir el desplazamiento del agua, producido por un peso conocido de agregado en condición saturada y de superficie seca; se usa para este objeto una probeta calibrada. El ensayo para el peso específico debe realizarse con 200 gramos de material en condición seco-saturado- La capacidad de la probeta debe ser de 500 mililitros. Se debe realizar tres pruebas con diferentes probetas, para obtener un promedio significativo.

C. Peso unitario

El peso volumétrico, también llamado peso unitario o densidad en masa de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario específico. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado. El contenido de vacíos entre partículas afecta la demanda de pasta (cemento y arena) en el diseño de la mezcla. Los contenidos de vacíos varían desde aproximadamente 30% a 45% para los agregados gruesos hasta 40% a 50% para el agregado fino. La angularidad aumenta el contenido de vacíos; mayores tamaños de agregados bien graduado y una granulometría mejorada hacen disminuir el contenido de vacíos.

Los métodos de prueba para determinar el peso volumétrico de los agregados y el peso unitario de un material es el peso de éste con respecto a su volumen. Este término es el usado en las especificaciones de la ASTM. Se aplica a condiciones de trabajo, tomando como volumen unitario el pie cúbico. Al determinar el peso unitario se observa que éste está influenciado por el grado de asentamiento (vacíos) y por el contenido de humedad, por lo que se calcula con el material seco con distintos grados de humedad, asentado o suelto según indicación de la norma ASTM C-29.

D. Bancos de materiales

La extracción de materiales pétreos para la construcción es importante en cualquier lugar del mundo, ya que de esta actividad depende el buen desarrollo de las obras de infraestructura que impulsan el crecimiento de un país.

Las canteras son la fuente principal de materiales pétreos los cuales se constituyen en uno de los insumos fundamentales en el sector de la construcción de obras civiles, estructuras, vías, presas y embalses, entre otros. Por ser materia prima en la ejecución de estas obras, su valor económico representa un factor significativo en el costo total de cualquier proyecto.

Existen dos tipos fundamentales de canteras, las de formación de aluvión, llamadas también canteras fluviales, en las cuales los ríos como agentes naturales de erosión, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energía cinética para depositarlas en zonas de menor potencialidad formando grandes depósitos de estos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados y gravas hasta arena, limos y arcillas; la dinámica propia de las corrientes de agua permite que aparentemente estas canteras tengan ciclos de autoabastecimiento, lo cual implica una explotación económica, pero de gran afectación a los cuerpos de agua y a su dinámica natural. Dentro del entorno ambiental una cantera de aluvión tiene mayor aceptación en terrazas alejadas del otro tipo de canteras son las denominadas de roca, más conocidas como canteras de peña, las cuales tienen su origen en la formación geológica de una zona determinada, donde pueden ser sedimentarias, ígneas o metamórficas; estas canteras por su condición estática, no presentan esa característica de autoabastecimiento lo cual las hace fuentes limitadas de materiales.

Estos dos tipos de canteras se diferencian básicamente en dos factores, los tipos de materiales que se explotan y los métodos de extracción empleados para obtenerlos.

En las canteras de río, los materiales granulares que se encuentran son muy competentes en obras civiles, debido a que el continuo paso y transporte del agua desgasta los materiales quedando al final aquellos que tiene mayor dureza y además con características geométricas típicas como sus aristas redondeadas. Estos materiales son extraídos con palas mecánicas y cargadores de las riberas y cauces de los ríos.

Las canteras de peña, están ubicadas en formaciones rocosas, montañas, con materiales de menor dureza, generalmente, que los materiales de ríos debido a que no sufren ningún proceso de clasificación; sus características físicas dependen de la historia geológica de la región, permitiendo producir agregados susceptibles para su utilización industrial; estas canteras se explotan haciendo cortes o excavaciones en los depósitos.

Ubicación de los bancos

Los datos geológicos y medioambientales son la base de la realización de estudios previos e inventarios de áridos. Estos inventarios consisten básicamente en definir las explotaciones potenciales en las proximidades de las zonas de demanda: grandes ciudades, grandes estructuras lineales (ferrocarriles, carreteras, etc.). Se tendrán en cuenta los espacios protegidos por razones ecológicas, vías de comunicación, suelo urbanizable. Agrícola. Impacto visual, entre otros. Todo ello debe hacerse tomando en consideración la demanda de áridos previsible en cantidad y calidad, así como las características geológicas, geotécnicas de los áridos de las zonas seleccionadas. Un buen inventario contemplará la posición del nivel freático respecto de la futura explotación, así como los planes de restauración de las explotaciones para su integración después del abandono.

Los trabajos de aproximación previa a un yacimiento de áridos naturales deben permitir definir:

Parámetros geométricos

Parámetros hidrogeológicos

Parámetros de material extraíble

Parámetros ambientales

Parámetros geométricos

Los yacimientos explotables para la fabricación de áridos están condicionados por un modelo geológico y estructural, por los estudios de selección de zonas deben comenzar

siempre por el estudio y desarrollo de un mapa geológico. Una vez establecido un mínimo de calidad, homogeneidad y continuidad en la formación geológica susceptible de ser canterable, se procederá a un estudio fotogeológico que permita definir con mayor detalle los puntos o zonas de afloramiento, el buzamiento o inclinación de cuerpo rocoso, los límites por accidentes estructurales o sus límites en relación con otros cambios laterales de facies.

El modelo geológico del yacimiento, que incluya con precisión suficiente toda la información sobre la forma y dimensiones en el espacio del cuerpo rocoso, es el elemento clave a la hora de establecer el método de la explotación. En zonas áridas y escasa cobertura vegetal, muchas veces puede ser suficiente con un reconocimiento geológico detallado para llegar a establecer las características del modelo con muy pocos reconocimientos complementarios establecer el volumen explotable, la densidad de fracturación o diaclasado natural del material, familias de orientaciones preferentes de debilidad del macizo rocoso, comportamiento mecánico de las discontinuidades y fracturas.

Parámetros hidrogeológicos

Tienen como finalidad establecer la posición del nivel freático de la futura explotación que se configura como uno de los condicionantes de la explotación, ya que mantener un bombeo permanente de la cantera puede significar un aumento de los costos de operación.

Parámetros del material extraíble

Constituyen el aspecto más determinante sobre el mayor o menor interés que puede tener un yacimiento de cara a su explotabilidad para la fabricación de áridos, como el concreto o las mezclas bituminosas, cuantificar las propiedades de los áridos para atender la correcta dosificación en cada caso y anticipar su futuro de comportamiento.

Las características de los áridos dependen tanto de las propiedades intrínsecas del propio árido, como de su proceso de fabricación.

Parámetros ambientales

La puesta en marcha y desarrollo de un proyecto de explotación exige dar respuesta a un capítulo cada vez más grande y complejo de aspectos medioambientales, que es necesario conocer y cuantificar a partir del cada vez más absolutamente necesario Estudio Medioambiental de Base. Este tipo de iniciativas no solamente se constituyen en una

herramienta básica de una gestión medioambiental correcta, sino que son considerados modernamente como herramientas de competitividad.

Explotación de bancos

El diseño preliminar de una explotación de cantera y su planificación operativa a corto, medio y largo plazo debe cuantificar el volumen de recubrimiento en forma de tierras y suelos o en su caso, de formaciones litológicas no interesantes, que es necesario remover anualmente en operaciones de específicas de desmonte.

La importancia del correcto desarrollo de las operaciones de desmonte no está solo en conseguir un costo bajo, sino en también en permitir que los frentes sean lo más estables posible dándoles un talud apropiado en función de sus características geomecánicas, que muy frecuentemente son mucho peores que el macizo rocoso explotado por la cantera, y protegiéndolos de la acción erosiva de la aguas mediante la construcción de cunetas de guarda para las de escorrentía y de drenajes para la infiltraciones.

El diseño de la explotación debe prever que, entre el pie del desmonte y la cabeza del frente de explotación, debe guardarse una berma de seguridad que impida que los posibles desprendimientos del recubrimiento caigan sobre la explotación y se permita, si fuera necesario, la reanudación de los trabajos de desmonte en condiciones suficientes de seguridad al disponerse del espacio necesario para el acceso y maniobra de la maquinaria.

El procedimiento para realizar la explotación queda definido por la aplicación de unos criterios de diseño de excavación, que permiten alcanzar las producciones programadas, de la forma más económica posible y en las máximas condiciones de seguridad.

Los parámetros geométricos principales que conforman el diseño de las excavaciones son principalmente, las que se mencionan a continuación:

Banco

Es el módulo o escalón comprendido entre los niveles que constituyen la rebanada que se explota del mineral y que es objeto de excavación desde un punto del espacio hasta una posición final preestablecida.

Altura de banco

Es la distancia vertical entre dos niveles o, lo que es lo mismo, desde el pie de banco hasta la parte más alta o cabeza del mismo.

Talud de banco

Es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea de máxima pendiente de la cara del banco.

Talud de trabajo

Es el ángulo determinado por los pies de los bancos entre los cuales se encuentra alguno de los tajos o plataformas de trabajo. Es en consecuencia, una pendiente provisional de la excavación.

Límites finales de la explotación

Son aquellas situaciones espaciales hasta que se realizan las excavaciones. El límite vertical determina el fondo final de la explotación y los límites laterales los taludes finales de la misma.

Talud final de explotación

Es el ángulo del talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une el pie del banco inferior y la cabeza del superior.

Bermas

Son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la excavación sobre los taludes finales, que coadyuvan a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad frente a deslizamientos o caídas de piedras.

Pistas

Son las estructuras varias dentro de una explotación a través de las cuales se extraen los materiales, o se efectúan los movimientos de equipos y servicios entre diferentes puntos de la misma. Se caracterizan principalmente por su anchura, su pendiente y su perfil.

Es el talud máximo para el que es estable sin deslizar el material suelto que lo constituye y en condiciones de drenaje total, después de vertirlo.

Método y sistema de explotación

a. Canteras en terrenos horizontales

Las labores se inician en trinchera, hasta alcanzar la profundidad del primer nivel, ensanchándose a continuación el hueco creado y compaginando este avance lateral con la profundización.

Como ventajas de este tipo de explotaciones figuran:

Posibilidad de trasladar las instalaciones de cantera al interior del hueco una vez alcanzadas las suficientes dimensiones, consiguiéndose un menor impacto y una menor ocupación de terrenos.

Una mayor aceptación del por parte del entorno socio-económico, como consecuencia de un mejor control medioambiental del proyecto y un mucho menor impacto visual.

Posibilidad de proyectar la pista general de transporte en una posición no inamovible en mucho tiempo.

Permiten la instalación de un sistema de cintas transportadoras.

Como desventajas se presentan:

La necesidad de efectuar el transporte ascendente de materiales y por tanto, contra pendiente.

Mayor costo de dimensionamiento de sistemas de drenaje y bombeo.

b. Cantera en ladera

Según la dirección en la que se dirigen los trabajos de excavación, pueden tener avance frontal y frente de trabajo de altura creciente.

Es la alternativa más frecuente por la facilidad de apertura de las canteras y a la mínima distancia de transporte inicial hasta la planta de tratamiento.

El frente de trabajo está siempre activo, salvo en alguna pequeña zona.

El frente es progresivamente más alto, por lo que es inviable proceder a la restauración de los taludes hasta que no finalice la explotación.

Excavación descendente y abandono del talud final en bancos altos

Permite iniciar la restauración con antelación y desde los bancos superiores hasta la menor cota.

Requieren una definición previa de talud final y consecuentemente, un proyecto a largo plazo.

Exigen constituir toda la infraestructura varia para acceder a los niveles superiores desde el principio y obliga a una mayor distancia de transporte en los primeros años de la cantera.

Avance lateral y abandono del talud final.

Se puede llevar a cabo cuando la cantera tiene un desarrollo transversal reducido, profundizándose poco en ladera, pero con un avance lateral amplio.

Permite recuperar taludes finales una vez excavado el hueco inicial, así como efectuar rellenos parciales.

Permite mantener de forma constante la distancia de transporte siempre que la instalación se encuentre en el centro de la corrida de la cantera.

c. Efectos ambientales

El suelo es considerado como uno de los recursos naturales más importantes, de ahí la necesidad de mantener su productividad, para que a través de él y las prácticas agrícolas adecuadas se establezca un equilibrio entre la producción de alimentos y el acelerado incremento del índice demográfico.

El suelo es esencial para la vida, como lo es el aire y el agua, y cuando es utilizado de manera prudente puede ser considerado como un recurso renovable. Es un elemento de enlace entre los factores bióticos y abióticos y se le considera un hábitat para el desarrollo de las plantas. Gracias al soporte que constituye el suelo es posible la producción de los recursos naturales, por lo cual es necesario comprender las características físicas y químicas para propiciar la productividad y el equilibrio ambiental (sustentabilidad).

Derivando de las obras y actividades que implica la explotación de un banco de materiales prevé la generación de impactos ambientales considerados poco significativos en lo general, como son: la generación de emisiones a la atmosfera por la maquinaria y vehículos, la generación de partículas suspendidas, ruido y residuos sólidos y peligrosos. Los impactos ambientales más importantes y evidentes están relacionados con la modificación de los sitios en cuanto a la vegetación, uso del suelo y el paisaje.

El cambio en el uso del suelo al desmontar el predio del banco de materiales conlleva la modificación de las características física y químicas superficiales del suelo lo cual se espera que sea temporal, ya que se propone realizar los programas de conservación de suelo, de reforestación con especies nativas y de restitución del sitio cuyas actividades estarán encaminadas a restablecer el suelo superficial orgánico y la zona arbolada, por lo que, este impacto se atenuara finalmente. En el caso del paisaje se tendrá otro de los impactos ambientales más evidentes que no obstante que en cuanto a la topografía es irreversible en el caso de las vistas panorámicas se puede considerar mitigable ya que los sitios no representan paisajes escénicos relevantes o únicos, ya que se trata de una zona que presenta algunas alteraciones por la cercanía con asentamientos humanos.

En la siguiente tabla se muestra de manera general la forma en que es afectado el medio natural a causa de la explotación de un banco de material.

Tabla 11

Efectos ambientales de la explotación de un banco de materiales

Medio Natural	
	Efecto
Aire	Calidad, gases, polvos, contaminación sonora
Suelo	Destrucción de suelos, erosión, calidad, permeabilidad
Agua	Calidad, contaminación de acuíferos, inundaciones, cambio en los flujos de los caudales, interrupción de flujos de aguas subterráneas
Flora	Diversidad, especies endémicas, especies amenazadas o en peligro, estabilidad
Fauna	Destrucción directa, destrucción del hábitat, diversidad, especies endémicas o en peligro de extinción, estabilidad del ecosistema, cadenas tróficas, movimientos locales
Medio perceptual	Elementos paisajísticos, vistas panorámicas, naturalidad, cambios en las formas del relieve

Material de residuos agrícolas

Una de las preocupaciones contemporáneas es que usos dar y qué hacer con la creciente cantidad de residuos que generan los procesos industriales, agroindustriales, domésticos y de consumo, la afectación se siente especialmente en centros urbanos, los cuales hoy por hoy se ven agobiados por los impactos que se observan como consecuencia de estos desechos. En este orden de ideas dentro de los retos actuales y futuros, se vislumbra el cómo dar respuesta apropiada y ambientalmente sostenible a la reducción, disposición, reutilización y manejo adecuado de residuos.

Las cenizas obtenidas de residuos agrícolas (cascarilla de arroz, paja de la caña de azúcar, Ceniza de hoja de maíz, fibras de agave lechuguilla, ceniza de cascara de cacahuate, y bagazo de la caña), son la materia prima para la producción de puzolanas, ya que estos y otros productos generan residuos que pueden ser aprovechados por sus propiedades químicas además de usarse como fuente energética, y aunque su uso, en la actualidad resulta bastante limitado están siendo estudiadas con el objeto de producir puzolanas consiguiéndose resultados satisfactorios hasta el momento en los trabajos de investigación realizados.

Si bien en esta investigación el residuo agrícola, denominado CBCA (ceniza de bagazo de caña de azúcar), no se utilizó como puzolana sino como árido fino, si fue una parte fundamental para que se llevara a cabo esta investigación.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis alterna

Sera factible obtener un Concreto de 175 Kgl/ Cm² y 210 Kgl/Cm², utilizando la cascarilla de arroz como reemplazante del agregado fino.

2.4.2. Hipótesis nula

2.5. Sistema de variables

Variable dependiente

Elaboración de concreto de 210 kg/cm²

Variable independiente

Empleo de la cascarilla de arroz como sustituto porcentual del agregado fino.

2.6. Escala de medición

2.7. Objetivos

2.7.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento mecánico y físico de un concreto hidráulico, influenciado por la sustitución porcentual del agregado fino, por un desecho agroindustrial como lo es la cascarilla de arroz (CDA), proveniente del Molino Manosalva Distrito de Morales, con relación a un concreto convencional.

2.7.2. Objetivos específicos

Desarrollar mejores características en la creación del concreto, incrementando las resistencias mecánicas y de durabilidad haciendo uso de materiales de desecho agroindustrial, como la CDA, en sustitución porcentual del árido fino.

Analizar la influencia que puede ejercer el diferente criterio de sustitución utilizado para reemplazar los áridos finos convencionales, por la CDA como árido sobre las propiedades del concreto diseñado.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3 Materiales y métodos

3.1 Universo y muestra

3.1.1. Universo

3.1.2. Muestra

3.2 . Ámbito geográfico

La población beneficiada con este proyecto está ubicada en el Distrito de Morales y Tarapoto.

3.3 . Diseño de la investigación

3.4 . Procedimientos y técnicas

3.4.1. Procedimientos

3.4.2. Técnicas

3.5 . Instrumentos

3.5.1. Instrumentos de recolección de datos

3.5.2. Instrumentos de procesamiento de datos

Computadora

Impresora

Bolsas de cemento

Cascarilla de arroz

3.6. Recurso de equipos

a) Recipiente para medidas de peso unitario

Los recipientes para medida de Peso Unitario han sido diseñados de acuerdo con las especificaciones ASTM (ASTM C-29), para determinar el peso con respecto al volumen de muestras concreto, para este caso se utilizó el modelo CT-13 de capacidad 1/10 pie cubico para el agregado fino, y el modelo CT-14 de capacidad 1/3 pie cubico para el agregado grueso.

b) Balanza digital para determinar la humedad:

Esta balanza ha sido diseñada para determinar rápida y automáticamente te el contenido de humedad de los suelos, soluciones acuosas y otros materiales, es de la serie L-789 con capacidad de 200 gr., con lecturas de 0.1 gramo.

c) Mezcladora de concreto de laboratorio:

La mezcladora de concreto de laboratorio está diseñada para eliminar el fastidioso trabajo de tener que mezclar a mano el concreto en las pruebas utilizadas en el diseño de mezclas haciendo este diseño más uniforme en el mezclado de los componentes, y además de un funcionamiento suave, silencioso y de fácil manejo.

d) Refrentador de cilindros de 152mm (6")

El refrentador de cilindros de concreto simplifican el proceso de refrentado, asegurando las superficies planas y ángulos rectos con respecto al eje del cilindro, cumplen con las Normas de Ensayo (ASTM C-617, AASHTO T-231).

e) Moldes cilíndricos de plástico:

Los moldes cilíndricos de plástico se utilizan para formar cilindros de concreto estándar de 6"x12" para los ensayos de compresión. Los moldes están fabricados en una sola pieza de polipropileno y cumplen con todos los requisitos establecidos por las normas ASTM y AASHTO (ASTM C-39, C-192, C-470; AASHTO M-205.).

f) Cono de asentamiento de Abrams, placa base y varilla compactadora:

Todos estos equipos en su conjunto han sido creados para determinar el asentamiento cuando se hace el diseño de mezclas, esto con el fin de determinar si la mezcla es trabajable o no para su transporte y colocación en obra, también estos cumplen con los requisitos implantados por la Norma ASTM Y AASHTO (ASTM C-143, C-192; AASHTO T-23, T-119, T-126)

g) Cono de Absorción de arena y pisón:

El cono de Absorción de arena y Pisón se utilizan para verificar la humedad superficial de la arena mediante la cohesión de partículas y cumplen con las Normas de Ensayo (ASTM C-128: AASHTO T-84).

h) Máquina de abrasión de los Ángeles

Esta máquina está diseñada de acuerdo con las especificaciones ASTM C-131, C-535; AASHTO T-96. Este ensayo cubre el procedimiento de ensayo para rocas trituradas escorias y grava triturada en lo referente a su resistencia al desgaste utilizando esta máquina de abrasión de los Ángeles con una carga abrasiva, puede utilizarse asimismo para determinar los límites de abrasión.

i) Tamizador

El tamizador tiene función de realizar el movimiento vertical mediante las varillas provistas de resortes, realiza una acción de sacudida de manera distribuida en cada cambio de dirección debido a que los soportes el tamiz se mueve de un lado a otro. Esta acción de sacudida y distribución permite una separación apropiada de todos los materiales que se mueven rápidamente a través de las mallas del tamiz, reduciendo considerablemente el tiempo del ensayo.

j) Los tamices

Estos realizan la separación granulométrica tanto del agregado fino como del agregado grueso, seleccionando los granos en diferentes diámetros en cada uno de los tamices para su respectiva clasificación. Asegura un flujo suave e interrumpido de los materiales a través del tamiz. Están diseñadas según la norma ASTM E-11.

k) Balanza electrónica de precisión estándar

Esta especialmente adecuada para el pesado en gramos únicamente de muestras.

l) Balanza electrónica de precisión especiales

Para aplicaciones de pesados que requieran una alta precisión con capacidad de hasta 30 kg. Esta balanza está incorporada con una plataforma de gran tamaño de acero inoxidable para aplicaciones de pesado de materiales voluminosos.

m) Bandejas y recipientes de mezclado

Sirven para almacenar, pesar o saturar muestras.

n) Mazo de goma

Esta herramienta es para ser utilizado en la preparación de probetas de concreto, ya que permite mediante golpes eliminar la mayor cantidad e vacíos en la muestra.

o) Prensa para romper probetas

Esta prensa nos determina la resistencia final del concreto obtenida a través del diseño de mezcla.

3.7 Otros recursos

En la elaboración del presente trabajo de investigación se utilizaron además, los siguientes materiales y equipos de gabinete:

a) Material Bibliográfico: Libros de especialidad referente al tema y contemplado en el Marco Teórico.

b) Material de Escritorio: CD-R, CD-RW, USB, tinta para impresora, lapiceros, lápices, papel A-4, etc.

c) Software de Cómputo: Microsoft Office (Word, Excel, Visio y Power Point. Internet:

En la Red se encontró información actualizada.

Hardware : Computadora Intel Core i3

Impresora : Epson L110 series. Fotocopiadora: kyosera.

3.8. Metodología

3.8.1 Universo, muestra poblacion

3.8.1.1. Universo.

El estudio realizado, basado en la Norma ITINTEC, el cual nos delimita que nuestro Universo, está definido por la totalidad de probetas; es decir: $U=312$ probetas

3.8.1.2 Población.

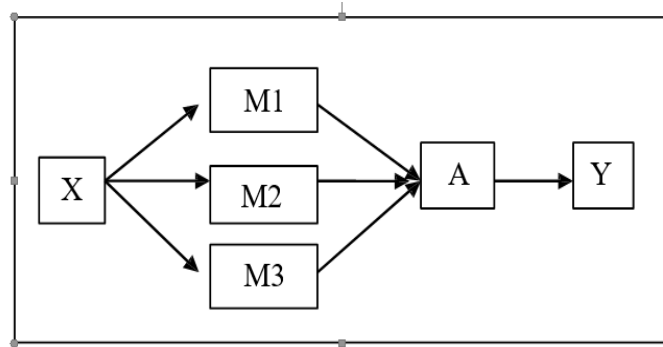
La población tiene que ver con el tamaño del universo y como éste es homogéneo y pequeño, entonces la población = 104 probetas

3.8.1.3 Muestra.

La muestra por el proceso que se ha realizado, se estableció en 104 probetas.

3.8.2 Diseño experimental de la investigación

Considerando las expresiones de las variables en estudio, se considera el siguiente esquema de investigación:



X= Elaboración de concreto de 210 kg/cm².

M₁= Obtención de los materiales, recursos y Equipos para la elaboración de los concretos de resistencias especificadas.

M₂= Elaboración de los estudios y ensayos de Laboratorio previo a la preparación de los Diseños de concreto.

M₃= Diseño de concreto de Resistencias $f'c=210$ kg/cm².

A = Procesamiento de los Datos Obtenidos y evaluación de los diseños de concreto.

Y = Empleo de la cascarilla de arroz como sustituto porcentual del agregado fino.

3.8.3 Diseño de instrumentos

Se presentan todos los métodos y procedimientos a utilizar en el desarrollo de la presente investigación, empezando en primer lugar con la adquisición de los agregados (grueso y fino), para cuantificar y evaluar las características físicas y propiedades en el laboratorio, luego con los datos obtenidos aplicar el método de dosificación de concreto y posteriormente para evaluar la calidad del concreto en estado fresco y endurecido.

A continuación se describe cada uno de éstos métodos

3.8.3.1 Descripción de ensayos de los agregados.

La cuantificación de las propiedades del agregado, toma importancia porque son utilizados en los cálculos para el proporcionamiento de mezclas de concreto y en los aspectos que el diseñador debe considerar para la exposición que tendrá el concreto fabricado con los agregados durante la vida útil de la estructura. Esta cuantificación se lleva a cabo mediante ensayos a nivel de laboratorio. El desarrollo de estos ensayos se realizó en el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de San Martín (UNSM), y se basó en el procedimiento que establece la norma ASTM C 33 y las Normas Técnicas Peruanas (NTP) correspondientes

a) Peso Específico del Agregado Fino (NTP 400.022)

Esta norma establece un método de ensayo para determinar el peso específico de la masa, el peso específico saturado superficialmente seco, el peso específico aparente y el porcentaje de absorción (después de saturarse 24 horas en el agua) del agregado fino.

Aparatos:

Balanza con sensibilidad de 0.1 gramos o menos y con capacidad de 1 Kg a más.

Frasco volumétrico de 500 cm³ de capacidad, calibrado hasta 0.10 cm³ a 20°C.

Molde cónico metálico de 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm de altura.

Barra compactadora de metal de 340 gramos \pm 15gramos de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm \pm 3 mm de diámetro.

Estufa capaz de mantener una temperatura de 110°C \pm 5°C.

Termómetro con aproximación de 0.5°C.

a.1) Preparación de la muestra:

Se coloca aproximadamente 1000 gramos del agregado fino, obtenido del agregado que se desea ensayar por el método del cuarteo, en un envase adecuado. Después de secarlo a peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C. Se cubre la muestra con agua y se deja en reposo durante 24 horas.

Se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí. Luego se coloca el agregado fino en forma suelta en un molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con el pisón de metal y se levanta el molde verticalmente.

Si existe humedad libre, el cono del agregado fino mantendrá su forma. Se sigue secando, revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. Esto indica que el agregado fino ha alcanzado una condición superficialmente seca.

a.2) Procedimiento:

Se introduce de inmediato el frasco una muestra de 500 gramos del material en condición saturado superficialmente seco, se llena de agua hasta alcanzar casi la marca

de 500 cm³. A una temperatura de 23°C ± 2°C. Luego se hace rodar el frasco sobre una superficie plana para eliminar todas las burbujas de aire, después del cual se coloca en un baño a temperatura constante de 23°C ± 2°C.

Después de aproximadamente 1 hora se llena con agua hasta la marca de 500 cm³, y se determina el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0.10 gramos. Se saca el agregado fino del frasco se seca hasta peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante media hora a una hora y media, y se pesa.

a.3) Expresión de resultados:

Peso Específico de Masa:

$$Pe = W_o / (V - V_a) \dots\dots\dots (1) \text{ En donde:}$$

Pe = Peso Específico de Masa.

W_o = Peso en el aire de la muestra secada al horno, expresada en gramos. V = Volumen del frasco en centímetros cúbicos.

V_a = Peso en gramos o Volumen en cm³ del agua añadida al frasco. Peso Específico

Aparente:

$$Pe,a = W_o / (V - V_a) - (500 - W_o) \dots\dots\dots (2)$$

Pe,a = Peso Específico Aparente.

Peso Específico de Masa Saturado con Superficie Seca:

$$Pe,s = 500 / (V - V_a) \dots\dots\dots (3)$$

Pe,s = Peso Específico de masa del material saturado superficialmente seco

Absorción:

$$Ab = (500 - W_o) / (W_o) * 100 \dots\dots\dots (4)$$

Ab = Porcentaje de Absorción

Precisión de los resultados:

Determinaciones por partida doble no deben diferir en ± 0.01 en el caso del peso específico y ± 0.1 en el caso del porcentaje de absorción; de no cumplirse esta condición los ensayos deberán realizarse nuevamente.

b) Peso específico del agregado grueso (NTP 400.021)

Esta Norma establece un método de ensayo para determinar el peso específico de masa, el peso específico saturado superficialmente seco, el peso específico aparente y el porcentaje de absorción (después de saturarse 24 horas en agua) del agregado grueso.

Aparatos:

Balanza con una capacidad de 5 Kg. O más y con sensibilidad de 0.5 gr. O menos.

Cesta de malla de alambre, con abertura correspondiente al tamiz 3 mm (N° 6), o menor, o un recipiente de aproximadamente igual ancho y altura con capacidad de 4000 cm³ a 7000 cm³.

Envase adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.

Estufa, capaz de mantener una temperatura de 110°C ± 5°C.

Termómetro, con aproximación de 0.5°C.

b.1) Muestra de ensayo:

Se seleccionará por el método del cuarteo, aproximadamente 5 Kg del agregado que se desea ensayar, rechazando todo material que pase el tamiz 4.75 mm. (N°4)

b.2) Procedimiento:

Después de un lavado completo para eliminar el polvo u otras impurezas superficiales de las partículas, se seca la muestra hasta peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C y luego se sumerge en agua por un periodo de 24 horas ±4 horas.

Se saca la muestra del agua y se hace rodar sobre un paño grande absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún aparezca húmeda. Se secan separadamente los fragmentos más grandes. Se tiene cuidado en evitar la evaporación durante la operación de secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición saturada superficialmente seco. Se determina éste y todos los demás pesos con aproximación de 0.5 gramos.

Después de pesar en condición SSS (Saturado Superficialmente Seco), se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso sumergido en agua a temperatura de 23°C a ± 2 °C.

Se seca la muestra hasta peso constante, a una temperatura de 100°C a 110°C y se deja enfriar hasta temperatura ambiente, durante 1 hora a 3 horas y se pesa.

Expresión de los Resultados: Peso Específico de Masa:

$$Pe = A / (B - C) \dots \dots \dots (5)$$

En donde:

Pe= Peso Específico de Masa.

A = Peso en el aire en gramos, de la muestra secada al horno.

B = Peso en el aire en gramos, de la muestra saturada con superficie seca. C = Peso en gramos, de la muestra sumergida en agua.

Peso Específico Aparente:

$$Pe,a = A / (A - C) \dots \dots \dots (6)$$

Peso Específico de Masa saturada con superficie seca:

$$P_{ss} = B / (B - C) \dots \dots \dots (7)$$

Absorción:

$$Abs. = [(B - A) / A] * 100 \dots \dots \dots (8)$$

Precisión de Resultados: Determinaciones por partida doble no deben diferir en ± 0.01 en el caso del peso específico y ± 0.1 en el caso del porcentaje de absorción; de no cumplirse esta condición los ensayos deberán realizarse nuevamente.

c) Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Grueso (NTP 400.012)

Esta norma técnica peruana establece el método para la determinación de la distribución por tamaños de partículas del agregado fino y agregado grueso por tamizado.

Aparatos:

Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo del agregado fino y agregado grueso deberán tener la siguiente exactitud y aproximación.

Para agregado fino, con aproximación de 0.1 gr. y exacta a 0.1 gr. ó 0.1% de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

Para el agregado grueso, con aproximación y exacta a 0.5 gr. ó 0.01% de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

Tamices: Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.

Agitador Mecánico de Tamices: Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o un movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado. El tiempo de tamizado se recomienda en 10 minutos.

Horno: Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

c.1) Muestreo:

Tomar muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010. El tamaño de la muestra de campo deberá ser la cantidad indicada en la NTP 400.010 ó cuatro veces la cantidad requerida en el cuadro que se presenta para el agregado grueso.

Agregado Fino: La cantidad de la muestra de ensayo, luego de secado será de 300 gramos mínimo.

Agregado Grueso: La cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la siguiente tabla.

Tabla 12

Cantidad mínima de muestra de ensayo para agregado grueso

Tamaño Max. Nominal mm (pulgadas)	Cantidad de la muestra de ensayo Mínimo
9.5 (3/8)	1
12.5 (1/2)	2
19 (3/4)	5
25 (1)	10
37.5 (1 ½)	15
50 (2)	20
63 (2 ½)	35

Fuente: Tesis de José Luis Gonzales García

c.2) Procedimiento:

Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Se seleccionan tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material al ser ensayado. El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener otra información, tal que como el módulo de finura o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por un periodo suficiente aproximadamente 10 minutos. Limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación del tamizado. Para tamices con aberturas menores que 4.75 mm. La cantidad retenida sobre alguna malla al completar el tamizado no excederá a $7\text{kg}/\text{cm}^2$ de área superficial de tamizado. Para tamices con abertura de 4.75 mm. y mayores, la cantidad requerida en Kg no deberá sobrepasar el producto de $2.5 \times$ (abertura del tamiz en mm. \times (área efectiva del tamizado, m^2).

c.3) Cálculo:

Calcular el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximadamente al 0.1% más cercano de la masa seca inicial de la muestra. Si la misma muestra fue ensayada por el método de ensayo que se describe en la NTP 400.018, incluir la masa del material más fino que la malla (N° 200) calculada por el método del lavado y utilizar el total de la masa de la muestra seca previa al lavado descrito en el método de ensayo de la NTP 400.018, como base para calcular todos los porcentajes.

Cuando se requiera calcular el módulo de finura global, se hará sumando el porcentaje acumulado retenido del material de cada uno de los siguientes tamices: (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: (N°100), (N°50), (N°30), (N°16), (N°8), (N°4), (3/8), (3/4), (1 ½), y mayores; incrementando en la proporción 2 a 1.

c.4) Reporte:

Dependiendo de las especificaciones para el uso del material, el reporte incluirá lo siguiente:

Porcentaje total que pasa cada tamiz.

Porcentaje total retenido en cada tamiz.

Porcentaje retenido entre tamices consecutivos.

Reportar el módulo de fineza cuando se solicite, al 0.01.

d) Peso unitario del agregado (NTP 400.017)

Este método de ensayo cubre la determinación de peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso, basados en la misma determinación. Este método se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm.

Aparatos:

Balanza: Una balanza con aproximación a 0.05 Kg, y que permita leer con una exactitud de 0.1% del peso de la muestra.

Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm. (5/8) de diámetro y aproximadamente 60 cm. de longitud y terminada en punta semiesférica.

Recipientes de Medida: Cilíndricos, metálicos, preferiblemente con asas, estancos con tapas y fondo firme y parejo, con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígidas para mantener su forma en condiciones severas de uso.

Los recipientes tendrán una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso la altura será menor del 80% ni mayor del 150% del diámetro.

Pala de Mano: Una pala o cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.

Equipo de Calibración: Una plancha de vidrio de por lo menos 6 mm. (1/4") de espesor y 25 mm. (1") mayor del diámetro del recipiente a calibrar.

Secar el agregado a peso constante en un horno preferiblemente a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

d.1) Selección del procedimiento:

El procedimiento para la determinación del peso unitario suelto se usará sólo cuando sea indicado específicamente.

De otro modo, el peso unitario compactado será determinado por el procedimiento de apisonado para agregados que tengan un tamaño máximo nominal de 37,5 mm (1 1/2) o menos.

d.2) Procedimiento:**Peso unitario seco compactado:**

Se llena la tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie con la mano. Se apisona la capa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y nuevamente se compacta con 25 golpes como antes. Finalmente, se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.

Al compactar la primera capa, se procura que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las dos últimas capas, sólo se emplea la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente. Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente sólo y se registra los pesos con una aproximación de 0.5 Kg.

Peso unitario seco suelto:

El recipiente de medida se llena con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de (2") por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se elimina con una regla. Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0.05 Kg.

d.3) Cálculos:

Peso unitario. - El cálculo del peso unitario compactado o suelto, es como sigue: $M = (G - T) / V \dots \dots \dots (9)$

$M = (G - T) * F \dots \dots \dots (10)$ Dónde:

M = Peso unitario del agregado en Kg/m³.

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en Kg. T = Peso del recipiente de medida en Kg.

V = Volumen de la medida en m³.

F = Factor de la medida en m⁻³.

El peso unitario determinado por éste método de ensayo es para agregados en la condición seco. Si se desea calcular el peso unitario en la condición saturado con superficie seca (sss), se utiliza la siguiente expresión:

$$M_{sss} = M[1 + (A/100)] \dots \dots \dots (11)$$

Dónde:

M_{sss} = Peso unitario en la condición saturado superficialmente seco, en kg/m^3 .

A = Porcentaje de absorción del agregado determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021 o NTP 400.022.

d.4) Contenido de vacíos:

$$\% \text{ Vacíos} = 100[(S * W) - M] / (S * W) \dots \dots \dots (12) \text{ Dónde:}$$

M = Peso unitario del agregado en Kg/m^3 . S = Peso específico de masa (base seca).

W = Densidad del agua, 998 Kg/m^3 .

d.5) Precisión agregado grueso (Peso Unitario):

Para un solo operador la desviación típica ha sido establecida en 14 kg/m^3 . Luego los resultados de dos ensayos realizados por un solo operador con el mismo material no diferirán en más de 80 Kg/m^3 .

Estos índices de precisión, desviación típica, han sido establecidos para peso normal y de tamaño máximo nominal de (1”), utilizando un recipiente de medida de $\frac{1}{2} \text{ pie}^3$ de capacidad.

d.6) Precisión agregado fino (peso unitario):

Precisión para un solo operador la desviación típica ha sido establecida en 14 Kg/m^3 . Luego el resultado de dos ensayos realizados por un solo operador con un mismo material no diferirá en más de 40 Kg/m^3 .

Estos índices de precisión y desviación típica han sido establecidos para peso unitario suelto, utilizando un recipiente de medida de $\frac{1}{10} \text{ pie}^3$ de capacidad.

Tabla 13

Capacidad de medida

TMN del Agregado		Capacidad de la Medida	
Mm	Pulg.	L(m^3)	P ³
12.5	1/2	2.8(0.0028)	1/10
25	1	9.3(0.0093)	1/3
37	1 1/2	14(0.014)	1/2
75	3	28(0.028)	1
112	4 1/2	70(0.070)	2 1/2
150	6	100(0.100)	3 1/2

Fuente: Tesis de José Luis Gonzales García

Tabla 14*Requisitos para los recipientes de medida.*

Espesor mínimo del metal			
Capacidad de Medida	Fondo	Sobre 1 ½” de Pared	Espesor adicional
Menos de 0.4 pie ³	0.2 pulg	0.10 pulg	0.10 pulg
De 0.4 p ³ a 1.5 p ³ , incluido	0.2 pulg	0.20 pulg	0.12 pulg
Sobre 1.5 p ³ a 2.8p ³ , incluido	0.4 pulg	0.25 pulg	0.15 pulg
Sobre 2.8 p ³ a 4 p ³ , incluido	0.5 pulg	0.30 pulg	0.20 pulg
Menos de 11 L, incluido	5 mm	2.5 mm	2.5 mm
Sobre 2.8 p ³ a 4 p ³ , incluido	10 mm	6.4 mm	3.8 mm
Sobre 2.8 p ³ a 4 p ³ , incluido	13 mm	7.6 mm	5 mm

Fuente: Tesis de José Luis Gonzales García**Tabla 15***Densidad del agua*

Temperatura		Kg/m³	Lb/pie³
C	F		
15.6	60	999.01	62.366
18.3	65	998.54	62.336
21.1	70	997.97	62.301
23	73.4	997.54	62.274
23.9	75	997.32	62.261
26.7	80	996.59	62.216
29.4	85	995.83	62.166

Fuente: Tesis de José Luis Gonzales García**e) Material que pasa la malla N° 200 (NTP 339.132)**

Este ensayo describe el procedimiento para determinar, por lavado, la cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200 en un agregado.

Durante el ensayo se separan de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz N° 200, tales como: Arcilla, agregados muy finos, y materiales solubles en el agua.

Aparatos:

Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que se va a ensayar.

Dos tamices, siendo el menor de (N° 200), y el otro (N° 16).

Recipientes.

Estufa, de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura constante y uniforme de $110 \pm 5^\circ \text{C}$.

e.1) Muestra de ensayo:

Tómese la muestra del agregado de acuerdo con los procedimientos descritos en la NTP (400.01). Redúzcase la muestra por cuarteo, hasta un tamaño suficiente, de acuerdo con el tamaño máximo del material, si va a ser sometida a tamizado en seco. En caso contrario, la muestra no será menor que la indicada en la tabla N° 06.

Tabla 16

Cantidad mínima de material para el ensayo

Tamaño nominal Máximo en (mm.)	Peso Mínimo en (gr.)
2.38 (N°8)	100
4.76 (N°4)	500
9.51 (3/8")	2000
19 (3/4")	2500
31.10 (1 1/2" o mayor)	5000

Fuente: Tesis de José Luis Gonzales García

e.2) Procedimiento:

Séquese la muestra de ensayo, hasta peso constante, a una temperatura que no exceda los $110 \pm 5^\circ \text{C}$. y pésese con una precisión de 0.1%.

Después de secada y pesada, colóquese la muestra de ensayo en el recipiente y asegúrese suficiente cantidad de agua por cubrirla. Agítese vigorosamente el contenido de recipiente y de inmediato viértase sobre el juego de tamices armado. Se considera satisfactorio el uso de una cuchara para agitar la muestra en el agua.

Agítese con suficiente vigor para lograr la separación total de todas las partículas más finas que el tamiz (N°200), y provocar la suspensión del material fino, de manera que pueda ser removido por decantación del agua de lavado. Es conveniente tener el cuidado necesario para no arrastrar las partículas más gruesas. Repítase esta operación hasta que el agua de lavado salga completamente limpia.

Devuélvase todo el material retenido en el juego de tamices a la muestra lavada. Sáquese el agregado lavado hasta obtener un peso constante, a una temperatura que no exceda de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ y pésese con una aproximación de 0.1% del peso de la muestra. El agua empleada no debe contener detergentes, agentes dispersantes u otras sustancias de este tipo.

e.3) Cálculos:

Calcúlese la cantidad de material que pasa el tamiz N° 200 por lavado de la forma siguiente:

$$A = [(B - C) / B] * 100 \dots\dots\dots(13) \text{ Siendo:}$$

A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200, por lavado. B = Peso original de la muestra seca, en gramos.

C = Peso de la muestra seca, después de lavada, en gramos.

f.) Análisis de contenido químico en agregados.

Los métodos utilizados en la determinación de los contenidos de sulfatos, cloruros y sales solubles serán los clásicos, como gravimetrías, cromatografías, volumetrías, extracciones, destilaciones, que son los que pondremos en práctica.

Un análisis gravimétrico típico consta de tres pasos principales. En primer lugar, la muestra que se requiere pesar se disuelve para dar una solución. Luego el elemento o ion que se está analizando se hace reaccionar con un reactivo seleccionado para que precipite de la solución, como uno de sus compuestos. Finalmente el precipitado se filtra y seca, y a veces se hace reaccionar otra vez o se calienta mucho (para formar un compuesto más estable) antes de ser pesado.

El análisis gravimétrico se debe realizar con pequeñas cantidades de sustancias, se necesitan por tanto balanzas muy precisas, como las de carga superior, de triple astil, de brazos iguales, híbridas, electrónicas, con errores en las medidas menores de 1×10^{-7} gramos.

El análisis volumétrico, lleva consigo la reacción de productos químicos en solución, para determinar la fuerza de uno de ellos. Si un químico quiere averiguar la cantidad de un ácido de una disolución, deberá utilizar una sustancia álcali que reaccione con él y que será conocida como sustancia estándar, de concentración conocida, los materiales implicados son matraz Erlenmeyer, balanza electrónica, pipetas y bureta, tomamos un volumen conocido del ácido a valorar y la introducimos en el Erlenmeyer, en la bureta colocamos el álcali de concentración conocida, la reacción final se detecta por la presencia de una sustancia

llamada indicador que vira de color cuando ha terminado la reacción entre el ácido y la base, de este modo sabemos qué cantidad de base ha requerido dicho ácido para su total neutralización, obteniendo como productos finales agua salada y el indicador.

La gama de indicadores es muy amplia, y los márgenes de viraje son los necesarios para identificar el carácter ácido o básico de las sustancias; tenemos a la fenolftaleína, azul de metileno, anaranjado de metilo, papel indicador universal o tornasol, el almidón que se usa para averiguar la presencia de yodo, etc.

El objetivo de estas determinaciones permite verificar mediante procedimientos establecidos, los contenidos de elementos y/o sustancias nocivas presentes en los agregados existentes y su interacción con el concreto.

f.1) Contenido de sulfatos solubles (NTP 339.177).

Poner 4-5 c.c de agua en un tubo de ensayo, añadir tres o cuatro gotas de ácido clorhídrico y calentar, una vez empiece a hervir se añaden unas gotas de cloruro de bario, un precipitado blanco indica presencia de SULFATOS.

f.2) Contenido de cloruros solubles (NTP 339.178).

Colocar 1-2 cm³ de agua en un tubo de ensayo, añadir unas gotas de ácido nítrico y unas gotas de nitrato de plata, si el ion CLORURO está presente se formará un precipitado de color blanco que es cloruro de plata.

g) Ensayo de abrasión (ASTM C-131)

En los agregados gruesos una de las propiedades físicas en los cuales su importancia y su conocimiento son indispensables en el diseño de mezclas es la resistencia a la abrasión o desgaste de los agregados.

La prueba consiste en hacer golpear una muestra de material con una carga abrasiva dentro de un tambor metálico (giratorio), a una determinada velocidad.

La evaluación de la resistencia a la abrasión se realiza a partir del incremento en material fino que se produce por el efecto de golpeo con la carga abrasiva dentro del tambor cilíndrico. Y de esta manera, medir el desgaste producido por una combinación de impacto y rozamiento superficial en una muestra de agregado de granulometría preparada.

La resistencia a la abrasión se usa generalmente como un índice de calidad de los agregados, ya que proporciona cierta indicación de la capacidad de éstos para producir concretos resistentes.

Para determinar la resistencia al desgaste de los agregados se emplea el ensayo en la máquina de Los Ángeles, de acuerdo con la Norma ASTM C-131.

Este ensayo consiste básicamente en colocar el agregado dentro de un cilindro rotatorio con una carga de bolas de acero por un periodo de tiempo especificado, después de lo cual se determina el porcentaje de desgaste sufrido.

El agregado grueso ensayado a desgaste no deberá mostrar una pérdida mayor del 50 por ciento en peso. Para grava, grava triturada o roca triturada.

h) Ensayo de durabilidad (ASTM C 150)

Bajo la luz de las normas vigentes, la durabilidad se ratifica como propiedad fundamental para el diseño de estructuras en concreto. Instituciones de carácter normativo como el ACI (American Concrete Institute), las normas ASTM, entre otras, le han dado la relevancia al diseño de estructuras bajo la óptica de la durabilidad como factor fundamental.

El ACI define la durabilidad del concreto de cemento Portland, como “La habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto.”

De esta manera se entiende que la durabilidad no depende únicamente de la elaboración del concreto sino del medio al que este se exponga.

La durabilidad de una estructura se debe plantear desde varios niveles. Para el caso específico del objeto de esta tesis, se pretende visualizar desde la perspectiva del material, específicamente del concreto.

h.1) Ataque ion sulfato

El ión sulfato aparece en mayor o menor proporción en todas las aguas libres subterráneas. El contenido de ión sulfato de las aguas subterráneas es considerable en los

terrenos arcillosos, constituyendo uno de los más importantes alimentos de los vegetales. En zonas áridas los sulfatos se pueden presentar en las arenas como material de aporte y en rocas carbonatadas de origen sedimentario.

Los sulfatos más abundantes en los suelos son: sulfatos de calcio, de magnesio y de sodio, todos ellos de diferente solubilidad.

La acción de los sulfatos se produce sobre el hidróxido de calcio y fundamentalmente sobre el aluminato de calcio C_3A y el ferro aluminato tetra cálcico C_3FA

El ataque del sulfato se manifiesta con una exudación de apariencia blanquecina y agrietamiento progresivo que reduce al concreto a un estado quebradizo y hasta suave.

La acción del sulfato de calcio es relativamente simple, ataca al aluminato tricálcico y en menor medida al ferro aluminato tetra cálcico, produciendo sulfoaluminato tricálcico (etringita) e hidróxido de calcio (portlandita). La acción del sulfato de sodio es doble, reacciona primero con el hidróxido de calcio generando durante la hidratación del cemento, formando sulfato de calcio e hidróxido de sodio. A su vez el sulfato de calcio ataca al aluminato tricálcico formando etringita

La acción del sulfato de magnesio es la que produce un mayor daño, en cuanto actúa sobre las fases de la pasta de cemento, como son los silicatos cálcicos, mediante una serie de acciones complejas que modifican el PH de las pastas de cemento.

El ataque por sulfatos es uno de los más peligrosos para el concreto, el agente agresivo comienza por atacar los granos de Clinker hidratados, la pasta de cemento sufre cierta expansión, se torna blanda y por último se agrieta.

De los cuatro compuestos de cemento Portland (aluminato tricálcico, aluminato tetra cálcico, silicato bicalcico y silicato tricálcico) el más vulnerable es el aluminato tricálcico (C_3A) éste compuesto reacciona con el sulfato de calcio ($CaSO_4$) mas 32 moléculas de agua ($32 H_2O$) formándose un sulfoaluminato cálcico llamado etringita ($C_3A \cdot 3 CaSO_4$) que es poco soluble y que crea muy fuertes presiones por su aumento de volumen (expansión) que es alrededor de 2.3 veces el original.



El sulfato de calcio es más agresivo que el de sodio y el de magnesio, su ataque sobre el concreto, que puede ser físico o fisicoquímico, se da por reacción con el aluminato cálcico hidratado, generando la formación de yeso en los capilares y espacios vacíos.

Este efecto inicialmente aumenta la compacidad del concreto pero como el yeso es un compuesto expansivo, finalmente deteriora el material. Teniendo en cuenta esto, se han generado múltiples recomendaciones y normas en las que se especifican ciertas características con las cuales se debe contar para lograr un concreto durable y resistente a sulfatos.

En esencia las características que debe tener un concreto para reducir el impacto del ataque de los sulfatos son:

Garantizar la baja permeabilidad y porosidad del concreto.

Reducir la reacción que tiene los sulfatos con el aluminato tricálcico.

Para garantizar la baja permeabilidad del concreto es recomendado disminuir la relación agua cemento de la mezcla, teniendo siempre en cuenta que esta no provoque posteriormente fisuras por contracción del concreto, por el calor de hidratación de la pasta de cemento. La segunda característica se debe especialmente al tipo de cemento empleado en la mezcla. De esta manera, y de acuerdo a la ASTM C 150.

Existen cementos de alta resistencia a los sulfatos (Tipo V y Tipo II), los cuales tienen un contenido moderado de Aluminato tricálcico lo que hace menos vulnerable a la mezcla de reaccionar ante la presencia de los sulfatos.

h.2) Soluciones Necesarias

Solución de sulfato de sodio.

La solución saturada de sulfato de sodio, se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo "comercial", en agua a la temperatura de 25 a 30°C (77 a 86 °F).

Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra (Na_2SO_4) o cristalizada ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), para asegurar no solamente que la solución esté saturada, sino también que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada. Se agita bien la solución mientras se está preparando.

Se enfría la solución a 21 ± 1 °C (140 ± 2 ° F) y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; se agita bien, inmediatamente antes de usarla, y en este momento debe tener un peso específico entre 1.151 y 1.174.

La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico.

Solución de sulfato de magnesio.

Se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo "comercial", en agua a la temperatura de 25 a 30 °C (77 a 86 °F).

Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra (MgSO_4) o cristalizada ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), para asegurar no solamente que la solución esté saturada, sino también que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada.

Se agita bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a una temperatura de 21 ± 1 °C (70 ± 2 °F), y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; inmediatamente antes de usarla se agita bien, y en este momento tendrá un peso específico comprendido entre 1.295 y 1.302. La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico.

h.3) Muestras

Agregado fino. - La muestra del agregado fino debe pasar toda por el tamiz de 9.5 mm (3/8"). La muestra tendrá el peso suficiente para poder obtener 100 g de cada una de las fracciones que se indican a continuación, que estén presentes la muestra en cantidad mayor del 5%.

Tabla 17

Peso mínimo requerido de agregado fino.

Tamaño		Peso mínimo requerido (g)
Pasa	Retiene	
3/8"	N° 04	100
N° 04	N° 08	100
N° 08	N° 16	100
N° 16	N° 30	100
N° 30	N° 50	100
N° 50	N° 100	100
< N° 100		

Fuente: EG 2013 – MTC

Agregado grueso.- La muestra del agregado grueso debe ser un material del que se han eliminado todas las fracciones inferiores- al tamiz de 4.75 mm (No. 4). Estos tamaños eliminados se ensayan de acuerdo con el procedimiento para el agregado fino. La muestra debe tener, como mínimo, el peso suficiente para obtener de ella, las cantidades de, las fracciones indicadas en la Tabla 8, que estén presentes en cantidad de 5% como mínimo.

Tabla 18

Peso mínimo requerido de agregado grueso.

Tamaño		Peso requerido (g)
Pasa	Retiene	
2 1/2"	2"	3000±300
2"	1 1/2"	2000±200
1 1/2"	1"	1000±50
1"	3/4"	500±30
3/4"	1/2"	670±10
1/2"	3/8"	330±5
3/8"	Nº 4	300±5

Fuente: EG 2013 – MTC

h.4) Preparación de las muestras

Agregado fino.

La muestra de agregado fino se lava bien sobre un tamiz de 300 µm (No. 50); se seca hasta peso constante, a una temperatura de 110 ±5 °C (230±9°F) y se separa en las diferentes fracciones por medio de un tamizado realizado de la siguiente manera:

Se hace primero una separación aproximada, por medio de una serie de los tamices indicados.

De cada una de las fracciones obtenidas de esta forma se separa la suficiente cantidad de muestra para poder obtener 100 g, después de tamizar sobre el correspondiente tamiz hasta rechazo (en general, son suficientes unos 110 g).

Las partículas de agregado fino que quedan encajadas en la malla del tamiz, no se emplean en la preparación de la muestra. Las muestras de 100 g, de cada una de las fracciones, después del tamizado final, se pesan y colocan por separado en los recipientes para ensayo.

Agregado grueso.

La muestra de agregado grueso se lava bien, se seca hasta peso constante, a una temperatura de 110 ±5 °C (230±9 °F) y se separa en las diferentes fracciones indicadas en el numeral 4.2, por tamizado hasta rechazo.

La cantidad requerida de cada una de estas fracciones, se pesa y se coloca, por separado, en los recipientes para ensayo. En el caso de las fracciones con tamaño superior a 19 mm (3/4"), se cuenta también el número de partículas.

Cuando son rocas deberán ser rotas en fragmentos uniformes, se pesaran 100 gr, de c/u. La muestra de ensayo pesará 5000 gr.±2%. La muestra será bien lavada y secada antes del ensayo.

h.5) Procedimiento de Ensayo

Inmersión de las muestras en la solución.

Las muestras se sumergen en la solución de sulfato de sodio o de magnesio, durante un periodo no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de manera que el nivel de la solución quede por lo menos 13 mm por encima de la muestra. El recipiente se cubre para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución, se mantienen a una temperatura de $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($70 \pm 2^{\circ}\text{F}$), durante todo el tiempo de inmersión.

Secado de las muestras, posterior a la inmersión.

Después de la inmersión se saca de la solución dejándola escurrir durante 15 ± 5 minutos y se la introduce en el horno, cuya temperatura se habrá regulado previamente a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).

Se secan las muestras hasta obtener un peso constante a la temperatura indicada. Durante el periodo de secado se sacan las muestras del horno, enfriándolas a la temperatura ambiente, y se pesan a intervalos de tiempo no menores de 4 horas ni mayores de 18 horas.

Se puede considerar que se ha alcanzado un peso constante, cuando dos pesadas sucesivas de una muestra, difieren menos de 0.1 g en el caso del agregado fino, o menos de 1.0 g en el caso del agregado grueso.

Una vez alcanzado el peso constante, se sumergen de nuevo las muestras en la solución.

El proceso de inmersión y secado de las muestras se prosigue, hasta completar el número de ciclos que se especifiquen.

Después de terminado el último ciclo y de que la muestra se haya enfriado, se lava hasta que quede exenta de sulfato de sodio o de magnesio, lo cual se reconoce en las aguas de lavado por la reacción al contacto con Cloruro Bórico (BaCl_2)

Después de eliminar todo el sulfato de sodio o de magnesio, cada fracción de la muestra se seca hasta obtener un peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ (230

± 9 °F), y se pesa. Se tamiza el agregado fino sobre los mismos tamices en que fue retenido antes del ensayo, y el agregado grueso sobre los tamices indicados a continuación, según el tamaño de las partículas.

i) Ensayo químicos en agua (NTP 339.034)

Los ensayos químicos en agua realizados en el presente trabajo de tesis, han sido elaborados siguiendo las recomendaciones y lineamientos de la norma técnica de edificación E.060 concreto armado, según procedimiento establecido por el Comité 318 ACI, adaptada por la NTP 339.034.

Lo Portland Cement Association (P. C. A.), describe que una agua natural que es bebible y que no tiene un pronunciado sabor u olor, puede ser usado como agua de mezcla para fabricar concretos, sin embargo una agua apropiada para hacer concreto no puede ser necesariamente apta para ser bebida .

El objetivo de los presentes trabajos es verificar mediante procedimientos establecidos, los contenidos de elementos y/o sustancias nocivas para el uso del agua en la elaboración de concretos y procesos de curado.

Los resultados y cuidados en obra, son representación del control de calidad de los materiales componentes que intervienen en la elaboración de concretos, verificándose la efectividad de la mezcla de diseño.

El agua a ser empleada en la preparación del concreto ha sido evaluada a partir de los requisitos de la Norma NTP 339.088, potable.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

Tabla 19

Límites permisibles para el agua de mezcla y curado

Descripción	Limite permisible
Sólidos en suspensión	5,000 ppm Máximo
Materia Orgánica	3 ppm Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000 ppm Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600 ppm Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1,000 ppm Máximo
pH	5 a 8 Máximo

Fuente: Norma NTP 339.088

i.1) Identificación de Cloruros

Materiales

Tubo de ensayo grande
 Dos tubos de ensayo pequeños
 Dos goteros
 Probeta de 10 cm

Insumos

Nitrato de plata
 Ácido Nítrico 60 %
 Cloruro de sodio, para el ensayo

Preparación de los reactivos

Nitrato de plata: Disolver 0,17 g de Nitrato en 10 cm³ de agua destilada.

Procedimiento

Medir 10 ml de muestra de agua. En un matraz Erlenmeyer añadir 50 ml de agua destilada, agregar 3 a 4 gotas de Cromato de Potasio, medir PH, ajustar si es necesario.

Colocar la solución de nitrato de plata en una bureta, añadir unas gotas en la muestra solución hasta obtener cambio de coloración, si el ión cloruro está presente se formará un precipitado de color rojizo, anotar el consumo.

El cálculo se hará de la siguiente manera:

$$\frac{VAg \text{ NO}_3 * N * f * 1000}{Vol \text{ muestra}}$$

i.2) Identificación de Sulfatos

Materiales

Tubo de ensayo grande
 Espátula
 Vidrio de reloj
 Balanza
 Dos tubos de ensayo pequeños

Mechero

Una probeta de 10 cm³

Dos goteros

Insumos

Ácido clorhídrico 35%

Cloruro de Bario

Sulfato de sodio para el ensayo.

Preparación de los reactivos

Ácido clorhídrico: Mezclar 5 cm³ de ácido clorhídrico del 35 % y 25 c.c de agua destilada.

Cloruro de Bario: Disolver 1 g de cloruro de Bario dihidratado en 10 c.c de agua destilada.

Procedimiento

Poner 4-5 c.c de agua en un tubo de ensayo, añadir tres o cuatro gotas de ácido clorhídrico y calentar, una vez empiece a hervir se añaden unas gotas de cloruro de bario, un precipitado blanco indica presencia de SULFATOS. Anotar el consumo

El cálculo se hará de la siguiente manera:

$$\frac{V_{Ba\ So_4} * N * f * 1000}{Vol\ muestra}$$

3.8.3.2 Metodología para el diseño de mezclas

3.8.3.2.1 Secuencia de diseño (ACI 211)

Los siguientes pasos se consideran fundamentales en el proceso de selección de las proporciones de mezcla para alcanzar las propiedades deseadas en el concreto. Ellos deben efectuarse independientemente del procedimiento de diseño seleccionado.

- 1.- Estudiar cuidadosamente los requisitos indicados en los planos y en las especificaciones de obra.
- 2.- Seleccionar la resistencia promedio requerida para obtener en obra la resistencia de diseño especificada por el proyectista. En esta etapa se deberá tener en cuenta la desviación estándar y el coeficiente de variación de la compañía constructora, así como el grado de control que se ha de ejercer en obra.
- 3.- Seleccionar, en función de las características del elemento estructural y del sistema de colocación del concreto, el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

- 4.- Elegir la consistencia de la mezcla y expresarla en función del asentamiento de la misma. Se tendrá en consideración, entre otros factores la trabajabilidad deseada, las características de los elementos estructurales y las facilidades de colocación y compactación del concreto.
- 5.- Determinar el volumen de agua de mezclado por unidad de volumen de concreto, considerando el tamaño máximo nominal del agregado grueso, la consistencia deseada y la presencia de aire, incorporado o atrapado, en la mezcla.
- 6.- Seleccionar la relación agua/cemento requerida para obtener la resistencia deseada en el elemento estructural. Se tendrá en consideración la resistencia promedio seleccionada y la presencia o ausencia de aire incorporado.
- 7.- Determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto, en función del volumen unitario de agua y de la relación agua cemento seleccionada.
- 8.- Determinar las proporciones relativas de los agregados fino y grueso. La selección de la cantidad de cada uno de ellos en la unidad cúbica de concreto está condicionada al procedimiento de diseño seleccionado.
- 9.- Determinar, empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla, considerando que el agregado está en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad del agregado.
- 10.-Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados fino y grueso.
- 11.-Ajustar las proporciones seleccionadas de acuerdo a los resultados de los ensayos de la mezcla realizados en el laboratorio.
- 12.-Ajustar las proporciones finales de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados bajo condiciones de obra.

3.8.3.2.2 Diseño y dosificación de mezclas de concreto:

El diseño de mezclas tiene como propósito transmitir al concreto en estado fresco y endurecido de ciertas propiedades mínimas requeridas de acuerdo al tipo de obra, a la función que va a desempeñar la estructura y las condiciones climáticas del lugar, todo esto producido con la mayor economía posible, por lo tanto el diseño está relacionado a la forma en que nosotros asumamos las propiedades que consideremos más importantes que debe cumplir y que son obtenidas mediante cambios en las proporciones de los componentes del concreto. Este método de dosificación utiliza estos cambios en las proporciones, de tal manera que podamos comprobar, con qué relación agua/ cemento y

con qué módulo de finura obtenemos las mejores propiedades para el concreto, que estos materiales nos puedan brindar

a) Selección de las proporciones:

Las proporciones estará en concordancia con el Método del ACI para concretos de resistencia media con agregados del rio Huallaga y Parapapura.

b) Procedimiento de diseño:

1) Elección del Asentamiento:

Se desea obtener un asentamiento de 3" a 4", que cumpla la consistencia plástica.

2) Determinación del Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado grueso: Se obtuvo del análisis granulométrico del agregado grueso $TMN = 1/2"$.

3) Estimación del Volumen Unitario de Agua y el Contenido de Aire:

Está comprobado experimentalmente que la cantidad de agua para concreto está en función al Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado grueso y del grado de fluidez que queramos que tenga nuestro concreto medido en términos de su consistencia (Slump).

La selección del volumen unitario de agua se refiere a la determinación de la cantidad de agua que se debe incorporar a la mezcladora, por unidad cubica de concreto, para obtener una consistencia determinada cuando el agregado está en estado seco.

Para la determinación del volumen unitario de agua base, utilizaremos como punto de partida la Tabla N° 10, cuya fuente es: Proportioning Ready Mixed Concrete (Delmar L. Bloem and Stanton Walker)

Tabla 20

Volumen unitario de agua

Tamaño máximo nominal del agregado grueso (Pulg)	Volumen unitario de agua expresado en Lt/m ³ para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado									
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"					
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	183	213	203	228	232					252
1/2"	183	203	198	218	223					242
3/4"	173	193	188	208	208					228
1"	163	183	178	198	198					218
1 1/2"	158	173	173	188	188					208
2"	148	163	163	178	178					198
3"	138	153	153	168	163					183

4) Selección de la relación agua/cemento:

La selección de la relación agua/cemento está en función de la resistencia a compresión a la que pretendemos llegar y de la durabilidad que deseemos adopte nuestro concreto, para esto existen tablas dadas por el comité 211 ACI, y otras instituciones más como el IMCYC, diseñadas con agregados que obedecen a características de otras latitudes. Pero para este caso como nuestro propósito no es obtener un $f'c$ especificado, sino determinar que resistencias obtenemos haciendo variar la granulometría de nuestro agregado en función de su módulo de finura, se estableció a nuestro criterio las siguientes relaciones agua/cemento teniendo como punto de partida la tabla 21.

Las relaciones agua/cemento de mostraremos a continuación, se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado esta en condición saturado superficialmente seco, es decir que no toma ni aporta agua. La relación agua/cemento efectiva se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se obtiene en consideración la condición real de humedad del agregado.

Tabla 21

Relación agua/cemento por resistencia

f'_{cr} (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: Comité 211 del ACI.

Esta tabla es una adaptación confeccionada por el comité 211 del ACI, la resistencia corresponde a resultados de ensayos de probetas cilíndricas estándares de 15 por 30 cm.

Tabla 22*Contenido de aire*

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Comité 211 del ACI.**5) Calculo de la cantidad de cemento en peso:**

Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen de concreto y la relación agua/cemento seleccionada, se puede seleccionar el factor de cemento por unidad cubica de concreto mediante la división del volumen unitario de agua, expresado en litros por metro cúbico, entre la relación agua/cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento por unidad cubica de concreto. Estará en función de la relación agua/cemento y la cantidad de agua ya definida:

$$\text{Cemento (Kg)} = \text{Peso del agua (Kg)} / \text{Relación a/c}$$

6) Estimación del volumen de agregado fino y grueso:

Para obtener el porcentaje de agregado fino y grueso realizaremos un estudio granulométrico de la mezcla de agregados, Las curvas mezcla que se encuentren en los límites granulométricos superior e inferior, de las cuales una será la curva base o posible mejor combinación y las otras dos restantes como alternativas, a efectos de poder determinar como varían las propiedades del concreto para diferentes proporciones fino/grueso.

Una vez establecidas la cantidad de agua, cemento, aire (pasta de cemento), calculamos por diferencia con la cantidad el volumen de agregado total por metro cúbico de concreto. Con esto determinamos los volúmenes absolutos de agregado fino y grueso y posteriormente dividiéndole entre su peso específico de masa (seco), obtenemos los pesos secos el agregado fino y grueso que intervendrían en la unidad cúbica de concreto.

Como los agregados no están en estado de saturado superficialmente seco, son corregidos por su humedad natural y absorción.

Luego de pesar los materiales y ponerlos dentro de la mezcladora, procedemos al mezclado, cuyo tiempo se establece en la norma que describiremos posteriormente (de acuerdo al tipo de mezcladora), luego del mezclado procedemos hacer el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams y vemos si cumple con las características que deseamos (3" a 4" y un buen aspecto). En caso de no cumplir, entonces volvemos a diseñar la mezcla hasta lograr el deseado.

7) Cantidad de material por metro cúbico:

Una vez que se logró hallar las condiciones necesarias del diseño de mezcla, se procederá a cuantificar la cantidad de material que se necesita por metro cúbico para un determinado diseño. En nuestro caso hemos obtenido diferentes valores para cada una de las relaciones agua/cemento. Con esto tendremos un estimado de cuanto material necesitamos para lograr un metro cubico de concreto.

Estos valores son hallados tanto en el diseño en seco como el diseño en obra; en nuestro caso, como las propiedades de todos los elementos utilizados se encuentran con valores normales y casi invariables, solo es necesario poner atención al diseño en seco, ya que el diseño en obra puede variar por el procedimiento constructivo que se siga y por el grado de control que en ella e esté tomando en cuenta.

3.8.3.2.3 Ensayos para mezclas de concreto.

Para poder cuantificar la calidad del concreto es necesario desarrollar ensayos tanto en su estado fresco como endurecido, de tal manera que nos permita apreciar los cambios que sufren las propiedades del concreto cuando se modifican las proporciones de los materiales utilizados. Antes de describir el procedimiento de los ensayos que desarrollaremos, presentamos la metodología que se siguió para la toma de muestra del concreto fresco, y la elaboración y curado en el laboratorio de muestras de concreto para ensayos de laboratorio, establecidos por las NTP 334.036 y 339.033 respectivamente.

a) Elaboración y curado en el laboratorio de muestras de concreto para ensayos de laboratorio (NTP 339.033):

El objeto es establecer un procedimiento para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo usando concreto compactado por apisonado o vibración como se describe en la presente norma.

a.1) Aparatos:

Moldes en general. Los moldes para la muestra y los sujetadores de dichos moldes deben ser de acero, hierro forjado o de otro material no absorbente y que no reaccione con el concreto utilizado en los ensayos. Deben estar conforme a las dimensiones y tolerancias especificadas en el método para la cual debe ensayarse.

Moldes cilíndricos reutilizables. Deben estar hechos de un metal de alta resistencia o de otro material rígido no absorbente. El plano transversal del cilindro debe ser perpendicular al eje del cilindro.

La tolerancia en la medida del diámetro exigido debe ser de ± 2.0 mm. ; y en la altura la tolerancia será de ± 6.0 mm.

Los moldes de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, como es el que usaremos en nuestro caso deben estar de acuerdo con las especificaciones ASTM – 470.

Varilla compactadora. Debe ser de acero estructural, cilíndrico y el extremo compactador debe ser semiesférica con radio igual al radio de la varilla según el diámetro y longitud, la varilla compactadora puede ser de dos tipos:

Varilla compactadora larga. De diámetro igual a (5/8”), y aproximadamente (24”) de longitud.

Varilla compactadora corta. De diámetro igual a (3/8”) y aproximadamente (12”) de longitud.

En este trabajo se utilizó la varilla compactadora larga.

Apisonador. Debe ser de caucho, que pese 0.57 ± 0.23 kg. (1.25 ± 0.5 lb).

Balanzas. Las balanzas para determinar el peso de las muestras deben tener una precisión de 0.30 %.

a.2) Muestras:

a.2.1 Muestras cilíndricas. Puede ser de varios tamaños, siendo el mínimo de 50.0 mm (2”) de diámetro por 100 mm (4”) de longitud.

Las muestras cilíndricas para los ensayos, exceptuando el flujo plástico bajo carga (creep), deben ser moldeadas con el eje del cilindro vertical y dejándolo en esta posición durante el fraguado.

Tamaño de la muestra de acuerdo con el tamaño del agregado. El diámetro de una muestra cilíndrica o la mínima dimensión de una sección transversal rectangular deben ser por lo menos tres veces mayor que el tamaño máximo del agregado grueso utilizado en la elaboración de la mezcla. Partículas superiores al tamaño máximo deben ser retiradas de la mezcla, durante el moldeo.

Número de muestra. Para cada edad debe elaborarse tres o más muestras los especímenes de ensayo que tienen en cuenta el análisis de una variable, deben ser elaborados a partir de tres bachadas separadas, mezclas en días diferentes. En todas las bachadas debe elaborarse un número igual de especímenes.

Generalmente, los ensayos se hacen a edades de 7 a 28 días para compresión, a edades de 14 y 28 días para flexión

En el presente trabajo de Tesis se tomó as los 7, 14 y 28 días

a.3) Recomendaciones tomadas en cuenta para la preparación de los materiales:

a.3.1 Temperatura. Los materiales deben estar a una temperatura uniforme preferiblemente entre 20 a 25 °C antes de ser mezclados.

a.3.2 Cemento. El cemento debe almacenarse en recipientes impermeables (preferiblemente metálicos) y colocados en un lugar seco. Debe ser mezclado previamente para conseguir su uniformidad durante el ensayo, ser pasado por el tamiz (N° 20), para retirar cualquier grumo y ser mezclado de nuevo.

a.3.3 Agregados. Para evitar la segregación del agregado grueso, sepárese en fracciones de tamaño individual y recombínese luego, para cada bachada, con las proporciones necesarias para producir la gradación deseada. Cuando una fracción de tamaño está presente en cantidad superior al 10%, el cociente entre el tamaño del tamiz superior y el del inferior no debe exceder de 2.0%. Se aconseja aún más cercano de tamaño.

Aunque el agregado fino se separe en fracciones de tamaño individual manténgase en condición húmeda o devuélvase a su condición húmeda hasta que sea usado para prevenir la segregación.

Antes de incorporarse en el concreto, el agregado debe prepararse a una condición definida y uniforme de humedad.

a.4) Determinése el peso del agregado que va a ser usado en la bachada por uno de los siguientes procedimientos:

1.- Los agregados de baja absorción (absorción inferior al 1.0%) pueden ser pesados en un ambiente seco, teniendo en cuenta la cantidad de agua que será absorbida por el cemento. Este procedimiento es particular útil para el agregado grueso, el cual debe ser reducido a fracciones de tamaños individuales, por peligro de segregación, este procedimiento puede ser usado en agregados finos únicamente cuando tal agregado se separa por tamaños individuales.

2.- Las fracciones de tamaños individuales pueden ser pesadas separadamente, recombinadas en un recipiente tarado en las cantidades requeridas para la bachada y sumergidas por 24 horas antes de su uso.

Después de la inmersión se deja decantar el exceso de agua y se determina el peso del agregado combinado junto con el agua de mezcla. Debe tenerse en cuenta el agua absorbida por el agregado.

3.- El agregado puede llevarse hasta y mantenerse en una condición saturada, con una humedad superficial suficiente para evitar pérdidas por secado, al menos 24 horas antes de su uso.

Cuando se utiliza este método, la humedad del agregado debe ser determinada para poder calcular las cantidades de agregado saturado que se va a utilizar. La humedad superficial debe considerarse como una parte del agua de mezcla. Este método descrito, es particularmente útil para agregados finos. Es menos usado para agregados gruesos, debido a la dificultad para encontrar con precisión la humedad, pero cuando es usado, cada fracción de tamaño individual debe manejarse separadamente para asegurar la obtención de una gradación apropiada.

4.- Los agregados finos y gruesos pueden ser llevados hasta y mantenerlos en una condición saturada, superficialmente seca, hasta que sean pesados para su uso. Este método se usa principalmente para preparar material para bachadas que no excedan de 0.007 m³ (1/4 pie³) en volumen. Debe tenerse mucho cuidado en evitar el secado durante su pesaje y uso.

Recomendaciones tomadas en cuenta para el procedimiento de mezclado:

Mezcla de concreto. La mezcla de concreto debe ser tal que deje un 10% de residuo después de haber moldeado la muestra de ensayo.

Mezcla con máquina. Antes que empiece la rotación de la mezcladora se debe introducir el agregado grueso con algo de agua que se use en la mezcla y la solución del aditivo. Se pone en funcionamiento la mezcladora, al cabo de unas cuantas revoluciones se adiciona el agregado fino, el cemento, microsílíce y el agua.

Seguidamente se debe mezclar el concreto durante tres minutos a partir del momento en que todos los ingredientes estén en la mezcladora. Se apaga la mezcladora durante tres minutos y se pone en funcionamiento durante dos minutos de agitación final.

Se debe cubrir el extremo abierto de la mezcladora para evitar la evaporación durante la mezcla.

Debe restituirse todo mortero que se pierda por adhesión a la mezcladora para conservar las proporciones

El concreto se debe recibir en un recipiente limpio y seco para agitarlo con un badilejo o pala hasta hacerlo uniforme al concreto y evitar la segregación.

a.5) Vaciado del concreto:

Lugar del moldeo. Se deben moldear las muestras lo más cerca posible del lugar donde se van a guardar para su fraguado en las siguientes 24 horas. Los moldes se llevaran al depósito inmediatamente después de su elaboración. Colóquese los moldes sobre una superficie rígida y libre de vibraciones, evitando inclinaciones y movimientos bruscos. Transpórtese evitando sacudidas, golpes, inclinaciones o raspaduras de la superficie.

El concreto se debe colocar en los moldes utilizando un badilejo o herramienta similar. Se debe seleccionar el concreto de tal manera que la muestra sea representativa de la mezcla, además, se debe mezclar continuamente la mezcla del concreto durante el llenado del molde con el objetivo de prevenir la segregación.

En la colocación de la capa final se debe intentar colocar una capa de concreto que complete exactamente el relleno del molde.

El número de capas para nuestro caso, que utilizamos muestras cilíndricas de 300 mm. Es de tres, y de 100 mm cada una, y el método de compactación será el de apisonado.

Compactación. Los métodos de compactación son: apisonado (por varillado) y vibración (externa e interna). Si el concreto tiene un asentamiento mayor de 3” debe usarse el método de apisonado o el de vibración, prefiriéndose el método usado en la ejecución de obra. Si el asentamiento es inferior a 1”, debe usarse el método de vibración. No se debe usar vibración interna para cilindros con diámetro inferior a 100 mm.

Apisonado por varillado. Se coloca el concreto en el molde con el número de capas requeridas, que para nuestro caso son tres, aproximadamente del mismo volumen.

Se apisona cada capa con la parte redonda de la varilla, con 25 golpes cada capa, la capa inicial se apisona introduciendo la varilla hasta el fondo del molde. La distribución de golpes para cada capa debe ser uniforme sobre toda la sección transversal del molde.

Para cada capa superior a la inicial se debe atravesar aproximadamente en 12 mm (1/2”) la capa anterior. En caso de dejar algunos huecos por la varilla se debe golpear ligeramente con el martillo de goma los lados del molde para cerrar dichos huecos. Después de la compactación, se debe efectuar el acabado con las manipulaciones mínimas, de tal manera que la superficie quede plana y pareja al nivel del borde del cilindro o lado del molde, y no debe tener depresiones o protuberancias mayores de 3.2 mm (1/8”).

Acabo en cilindro. Después de la compactación, se debe efectuar el acabado de la superficie por medio de golpes con la varilla apisonadora cuando la consistencia del concreto lo permita y con un badilejo o llana de madera. Si se desea, puede colocarse una capa de pasta de cemento sobre el espécimen a manera de frenado (capping). De acuerdo a la NTP 339.037.

a.6) Curado:

Cubrimiento después del acabado. Para evitar la evaporación de agua del concreto sin endurecer, los testigos deben ser cubiertos inmediatamente después del acabado, preferiblemente con una platina no reactiva con el concreto, o con una lámina de plástico dura e impermeable. Se permite el uso de lona húmeda para el cubrimiento de la muestra, pero se evitará el contacto directo de la muestra con la lona, la cual debe permanecer húmeda durante las 24 horas contadas a partir del acabado de la muestra.

Extracción de la muestra:

Las muestras deben ser removidas de sus moldes en un tiempo no menor de 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración cuando no se emplean aditivos; en caso contrario se podrá emplear tiempos diferentes.

Ambiente de curado:

Se deben mantener las muestras en condiciones de humedad con temperatura de 23.0 ± 2.0 C°, desde el momento del moldeo hasta el momento de ensayo. El almacenamiento durante las primeras 48 horas de curado debe hacerse en un medio libre de vibraciones.

Las condiciones de humedad deben lograrse por inmersión de la muestra sin el molde en agua.

Se permite lograr la condición de humedad por almacenamiento en cuarto húmedo. No se debe exponer los especímenes a condiciones de goteo o corrientes de agua. Deben evitarse que se sequen las paredes de la muestra luego del periodo de curado.

Nota: cómo podemos apreciar la determinación del $f'c$, implica realizar los ensayos bajo condiciones controladas que están definidas en las normas que acabamos de mencionar. Muchas veces existen tergiversaciones con respecto a estas condiciones controladas, por el desconocimiento de la base estadística de estos conceptos suponiéndose en ocasiones que el muestreo y la obtención de probetas con los métodos estandarizados, el curado a 100% de humedad y 21°C de temperatura constantes que fijan las normas, y el ensayo a cierta velocidad de carga con la preparación previa de las superficies de los testigos, tienden a “favorecer” los resultados pues no reflejan la “realidad”, de la obra, dándose ciertos casos en que se sigue el apartarse de estos procedimientos estandarizados en la idea de que “son mas representativos” del concreto in-situ.

Nada más alejado de lo correcto, pues si no se obtienen, curan y ensayan los testigos como se ha indicado, no tendrían significado probabilístico, ya que al no responder a una metodología científica carecería de validez estadística y lo único que se lograría es causar confusión y distorsión en la evaluación de estos parámetros.

b) Peso unitario, rendimiento y contenido de aire del concreto (NTP 339.046).

El peso unitario se refiere al peso que tiene el concreto en un determinado volumen, puede también entenderse como el porcentaje de un determinado volumen del concreto que es material sólido.

La presente norma establece un procedimiento para determinar el peso del concreto fresco por m^3 , el volumen de concreto producido con una mezcla de cantidades conocida de los materiales componente, el rendimiento, osea el volumen de concreto por unidad de volumen de cemento, el factor real de cemento y el contenido de aire del concreto gravimétricamente.

Aparatos:

Balanza con sensibilidad de 50 gr.

Barra compactadora, recta de acero, lisa de 16 mm de diámetro, de aproximadamente de 60 cm de longitud y punta semiesférica.

Recipiente, cilindro de metal a prueba de agua, preferiblemente con asa, maquinado interiormente o preparado mediante el rolado de planchas. El recipiente deberá ser reforzado alrededor de la parte superior con un aro de acero de 38 mm de ancho.

Según el tamaño máximo nominal del agregado grueso, los recipientes requeridos tendrán capacidades de 14 dm^3 ($1/2 \text{ pie}^3$), 28 dm^3 (1 pie^3) y estarán de acuerdo con lo indicado en la tabla 23.

Tabla 23

Requisitos dimensionales para las medidas cilíndricas

Capacidad P^3	Dm^3	Tamaño máximo nominal del agregado grueso
1/2	14	Hasta 2" inclusive
1	28	Mayor de 2"

Fuente: Tesis de José Luis Gonzales García

Calibración del recipiente:

El recipiente se calibra determinando con precisión, el peso de agua a 21°C que se requiere para llenarlo (nota: el factor para cualquier recipiente se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 21°C tomando como 1000 kg/m^3 entre el peso del agua a la misma temperatura de 21°C que se requiere para llenar el recipiente).

Se puede obtener un llenado preciso del recipiente mediante el uso de una lámina de vidrio.

Llenado y compactación del recipiente:

El recipiente se llena hasta un tercio de su capacidad y la masa del concreto se compacta con 25 golpes cuando se use un recipiente de (1/2 pie³) y 50 golpes para un recipiente de (1 pie³), de la misma manera se llenan las dos capas restantes, cuidando que la última se llene con un ligero exceso.

Al compactar la primera capa, la barra no debe golpear el fondo del recipiente. Al compactar la segunda y tercera capa se aplica la fuerza necesaria para hacer que la barra penetre ligeramente en la superficie de la capa anterior. Los golpes de la compactación se distribuyen uniformemente sobre la sección.

Alisado, limpiado y pesado:

La superficie superior se alisa y termina con una placa de cubierta plana, teniendo mucho cuidado de dejar el recipiente lleno justo hasta su nivel superior. El material adherido en las paredes externas se limpia y luego el recipiente lleno se pesa con aproximación de 50 gr.

Resultados:

Peso por metro cúbico: se calcula el peso neto del concreto restando del peso bruto, el peso del recipiente, se calcula por metro cúbico, multiplicando el peso neto por el factor del recipiente usado.

Volumen: Se calcula el volumen del concreto fresco producido en cada mezcla de la siguiente manera:

$$V_H = ((N * P_C) + P_{AF} + P_{AG} + P_A) / (P_U) \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

V_H = volumen de concreto fresco producido por mezcla en m³

N = Número de bolsas de cemento por mezcla

P_C = Peso neto de una bolsa de cemento en kg.

P_{AF} = Peso total del agregado fino de la mezcla en la condición en que se usa en kg. P_{AG} =
Peso total del agua de mezclado añadido a la mezcla en kg.

P_U = Peso unitario del concreto fresco en kg por m³.

Rendimiento:

Se calcula como sigue:

$$Y = V_H/N \dots\dots\dots (16) \text{ Donde:}$$

Y = Rendimiento del concreto fresco por bolsa de cemento en m^3

Rendimiento relativo:

El rendimiento relativo es la relación entre el volumen real de concreto obtenido y el volumen de diseño de mezcla. Se calcula como sigue:

$$Y_r = V_H/V_D \dots\dots\dots (17)$$

Donde:

Y_r = Rendimiento relativo.

V_D = volumen de diseño de mezcla de concreto en m^3 . Factor de cemento:

Se calcula como sigue:

$$N_M = 1/Y \quad \text{ó} \quad N_M = N/V_H \dots\dots\dots (18) \text{ Donde:}$$

N_M = N° de bolsas de cemento por m^3 de concreto. Contenido de aire:

Se calcula como sigue:

$$A = ((P_{UN} - P_U) / (P_{UN})) * 100 \dots\dots\dots (19)$$

$$A = ((V_H - V_T) / (V_H)) * 1000 \dots\dots\dots (20)$$

Donde:

A = Contenido total de aire (% de vacíos) en el concreto fresco.

P_{UN} = Peso unitario nominal del concreto fresco en kg/cm^3 calculado como si tuviera aire.

V_T = Suma de los volúmenes absolutos de cada componente de la mezcla en m^3 .

El peso unitario nominal por m^3 , es una determinación de laboratorio, cuyo valor se supone que permanece constante para todas las mezclas que se hacen, usando componentes y proporciones idénticas. Se calcula de la siguiente manera:

$$P_{UN} = (W_i) / (V_T) \dots\dots\dots (21) \text{ Donde:}$$

W_i = Peso total de los ingredientes componentes de la mezcla

El volumen absoluto de cada ingrediente es igual al peso de dicho ingrediente dividido entre el producto de su peso específico multiplicado por la densidad del agua.

Para el cemento se puede usar el valor de 3.15 salvo que se determine el peso específico real por medio del método de ensayo para determinar el peso específico del cemento hidráulico de acuerdo a la norma INTINTEC correspondiente.

c) Medición o estimación de la consistencia (NTP 339.035):

Esta norma establece la determinación del asentamiento del concreto fresco tanto en el laboratorio como en el campo.

Este método se aplica para concretos plásticos con agregados hasta 1½" (37.5 mm.), si el agregado es mayor, el método es aplicable cuando el ensayo se realiza con la fracción del concreto que pasa la malla de 1½", removiendo los agregados mayores de acuerdo con la sección titulada.

Aparatos:

Molde. El molde está constituido de un metal no atacable por la pasta de cemento, con un espesor mínimo de 1.5 mm. Y su forma es la de un tronco de cono abierto a sus extremos. Las dos bases son paralelas entre sí: de 20 cm. de diámetro en la base inferior y 10 cm. de diámetro en la base superior formando un ángulo recto con el eje del cono. La altura del cono es de 30 cm. y será provisto de agarraderas de aleta de pie.

Barra compactadora. Una barra de acero lisa de 16 mm. (5/8") de diámetro, de aproximadamente 60 cm. y terminado en punta semiesférica.

La forma más usada y práctica de evaluar la consistencia se realiza de la siguiente manera:

Procedimiento:

Mediante el cono de Abrams. El cual consiste en llenar un recipiente troncocónico en tres capas de igual volumen, cada capa será chuseada con 25 golpes en forma concéntrica de afuera hacia dentro, mediante la varilla lisa. En la capa inferior es necesario inclinar un poco la barra y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro, acercándose progresivamente en espiral hacia el centro de la sección. La capa inferior se compacta en todo su espesor. Las capas siguientes se compactan de igual modo procurando que la barra penetre ligeramente en la inmediata inferior.

El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Si después de compactar hubiese una deficiencia de material, se añadirá la cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del molde. Luego se procederá a enrasar utilizando una plancha de albañilería o la barra compactadora.

Una vez terminada la operación anterior, se levanta el molde cuidadosamente en dirección vertical. Inmediatamente después se mide el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono deformado. Esta operación se hará aproximadamente en 5 a 10 segundos evitándose los movimientos laterales o torsionales. La operación completa desde el principio de llenado hasta la remoción del molde se hará sin interrupción y en un tiempo no mayor de 2.5 minutos.

En caso de que se presente una falla por corte, donde hay una separación de una parte de masa, este ensayo será desechado y debe realizarse uno nuevo con otra parte de la muestra. Si esto ocurre dos veces consecutivas es una mezcla de concreto presumiblemente esta carece de plasticidad y cohesión necesaria para la validez de éste ensayo.

Expresión de resultados:

La consistencia del concreto se establece por el asentamiento el que está determinado por la diferencia entre la altura del molde y la altura del cono deformado, medida en el eje y expresada en centímetros o en pulgadas.

Luego levantamos el cono y procederemos a medir el asentamiento que ha experimentado el concreto con respecto a la altura del cono.

3.2.3.3 Instrumentos bibliográficos.

3.2.3.3.1 De lo relacionado a normas de concreto

Se hizo uso de los libros y revistas que traten del tema en forma generales y también de aquellos textos y revistas que tocan el tema en forma puntual, rigiéndose a las Normas establecidas.

Las Normas utilizados para el desarrollo de los ensayos son:

Análisis por tamices para la determinación de la granulometría de los agregados fino y grueso, de acuerdo a ASTM C 136 o NTP 400.012.

Material más fino que la malla N° 200 en el agregado determinado por lavado, de acuerdo a ASTM C 117.

Impurezas orgánicas en el agregado fino, de acuerdo a ASTM C 40 o NTP 400.013.

Peso unitario y vacíos en el agregado, de acuerdo a ASTM C29 o C 29 M; NTP 400.017.

Peso específico y absorción en el agregado grueso de acuerdo a ASTM C 127 o NTP 400.021.

Peso específico y absorción del agregado fino de acuerdo a ASTM C 128 o NTP 400.022.

Terminología relacionada con los agregados, de acuerdo a ASTM C 125.

Especificación para tamices a ser empleados en ensayos, de acuerdo a ASTM D 2419.

Requisitos de los agregados NTP 400.037.

Toma de muestras de agregado NTP 400.010.

Agua para concreto-Requisitos NTP 339.088.

Método de ensayo para mediciones del asentamiento del concreto fresco con el cono de abrams.

Muestras de concreto a ser utilizadas en la preparación de probetas cilíndricas para el ensayo a compresión ITINTEC 339.036 ITINTEC 339.033.

Método de ensayo para la elaboración, curado y rotura de probetas cilíndricas de concreto, ASTM C 192 – ITINTEC 339.034.

3.8.3.3.2 De lo relacionado a las técnicas estadísticas.

a) Diseño experimental

El **diseño experimental** es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental.

En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas qué variables hay que manipular, de qué manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para

poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto.

El diseño experimental encuentra aplicaciones en la industria, la agricultura, la mercadotecnia, la medicina, la ecología, las ciencias de la conducta, etc. constituyendo una fase esencial en el desarrollo de un estudio experimental

Es una prueba o un conjunto de pruebas durante el cual se realizan cambios sistemáticos y controlados a las variables de entrada para medir el efecto sobre la variable de salida óptima.

b) Principios básicos del diseño de experimentos

Repetición. Viene a ser la reproducción o réplica del experimento básico (asignación de un tratamiento a una unidad experimental). Las principales razones por las cuales es deseable la repetición son: primero por que proporciona una estimación del error experimental, siendo tal estimación confiable a medida que aumenta el número de repeticiones, y segundo permite estimaciones más precisas del tratamiento en estudio.

Aleatorización. Asignación al azar de tratamiento a las unidades experimentales.

Una suposición frecuente en los modelos estadísticos de un diseño de experimentos es que: las observaciones o los errores están distribuidos independientemente, la aleatorización hace válida esta suposición.

Control Local. Cantidad de balanceo, bloqueo y agrupamiento de las unidades experimentales que se emplean en el diseño estadístico de un experiment

c) Conceptos básicos

Experimento. Prueba o series de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso (los factores que se estudian) o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida.

Unidad experimental. Unidad a la cual se le aplica un sólo tratamiento (que puede ser una combinación de muchos factores) en una reproducción del experimento.

Error experimental. Describe la situación de no llegar a resultados idénticos con dos unidades experimentales tratadas de igual forma y refleja: (a) errores de experimentación, (b) errores de observación, (c) errores de medición, (d) variación del material experimental (esto es, entre unidades experimentales), (e) efectos combinados de factores

extraños que pudieran incluir las características en estudio, pero respecto a los cuales no se ha llamado la atención en la investigación.

Agrupamiento. Colocación de un conjunto de unidades experimentales homogéneas en grupos, de modo que los diferentes grupos puedan sujetarse a distintos tratamientos.

Bloqueo. Distribución de las unidades experimentales en bloques, de manera que las unidades dentro de un bloque sean relativamente homogéneas, de esta manera, la mayor parte de la variación predecible entre las unidades queda confundida con el efecto de los bloques.

Balanceo. Obtención de las unidades experimentales, el agrupamiento, el bloqueo y la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales de manera que resulte una configuración balanceada.

Tratamiento o combinación de tratamientos. Conjunto particular de condiciones experimentales que deben imponerse a una unidad experimental dentro de los condiciones del diseño seleccionado.

Factor. Una variable independiente que tiene influencia sobre la respuesta de salida. Generalmente, se trabaja con más de una variable independiente y con los cambios que ocurren en la variable dependiente, cuando ocurren variaciones en una o más variables independientes.

Confusión. Cuando los efectos de dos o más factores no se pueden separar.

3.2.3.3.3 INSTRUMENTOS DE LABORATORIO.

Todos aquellos los que permitan realizar los estudios para concreto la obtención de un de alta resistencia (Ensayos de materiales)

Los equipos utilizados en el laboratorio para los ensayos son:

Juego de tamices.

Tamizador eléctrico.

Maquina Mezcladora de concreto 4.5 pie³.

Molde de compactación y varilla.

Cono de abrams.

Prensa eléctrica.

Balanzas.

Estufa.

Equipo para el capeo de probetas.

Probetas y fiolas.

3.8.4 Procesamiento de informacion

3.8.4.1 Ensayos preliminares.

Antes de realizar el diseño de mezclas se procedió a realizar los ensayos preliminares (ver anexo N° 01) a los agregados (fino y grueso) con la finalidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas de estos materiales a fin de determinar si cumplen con las especificaciones técnicas de las Normas Peruanas y de la ASTM.

3.8.4.1.1 Características físicas del agregado fino.

En la evaluación del agregado fino los procesos de ensayo se realizaron de acuerdo a las normas técnicas mencionadas en el Marco Teórico, lográndose obtener los resultados que se muestran en el cuadro N° 01, a ello debo adicionar que los resultados que se muestran es un promedio aritmético de tres muestras analizadas:

Diámetro máximo nominal	: 4.76
Módulo de finura	: 2.70
Peso específico seco (gr/cc)	: 2.61
Absorción (%)	: 0.58
Humedad (%)	: 4.00
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	: 1568.67
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	: 1632.67
Contenido de Finos (%)	: 5.54

De todo esto sus detalles de análisis de laboratorio se encuentran consolidados en los anexos N° 01.01, N° 01.02.

3.8.4.1.2 Características físicas del agregado grueso.

De la misma manera se evaluó las características mediante ensayos del agregado grueso en los diferentes tamaños nominales (1/2", 3/8") de donde se obtuvo los resultados que se muestran en el cuadro N° 02 y N° 03 de los cuales los resultados que se muestran es un promedio aritmético de tres muestras analizadas.

Cuando se analizó tomando como base el tamaño máximo nominal de 3/8" de obtuvieron los siguientes resultados:

Diámetro máximo nominal	: 3/8"
Módulo de finura	: 0.00
Peso específico seco (gr/cc)	: 2.61
Absorción (%)	: 0.71
Humedad (%)	: 0.00
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	: 1292.33
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	: 1392.00

De la misma manera cuando se analizó tomando como base el tamaño máximo nominal de 1/2" de obtuvieron los siguientes resultados:

Diámetro máximo nominal	: 1/2"
Módulo de finura	: 0.00
Peso específico seco (gr/cc)	: 2.64
Absorción (%)	: 0.46
Humedad (%)	: 0.00
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	: 1454.33

Peso unitario compactado (Kg/m³) : 1528.67

Estos resultados se lograron obtener a través de la combinaciones de los agregados tomadas como muestras, ya que estos por si solos no estaban dentro del huso granulométrico, por lo que se vio necesario realizar las combinaciones a fin de obtener un agregado óptimo para el diseño de mezclas en cada uno de los tamaños máximos. Estas combinaciones se realizaron de acuerdo al cuadro N° 04, donde se detalla que para obtener un agregado que cumpla con las condiciones que establece las normas que lo rigen se tuvo que combinar en un porcentaje de 17% de agregado de tamaño máximo nominal de 1/2" y un 38% de agregado de tamaño máximo nominal de 3/8", de los que se detallan líneas abajo los resultados finales:

Diámetro máximo nominal	: 1/2"
Módulo de finura	: 0.00
Peso específico seco (gr/cc)	: 2.62

Absorción (%) : 0.66

Humedad (%) : 0.00

Peso unitario suelto (Kg/m³) : 1319.87

Peso unitario compactado (Kg/m³) : 1415.23

Debo adicionar que todos los detalles de análisis de laboratorio que se hacen mención líneas arriba se encuentran consolidados.

3.8.4.1.3 Presencia de partículas chatas y alargadas.

Asimismo se evaluó la presencia de agentes en el agregado grueso que puedan intervenir negativamente en la resistencia final del concreto; los resultados se muestran en el cuadro N° 05; los resultados finales de muestran líneas abajo:

Chatas y Alargadas (%): 0.77

Cabe hacer mención que el resultado que se muestra el promedio aritmético de tres muestras analizadas y cuyo consolidado de los análisis de laboratorio

3.8.4.1.4 Presencia de partículas desmenuzables.

Se realizó el análisis de presencia de terrones de arcilla y partículas desmenuzables que pueda existir en el agregado grueso, cuyos resultados se pueden visualizar en el cuadro N° 06, el mismo que después de ser procesado se obtuvo un resultado final de: Terrones de Arcilla y Delezables (%): 0.27. Cabe hacer mención que el resultado que se muestra el promedio aritmético de tres muestras analizadas y cuyo consolidado de los análisis de laboratorio de pueden visualizar en los anexos N° 01.06.

3.8.4.1.5 Análisis químico

De la misma manera con el ímpetu de lograr la meta se analizó los agentes químicos que puedan intervenir denegadamente en la obtención del objetivo, cuyos resultados se pueden verificar en los cuadros N° 07, N° 08 y N° 09, cuyos cálculos finales de pueden visualizar líneas abajo:

Contenido de p.p.m en Agregado fino.

Sales : 20

Sulfatos : 6.18

Cloruros : 8.96

Contenido de p.p.m en Agregado Grueso.

Sales : 22

Sulfatos : 7.42

Cloruros : 10.48

Contenido de p.p.m en Agua.

Sales : 53.1

Sulfatos : 14.3

Cloruros : 16.2

De la misma manera el resultado consolidado de los análisis de laboratorio de pueden visualizar en los anexos N° 01.07.

3.8.5.2 Diseño del concreto patrón.

Para este diseño se tomó como referencia de inicio la relación agua/cemento de la tabla N° 11, y después de varias tandas de prueba se ha ido ajustando esta relación buscando obtener un diseño óptimo preparándose diseños tentativos 1, 2 y por ultimo lograr una relación de agua/cemento de diseño final. Para la presente investigación la relación a/c utilizada para el diseño final de concreto patrón fue de 0.38 y las proporciones de agregados fueron de 40% de agregado fino y 60% de agregado grueso de tamaño máximo nominal de ½”.

Se utilizó el método del ACI para el diseño de mezcla de concreto patrón final y cuya secuencia es la que se detalla líneas abajo:

1.- Materiales:

a. Cemento:

Pacasmayo Tipo I

Peso específico3.11 b. Agua:

Potable, de la red de servicio pública de Tarapoto.

c. Agregado Fino:

Peso específico de masa.....2.61 gr/cc

Absorción.....0.58 %

Contenido de humedad.....	4.00 %
Módulo de fineza.....	2.70
Peso Unitario Suelto.....	1568.67(Kg/m ³)
Peso Unitario Compactado.....	1632.67(Kg/m ³)
Porcentaje de agregado.....	40%

d. Agregado Grueso:

Tamaño máximo nominal.....	1/2"
Peso Unitario compactado.....	1415.23 Kg/m ³
Peso Unitario Suelto.....	1319.87 Kg/m ³
Peso específico de masa.....	2.62 gr/cc
Absorción.....	0.66 %
Porcentaje de agregado.....	60 %

2.- Selección del tamaño máximo nominal del agregado

De acuerdo a las especificaciones, a la granulometría del agregado grueso, le corresponde un tamaño máximo nominal de 1/2".

3.- Selección del asentamiento

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones de colocación, requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, correspondiente a un asentamiento de 3" a 4".

4.- Volumen unitario del agua

El volumen unitario de agua necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 3" a 4", en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1/2", es de 216 lt/m³, pero como estamos diseñando un concreto de alta resistencia se hicieron ajustes en el volumen unitario de agua al comprobar que la consistencia de la mezcla resultaba muy seca llegando a un volumen unitario de agua de 280 lt/m³.

5.- Contenido de aire

Desde que la estructura a ser vaciada no va a estar expuesta a condiciones de intemperismo severo, no se considera necesario incorporar aire a la mezcla.

De la Tabla 9 se determina que el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1/2" es de 2,5%.

6.- Relación agua/cemento

No presentándose en este caso problemas de intemperismo que pudieran dañar al concreto, se seleccionó la relación agua/cemento por resistencia a partir de la tabla

8 del ACI, después de tandas de prueba se ajustó finalmente en 0.38.

7.- Factor cemento

El factor cemento se determina dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua/cemento:

$$\text{Factor cemento} = 280/0.38 = 744.0 \text{ Kg/m}^3 = 17.5 \text{ bolsas/m}^3$$

8.- Volumen de la pasta

$$\text{Cemento} \dots\dots\dots 744.0/3.11*1000 = 0.239 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} \dots\dots\dots 280.0/1*1000 = 0.280 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} \dots\dots\dots 2.5\% = 0.025 \text{ m}^3$$

$$\text{Suma de volúmenes conocidos} = 0.544 \text{ m}^3$$

9.- Volumen de los agregados

Ahora por diferencia determinamos el volumen de los agregados es decir el volumen del concreto es igual volumen de la pasta más volumen de los agregados

$$1 - 0.544 \text{ m}^3 = 0.456 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} \dots\dots\dots 0.456 \text{ m}^3 * 0.40 = 0.182 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedra} \dots\dots\dots 0.456 \text{ m}^3 - 0.182 = 0.274 \text{ m}^3$$

10.- Peso seco de los agregados

$$\text{Arena} \dots\dots\dots 0.182 \text{ m}^3 / 2.61 \text{ gr/cm}^3 * 1000 = 475.0 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Piedra} \dots\dots\dots 0.274 \text{ m}^3 * 2.62 \text{ gr/cm}^3 * 1000 = 717.0 \text{ kg/m}^3$$

11.- Humedad superficial de los agregados (humedad-absorción)

$$\text{Arena} \dots\dots\dots 4.00 - 0.58 = 3.42 \text{ Lt.}$$

$$\text{Piedra} \dots\dots\dots 0.00 - 0.66 = -0.66 \text{ Lt.}$$

12.- Aporte de humedades de los agregados

$$\text{Arena} \dots\dots\dots 475.0 \text{ kg/m}^3 * (3.42) \text{ Lt} / 100 = 16.20 \text{ Lt.}$$

$$\text{Piedra} \dots\dots\dots 717.0 \text{ kg/m}^3 * (-0.66) \text{ Lt} / 100 = -4.70 \text{ Lt.}$$

$$\text{Aporte de Humedad Total} = -11.50 \text{ Lt.}$$

13.- Agua Efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} + \text{Aporte de humedad}$$

$$\text{Agua efectiva} = 280.0 \text{ Lt.} + (-11.50) \text{ Lt.} = 269.0 \text{ Lt.}$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis

4.1.1 Generalidades

Al finalizar el presente trabajo la información obtenida a partir de los resultados de ensayos y diseños de mezcla elaborados durante la etapa de investigación, resumiendo finalmente los aspectos más relevantes del proceso de la presente tesis.

Los materiales usados para la presente investigación fueron:

Agregado fino triturado procedente de la Cantera del río Cumbaza que cumple con las características establecidas por Rivva López (2012, p. 33).

Agregado grueso chancado procedente de la Cantera río Huallaga que cumple con las características establecidas por Rivva López (2012, p. 34).

Cemento Pacasmayo tipo I.

Todo lo relacionado al manejo de ensayos de agregados, se hicieron bajo las Normas Peruanas e Internacionales.

En cuanto a la resistencia del concreto obtenida, se indica; que no hay un trabajo que haya permitido compararlo, por falta de investigación referente al tema, teniendo como punto de partida la presente investigación, para trabajos similares que puedan realizarse en el futuro; sin embargo resulta necesario manifestar que en los últimos tiempos se ha despertado el interés en este tema y está siendo motivo de investigación e incrementándose progresivamente.

4.1.2 Ensayos preliminares:

Se determinaron las propiedades físicas de los agregados fino y grueso. Los porcentajes de arena y piedra al usar el agregado combinado se determinaron por el ensayo de máxima compacidad; es decir que la mezcla sea trabajable, quedando en una proporción de 40% y 60% respectivamente. Se optó por la utilización del Agregado Grueso de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ " , dado que este permite que se tenga mayor área superficial de los agregados individuales, que tenga una forma troncocónica, y por ende se incremente la

resistencia debido a la reducción en el esfuerzo de adherencia promedio; y de esa manera nos acercaríamos más a lo planteado por Rivva (2012, p. 34).

Con respecto al agregado fino se optó por aquel que tenga una textura suavizada y no muy fina; cumpliendo esos requisitos la arena triturada que al mismo tiempo por su contextura permite llenar los vacíos que deja el agregado grueso de una forma compacta que aumenta considerablemente la resistencia, teniendo en cuenta lo sugerido por Rivva López (2012, p. 33)

De la misma manera se ha tratado de verificar todos los agentes que puedan influir negativamente en la obtención y concretización de los objetivos; para ello se tiene que tener materiales de óptima calidad; en este caso se analizó la presencia de partículas chatas y alargadas; dado que de encontrarse en cantidades significativas influye negativamente en la resistencia final del concreto; el resultado obtenido fue de 0.77%, la misma que se encuentra muy por debajo a lo establecido en la norma que es 10%; como se puede verificar en el cuadro N° 05, el cual se deriva la aplicación sugerida por el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales (2013, p. 560).

Así mismo, de verifico la presencia de partículas desmenuzables y los agentes químicos que se pudieran encontrar en los principales insumos a utilizarse en la fabricación del concreto, obteniéndose resultados alentadores y que se encuentran muy por debajo de lo que permite las normas que lo rigen; los detalles se muestran en lolas tablas 6, 7, 8 y 9, el cual deriva de la aplicación de lo sugerido por el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales (2013, p. 560).

De igual manera se analizó a profundidad el agregado grueso al ser sometido a abrasión y a los ensayos de durabilidad para verificar que al ser sometidos a condiciones severas respondan favorablemente y los resultados lo avalan tal como se detallan en las tablas 10 y 11.

4.1.3 Diseños de mezcla

Con respecto a los diseños de Mezcla se realizaron mediante el método del ACI (2005, p. 92), diseños tentativos como se muestran en las tablas 12, 13, 15 y 16, llegando a un diseño final como se detalla en el cuadro 18 y 19.

En la tabla 18, se puede verificar los diseños sin aditivos y con aditivos, de los cuales se puede visualizar que para el concreto patrón (sin aditivos), la cantidad de insumos es utilizada en la proporciones de cemento en una cantidad de 744 kg/m³, con una cantidad de agua de 280 lt/ m³ y una relación de agua/cemento de 0.38, propuesto por el Programa Estratégico de Investigación de Carreteras (1991, p. 4).

Al introducir aditivo superplastificante, los insumos quedan en 700 kg/m³ de cemento con una ligera reducción en la cantidad de agua a 250 lt/m³ y una relación de agua/cemento de 0.37 (Programa Estratégico de Investigación de Carreteras, 1991, p.

4). De la misma manera al incrementar a esta el Microsílice y manteniendo la cantidad de cemento se incrementa la cantidad de agua a 286lt/m³ con una relación de agua/cemento de 0.41 (Instituto del Concreto Pretensado, 1994, p. 4).

Los diseños de mezcla finales manifestado en proporciones en volumen se muestran en el cuadro N° 37, con los cuales se elaboraron probetas y ensayados para verificar su resistencia al ser sometidos a esfuerzos de compresión.

4.1.4 Propiedades del concreto en estado fresco.

El control de calidad del concreto fresco depende de primera instancia de los procedimientos de muestreo que permitan contar con muestras representativas, la Norma ASTM C 172 (2005, p.45) da las pautas a seguirse en el muestreo, las mismas que fueron aplicadas en la presente investigación.

Lo más relevante en este trabajo es el peso unitario del concreto fresco, en la tabla 11, se muestra los resultados obtenidos y en la gráfica se puede visualizar un incremento paulatino del peso unitario del concreto sin aditivos y el concreto con aditivos.

Así mismo, el concreto fresco está sujeto a pérdida de slump conforme corre el tiempo después de elaborada la tanda de mezcla, más aun si esta contiene microsílice, este comportamiento se pudo verificar al prepararse las tandas de prueba, tal y como se muestra en la tabla 18.

4.1.5 Propiedades del concreto en estado endurecido.

En el concreto endurecido se pueden realizar muchos ensayos de tipo destructivo y no destructivo para evaluar sus características en este estado, en el presente trabajo solo

trataremos el ensayo de resistencia a la compresión axial en probetas normalizadas de concreto.

Luego de ser sometidos a esfuerzos de compresión los especímenes fueron regulares, poca porosidad y deformaciones mínimas, textura uniforme tomándose como aceptables para realizar la investigación.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTOS

5.1 Discusion de resultados

5.1.1 Agregados

En la gráfica de curva granulométrica del agregado grueso, se puede notar que la misma no se encontró dentro del uso seleccionado, determinados por la norma NTP 400.012 (2006, p. 69), por lo cual se procedió a realizar combinaciones con el fin de obtener un agregado de granulometría uniforme que este dentro de los límites establecidos en la norma referida. Los resultados de las combinaciones realizadas están descritas en el tabla 4.

Por cuanto es necesario producir en planta el agregado grueso con una granulometría bien gradada para poder utilizarse como agregado en concreto de alta resistencia (Rivva López, 2012, p. 34).

Las características físicas del agregado fino han cumplido con los requisitos que exige la norma, encontrándose su granulometría dentro del huso seleccionado

La prueba de durabilidad de los agregados permite obtener la información de estabilidad de un agregado. Los agregados inestables se disgregan ante la presencia de condiciones atmosféricas desfavorables y resultan evidentemente insatisfactorios como agregados para preparar mezclas de concreto, los valores obtenidos de las pruebas en arena y piedra indican una calidad aceptable de los materiales frente a procesos de desgaste y degradación, bajo la acción de agentes atmosféricos.

En el ensayo de abrasión el objeto es conocer la calidad del material pétreo desde el punto de vista de su desgaste, ya sea por el grado de alteración del agregado, o por la presencia de planos débiles y aristas de fácil desgaste. Esta característica es esencial cuando el agregado va a estar sujeto a desgaste por abrasión como en el caso de los pavimentos de concreto (ASTM C 131, 2005, p. 80)

5.1.2 Ajustes en el diseño de mezclas.

Luego de obtenido las características físicas de los agregados, así como del cemento y aditivos se procedió a realizar los diseños Tentativos 1 y 2, el detalle se muestra en los anexos N° 02.1 y N° 02.02 y las tablas 12, 14,15 y 17, basados en la teoría para concretos de alta resistencia (Rivva López, 2012, Pág. 37) y la práctica del Laboratorista, sin obtener los

resultados esperados, de tal manera que se hicieron los ajustes en todos los insumos para luego hacer un rediseño en la mezcla, en base de los diseños descritos líneas arriba.

5.1.3 Diseño del concreto patrón

Este diseño obtenido es considerado como el diseño de Concreto Patrón y como base para los demás diseños.

5.1.4 Consistencia

El asentamiento obtenido para los concretos elaborados en la presente tesis estuvo en el rango de 2.5" a 3.5" y se ha mantenido el mismo asentamiento equilibrando el comportamiento del microsílíce que absorbe bastante agua por ser material en polvo muy fino, con el superplastificante, lo que se verifica en la table 18

5.1.5 Peso unitario de concreto fresco.

En los especímenes de concreto fresco con aditivo microsílíce el peso unitario se incrementa, comparado con el concreto patrón; debido a la disminución de vacíos que presenta la mezcla.

5.1.6 Resultados de la resistencia a la compresión

Con el diseño final y definitivo de mezcla, se ha obtenido concreto de resistencia para $f'c=.210 \text{ kg/cm}^2$.

5.1.7 Análisis estadístico.

Con los datos obtenidos con el diseño final de mezcla se procedió a realizar un análisis estadístico, para realizar una comparación de los comportamientos al esfuerzo a compresión.

5.1.8 Contrastación de hipótesis.

De acuerdo a los resultados mostrados en las tablas 26, 27 y 28, donde se muestra un nivel de significancia altamente significativa al agregar aditivos a la mezcla y sin ella; de tal manera que **se valida la hipótesis** ya que al establecer una adecuada dosificación de agregados de Rio Huallaga y Rio Parapapura se ha obtenido resistencia sobre las solicitadas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar la ceniza de arroz para obtener nuevos resultados en cuestión a la resistencia y nuevas propiedades.

Se recomienda utilizar tipos de sustitutos natural como es la cáscara de coco.

Se recomienda no utilizar la cascarilla de arroz en su estado natural

Es importante tener en cuenta la evaluación de este tipo de materiales de otros ingenios del estado.

Desarrollar análisis de durabilidad de este tipo de concretos.

Motivar el estudio de los materiales alternativos en otros sistemas Constructivos.

CONCLUSIONES

Se determinó que a mayor porcentaje de cascarilla de arroz disminuye la resistencia a la compresión del concreto

Se evaluó que el porcentaje adecuado al 1% de cascarilla de arroz mantiene su resistencia del concreto

Se logró obtener que la cascarilla de arroz en cuanto a su densidad esta aligerada su peso en un 2%.

Con la presente investigación se determinó que la cascarilla de arroz no aumenta la resistencia con respecto aun concreto de 210kg/cm² para un proceso constructivo.

Con respecto a los ensayos de resistencia mecánica, se encontró que la sustitución parcial de CDA por agregado fino, no fue benéfica, ya que los concretos con el 5 y 10% de CDA alcanzaron resistencias menores con respecto a un concreto convencional. Sin embargo, el concreto con un 5% de CDA a los 60 días desarrolló una resistencia casi a la de diseño (335 kg/cm²).

En tanto al ensayo de densidad aparente normada por la ASTM C642, se encontró que esta es inversamente proporcional a la cantidad sustituida por ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Teniendo en cuenta la porosidad total, los concretos con CDA, presentan resultados muy parecidos a los del concreto convencional, aunque inferiores.

Sin embargo, en el ensaye y análisis del coeficiente de porosidad efectiva (K), se encontró que a los 60 días este factor es casi indistinto para la cantidad de sustitución de CDA. Mostrándose inferior en el concreto con el 5% de ceniza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Riva, J. (2004) *“Naturaleza y materiales del concreto”*. II Congreso internacional del a construcción y expocon.
- Sandino, A.(2003) *“Hormigón”*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería.
- Díaz, C. (2001) *“Naturaleza del concreto”* Facultad de ingeniería Civil del Sistemas y Arquitectura. Universidad nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Asociación Colombiana de Productores de Concreto (2002) – ASOCRETO. Tecnología y propiedades del concreto.
- Gilisagasti, N, E., (2003) *“monografía del cemento”*, Cementos Lima, S..A. “Guía práctica del cemento”
- NMX-C-414-ONNCCE (2004) Industria de la construcción. Cementos hidráulicos. Especificaciones y métodos de prueba.
- NMX-C-061-ONNCCE (2004) Industria de la construcción. -Cementos- Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.
- NMX-C-059-ONNCCE (2004) Industria de la construcción. - Determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos (método Vicat)
- NMX-C-062-ONNCCE (2004) Industria de la construcción. Método de prueba para determinar la sanidad de cementantes hidráulicos.
- “Estudio de Metodología de Ensayo para Calificación de Áridos”, de la Comisión Tecnología del Hormigón de la Cámara Chilena de la Construcción.
- Guevara, L. (2010) *“Caracterización física de agregado grueso para concreto hidráulico proveniente de bancos de la región de Xalapa en base a la normativa de la ONNCCE”*. Tesis Ing. Civil. México, Universidad Veracruzana de Xalapa, Ver. Facultad de ingeniería.

ANEXOS

PANEL FOTOGRÁFICO



FOTO 1: Se muestra el proceso del tamizado de la muestra extraída zarandeando de un lado a otro tapando la parte superior para una mayor precisión del ensayo.



FOTO 2: Una vez de finaliza el zarandeo se procede a separar el agregado fino con el agregado grueso como se aprecia en la foto.



FOTO 3: Luego se procede a pesar los agregados en la balanza electrónica para poder saber la cantidad exacta de la muestra.



FOTO 4: Ya pesado la muestra se procede a secado mediante la estufa electrónica como se aprecia en la foto.



FOTO 5: Se aprecia en la foto la colocación de la probeta dentro del esclerómetro para determinar la resistencia del concreto requerido en el presente estudio



FOTO 6: Se aprecia las diferentes probetas donde se determinó la resistencia del concreto requerido llegando a una conclusión de una resistencia de 210 kg/cm^2 .

ESTUDIO DE CONCRETO