

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia de viga con cemento sustituido en 8% y 10%
por la combinación de ceniza de lodo de papel y esquisto.**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Ruiz Sanchez, Aderlly Ruben

Asesor

Castañeda Gamboa, Rogelio

Chimbote – Perú

2018

PALABRAS CLAVE

Tema	Resistencia de Viga a la flexión
Especialidad	Concreto

KEY WORDS

Theme	Bending resistance of vigne
Speciality	Concrete

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Area	2. Ingeniería y Tecnología
Sub – area	2.1 Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil

TITULO:

**“RESISTENCIA DE VIGA CON CEMENTO SUSTITUIDO EN
8% Y 10% POR LA COMBINACIÓN DE CENIZA DE LODO
DE PAPEL Y ESQUISTO”**

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene por objetivo determinar el efecto de sustituir 6% de ceniza de lodo de papel, 2% de roca esquisto y 6% de ceniza de lodo de papel, 4% de roca esquisto en la resistencia a la flexión de un concreto.

Es una investigación aplicada y explicativa, de diseño experimental en bloque completamente al azar, con un enfoque cuantitativo. Se elaboró 27 probetas (9 para patrón, 9 con 8% y 9 con 10%). La técnica fue la observación y como instrumentos tuvimos las fichas técnicas de laboratorio de Mecánica de suelos y ensayos de materiales. El proceso de los datos se realizó con los programas Excel y SPSS.

Para el análisis de los datos se elaboró tablas, gráficos, porcentajes, medias, varianzas y pruebas de hipótesis.

Lo que se quiso encontrar en el proyecto, es la adición parcial en un concreto estructural hasta en un 8% y 10% para corroborar si mejoró la resistencia del concreto y reducir gastos en construcciones.

ABSTRACT

This research project aims to determine the effect of substituting 6% ash paper sludge, 2% shale rock and 6% ash paper sludge, 4% rock shale in the flexural strength of a concrete.

It is an applied and explanatory research, experimental design in randomized complete block, with a quantitative approach. 27 specimens (9 for pattern 9 9With 8% and 10%) .The technique will be developed observation and as instruments have the technical specifications of laboratory soil mechanics and materials testing. The data processing will be done with Excel and SPSS programs. For analysis of data tables, graphs, percentages, means, variances and hypothesis testing will be developed.

What we expect to find if the project were implemented, it is the partial addition to a structural concrete up to 8% and 10% to improve the strength of concrete and reduce costs in buildings.

ÍNDICE GENERAL

PALABRAS CLAVES.....	i
TÍTULO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE.....	v
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	01
1.1 ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN.....	01
1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	02
1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	03
1.4 MARCO REFERENCIAL.....	03
1.5 HIPÓTESIS.....	31
1.6 OBJETIVOS.....	31
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	32
2.1 TIPO Y DISEÑO.....	32
2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	33
2.3 TÉCNICA E INSTRUMENTOS.....	33
2.4 PROCESO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	34
2.5 METODOLOGÍA.....	34
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
CAPÍTULO IV: COCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
5.1 CONCLUSIONES.....	61
5.2 RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
APÉNDICES Y ANEXOS.....	65

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. - ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

Ruiz, A. & Hilario M. (2016) (Pag.22) En su estudio de tesis sostienen que al sustituir 3% y 5% de cemento con cenizas de lodo de papel en una mezcla de concreto, se obtuvieron los siguientes resultados:

Se concluyó que en la Prueba de Compresión, en las Probetas Experimentales se alcanzó una resistencia promedio de 152.68 Kg/cm² (76.32%) en los primeros 7 días; superando así a las probetas patrón 146.26 Kg/cm² (70.12%).

Así mismo, a las 14 días se obtuvo una resistencia promedio de 176.87 Kg/cm² (81.84%) y con un patrón de 188.27 Kg/cm² (88.99%).

A las 28 días se obtuvo 207.98 Kg/cm² (98.99%) y un patrón de 209.07 Kg/cm² (99.98%).

Coveñas, E. & Tomas, B. (2016) (Pag.35) En su estudio de tesis sostienen que al sustituir el 3% de cemento con roca esquisto en una mezcla de concreto, se obtuvieron los siguientes resultados:

Se concluyó que en la Prueba de Compresión, en las Probetas Experimentales se alcanzó una resistencia promedio de 112.40 Kg/cm² (54.14%) en los primeros 7 días; superando así a las probetas patrón 157.26 Kg/cm² (76.91%).

Así mismo, a las 14 días se obtuvo una resistencia promedio de 155.80 Kg/cm² (73.95%) y con un patrón de 193.27 Kg/cm² (88.07%).

A las 28 días se obtuvo 175.75 Kg/cm² (83.45%) y un patrón de 214.07 Kg/cm² (102.19%).

Obteniéndose así malos resultados en todas las edades, con la sustitución del 3% de roca esquisto.

1.2. - JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Investigación se basa en que si la combinación de cenizas de lodo de papel y roca esquisto puede ser un sustituto de uno de los materiales más utilizados en la actualidad en la construcción: el cemento, en un diseño de Concreto.

El presente proyecto trata de contribuir con avances tecnológicos para obtener un mejor concreto y que esté al alcance de la población de la Zona Rural „Cambio Puente“ y la disminución de contaminación.

En este sentido, se busca lograr mejorar las características de dicho concreto, a base de utilizar un material (Ceniza de lodo de papel) que es considerado como desecho Industrial por las fabricas papeleras y que por lo regular no se le da un uso provechoso; además la roca esquisto que está compuesto por un gran porcentaje de calcio. Ambos materiales se componen de SiO_2 (Oxido de Silicio), esta propiedad puede ser utilizada en el proceso de construcción de obras como sustituto parcial del Cemento, ya que éste posee también dicho componente (SiO_2) y así podría funcionar la sustitución.

Sin vulnerar el desequilibrio ecológico se ha tomado en principio la cantera Rubén en Chimbote, perteneciente a la provincia del santa.

En el presente proyecto tratamos de contribuir con avances tecnológicos para obtener un mejor concreto hidráulico y estructural, se tendrá en cuenta el aspecto económico para que esté al alcance de la población de la provincia del santa.

1.3. -PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La diversidad de aplicaciones que tiene el cemento en la actualidad hace que sea necesario elaborar productos de diferentes características, obedeciendo a las distintas necesidades de resistencia mecánica y química, color, tiempos de fraguado y costes, entre otras. Para lograrlo se requiere utilizar, en su elaboración, sustancias naturales o sintéticas que impriman al cemento las propiedades requeridas. Esta función la cumplen las llamadas puzolanas.

Donde dentro de las puzolanas se encuentra las cenizas de lodo de papel y la roca esquisto.

La Investigación se basa en que si la combinación de cenizas de lodo de papel y roca esquisto puede ser un sustituto de uno de los materiales más utilizados en la actualidad en la construcción: el cemento, en un diseño de Concreto.

El presente proyecto trata de contribuir con avances tecnológicos para obtener un mejor concreto y que esté al alcance de la población de la Zona Rural Cambio Puente" y la disminución de contaminación.

En este sentido, se busca lograr mejorar las características de dicho concreto, a base de utilizar un material (Ceniza de lodo de papel) que es considerado como desecho Industrial por las fabricas papeleras y que por lo regular no se le da un uso provechoso; además la roca esquisto que está compuesto por un gran porcentaje de calcio.

PROBLEMA

¿Cuál es la resistencia a la flexión de una viga de concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento sustituido en 8% y 10% por la combinación de ceniza de lodo de papel y esquisto, en comparación con un diseño convencional?

1.4. -MARCO REFERENCIAL

1.4.1. -TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

El concreto, presenta un comportamiento viscoso, mientras que la otra, formada por los agregados, muestra un comportamiento casi elástico. Estando los agregados rodeados y separados entre ellos por la pasta de cemento. Resulta así, la definición de un material heterogéneo, cuya estructura particular posibilita un comportamiento inelástico; siendo las deformaciones de la fase viscosa susceptible de ser modificadas por el tiempo y las condiciones de curado, creando tensiones internas considerables. Por otra parte a los problemas de diseño y construcción, característicos de las fábricas de piedra, de índole mecánica según las formas y las masas de los elementos,

se unen en las construcciones de concreto multitud de otros factores, que deben ser conocidos y apreciados por el Ingeniero, que interviene directamente en su fabricación desde una primera instancia. Así pues, ha de estudiar el tipo y calidad de los áridos, los problemas de fraguado y endurecimiento del aglomerante, la dosificación del conjunto, su fabricación y puesta en obra, su comportamiento bajo la acción de las cargas y de los agentes destructivos (Gonzales. M, 1962).

Indica que, una nueva ciencia, de alta calidad experimental, tiende a solucionar éstas cuestiones. Ella es la Geología, que estudia e investiga la estructura física de las pastas, su deformación y relación con las propiedades requeridas en cada tipo de construcción. En el caso del concreto normal conocemos que al ser usado en pavimentos, tiene principalísima importancia la resistencia a la tracción, al rozamiento e intemperismo y la relación que guardan con el tipo de áridos, la compacidad, etc. Igualmente en el caso del concreto en grandes masas, es necesario tener en cuenta la retracción y dilatación debida a las temperaturas de fraguado y la influencia del tipo del cemento, el curado y forma de la puesta en obra. En las obras portuarias de concreto, es preciso considerar la acción de sucesivos choques o impactos así como la acción destructora del agua de mar, incidiendo en la calidad y compacidad del agregado, la hidraulicidad de la pasta (Gonzales. M, 1962).

Indica que, en el caso del concreto armado acrecentar la resistencia a la tracción y mejorar la docilidad de las mezclas frescas son los problemas característicos que afrontan el Ingeniero. En general las altas resistencias a la compresión (600 Kg/cm².), no son objeto de búsqueda en el concreto armado, pues la resistencia a la tracción no crece proporcionalmente con la de compresión. Por otra parte, el aumento consiguiente del módulo elástico trae consigo una reducción de la sección que colabora en la resistencia, al hacer abstracción de la zona solicitada a

tracción. La plasticidad produce fenómenos de adaptación que mejoran condiciones de trabajo de los elementos. Que serían utilizados en forma incompleta en un régimen puramente elástico (Gonzales. M, 1962).

1.4.2. -CONCRETO:

El concreto es un pseudo sólido, sujeto en el tiempo a fenómenos físicos-químicos localizados en la pasta de cemento, por la actividad del mismo, como por el equilibrio termodinámico con el ambiente. El concreto ha sido definido así como un sistema de dos fases, una de las cuales, la pasta del cemento (Gonzales, M. 1962).

COMPONENTES

a) CEMENTO:

Define que, el cemento es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, aluminio y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Se excluyen las cales hidráulicas, cales aéreas y yesos.

Tabla N° 1 : Composición Química del Cemento

% DE ÓXIDOS (PESO)	RANGO
CaO	60 - 67
SiO ₃	17 - 25
Al ₂ O ₃	3 - 8
Fe ₂ O ₃	0.5 - 6.0
Na ₂ O + K ₂ O	0.2 - 1.3
MgO	0.1 - 4.0
Cal libre	0 - 2
SO ₃	1 - 3

Fuente: Libro de Tecnología del Concreto americano

a.1) TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

A medida que varían los contenidos de C₂S, C₃S, C₃A, CAF se modifican las propiedades del cemento Portland, por lo tanto se pueden fabricar diferentes tipos con el fin de satisfacer ciertas propiedades físicas y químicas para situaciones especiales (Rivera, L. 2010).

CEMENTO PORTLAND TIPO I:

Es el destinado a obras de hormigón en general, al que no se le exigen propiedades especiales.

- **CEMENTO PORTLAND TIPO I-M:** Es el destinado a obras de hormigón en general, al que no se le exigen propiedades especiales pero tiene resistencias superiores a las del tipo I.
- **CEMENTO PORTLAND TIPO II:** Es el destinado en general a obras de hormigón expuestas a la acción moderada de sulfatos y a obras donde se requiera moderado calor de hidratación.
- **CEMENTO PORTLAND TIPO III:** Es el que desarrolla altas resistencias iniciales.
- **CEMENTO PORTLAND TIPO IV:** Es el que desarrolla bajo calor de hidratación.
- **CEMENTO PORTLAND TIPO V:** Es el que ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos.
- **CEMENTO PORTLAND CON INCORPORADORES DE AIRE:** Son aquellos a los que se les adiciona un material incorporador de aire durante la pulverización; para identificarlos se les coloca una "A" así por ejemplo cemento Portland tipo I-A o tipo III-A, etc.

- **CEMENTO PORTLAND BLANCO:** Es el que se obtiene con materiales debidamente seleccionados que le confieren una coloración blanca; prácticamente cumple las especificaciones del cemento Portland tipo I (NTC 1362).

b) **AGREGADOS:**

Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto.

Como agregados de las mezclas de mortero o concreto se pueden considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de la partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento Portland. En general, la mayoría son materiales inertes, es decir, que no desarrollan ningún tipo de reacciones con los demás componentes de las mezclas, especialmente con el cemento; sin embargo, existen algunos agregados cuya fracción más fina presenta actividad en virtud de sus propiedades hidráulicas colaborando con el desarrollo de la resistencia mecánica, tales como: las escorias de alto horno de las siderúrgicas, los materiales de origen volcánico en donde hay sílice activo, entre otros (Rivera, L. 2010).

b.1) **CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS.**

En general los agregados se han clasificado de varias maneras a través del tiempo, pero principalmente desde los puntos de vista de su procedencia, densidad, tamaño, forma y textura.

b.2) CLASIFICACIÓN SEGÚN SU PROCEDENCIA.

De acuerdo con el origen de los agregados, según su procedencia ya sea de fuentes naturales a partir de productos industriales, se pueden clasificar de la siguiente manera:

a. Agregados naturales.

Son aquellos procedentes de la explotación de fuentes naturales tales como: depósitos de arrastres fluviales (arenas y gravas de río) o glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales. Pueden usarse tal como se hallen o variando la distribución de tamaños de sus partículas, si ello se requiere. Todas las partículas que provienen de los agregados tienen su origen en una masa mayor la que se ha fragmentado por procesos naturales como intemperismo y abrasión, o mediante trituración mecánica realizada por el hombre, por lo que gran parte de sus características vienen dadas por la roca madre que le dio su origen.

De acuerdo a la geología histórica; estos se transforman por fenómenos internos de la tierra, al solidificarse y enfriarse el magma (masa de materias en fusión), se forman las rocas originales o ígneas y posteriormente, por fenómenos geológicos externos, tales como la meteorización, con el tiempo se forman las rocas sedimentarias, al sufrir la acción de procesos de presión y temperatura forman el tercer grupo de las denominadas rocas metamórficas, esto se conoce como el ciclo geológico que está en permanente actividad.

b. Agregados artificiales.

Por lo general, los agregados artificiales se obtienen a partir de productos y procesos industriales tales como: arcillas expandidas, escorias de alto horno, clinker, limaduras de hierro y otros, comúnmente estos son de mayor o menor densidad que los agregados corrientes. Actualmente se están utilizando concretos ligeros o ultraligeros, formados con algunos tipos de áridos los cuales deben presentar ciertas propiedades como son:

forma de los granos compacta, redondeada con la superficie bien cerrada, ninguna reacción perjudicial con la pasta de cemento ni con el refuerzo, invariabilidad de volumen, suficiente resistencia a los fenómenos climatológicos; además deben de tener una densidad lo menor posible, con una rigidez y una resistencia propia suficientemente elevada y ser de calidad permanente y uniforme.

Los agregados ligeros más utilizados son los producidos con arcilla y pizarra expandida (Incluyendo la arcilla pizarrosa y la pizarra arcillosa). Es de anotar que se han desarrollado con bastante éxito agregados ligeros en Alemania (con arcilla y pizarra), y España (con arcilla expandida conocida comercialmente como ARLITA).

c. Agua de mezcla:

Indica que, el agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del hormigón.

La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el hormigón queden trabajables (Rivera, L. 2010).

Tabla N°2: Requisitos para agua de mezcla

Descripción	Limite Permisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales Solubles Totales	1500 ppm
pH	Mayor de 7
Sólidos en Suspensión	1500 ppm
Materia Orgánica	10 ppm

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 339.088)

LODO DE PAPEL

CARACTERIZACIÓN

Rodríguez, O. (2012)(Pag. 45), sostiene que el “EFECTO DE LA ADICIÓN DE LODOS DE PAPEL ACTIVADOS TÉRMICAMENTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y DE POROSIDAD DE PASTAS DE CEMENTO da muy buenos resultados en la combinación con el concreto.

LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA

- Empresa : TRUPAL S.A.C
- Propietario: Sociedad Anónima Cerrada
- Ubicación: Panamericana Norte km 401 + 340
- Accesibilidad: Por Panamericana Norte, con desvío al margen derecho.
- Cálculo de Reserva: 11 Toneladas por Hora
- Tipo de Material: Lodo de Papel

Tabla N°3: Propiedades químicas de la Ceniza de Lodo de Papel

Composición Química	Resultados %
Dióxido de Silice SO ₂	53.304
Trióxido de Aluminio AL ₂ O ₃	27.827
Oxido de Potasio	7.955
Trióxido de Hierro Fe ₂ O ₃	6.158
Óxido de Calcio	2.222

Fuente: Prueba de Fluorescencia de rayos x de la Universidad Nacional de Ingeniería.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los residuos industriales que se estudiaron fueron lodos procedentes de la fabricación de papel estucado, cuya humedad es de un 40-50%, motivo por el cual tuvieron que ser secados en una estufa a 105 °c durante 24 horas. los datos químicos obtenidos por frx del residuo papelerero ponen de manifiesto que en estos residuos industriales los componentes principales son sílice, alúmina y óxido de calcio.

Tabla N°4: Composiciones químicas de los Materiales de partida

Composición química/ Chemical Composition	Lodo de papel estucado/ Art paper sludge
SO ₂ %	10.69
AL ₂ O ₃ %	6.74
Fe ₂ O ₃ %	0.41
CaO %	24.15
MgO %	0.96
NaO %	0.24
K ₂ O %	0.22

Fuente: Libro de Minerología volcánica

ROCA ESQUISTO

Tomas B y Coveñas E. (2016)(Pag.48), indica que la roca esquisto ígnea volcánica de composición intermedia. Su composición mineral comprende generalmente plagioclasa y varios otros minerales ferromagnésicos como piroxeno, biotita y hornblenda. Señala que las distintas rocas esquistosas se denominan y caracterizan según el mineral predominante que produzca la exfoliación

Tabla N°5: Composiciones químicas de la Roca Esquisto

Composición química	Lodo de papel estucado
Dióxido de Sílice	5.723
Trióxido de Aluminio	3.426
Oxido de Potasio	2.106
Trióxido de Hierro	1.442
Oxido de Calcio	87.2064

Fuente: Prueba de Fluorescencia de rayos x de la Universidad Nacional de Ingeniería.

1.4.3. -DISEÑO DEL CONCRETO

Sostiene que el diseño de concreto es la mezcla de todos los materiales que lo integran (agregados, agua, cemento), y lo define como el diseño de concreto es el proceso de selección de los materiales, para que tenga una buena trabajabilidad y consistencia adecuada, y toma como dimensiones a la trabajabilidad definiéndolo como la capacidad de ser colocado y consolidado, ensayos (Cono de Abrams), que mide la consistencia y fluidez del diseño de mezcla, la consistencia que es el estado de fluidez, que tan dura o blanda esta la mezcla, la plasticidad es cuando es concreto fresco cambia de forma y la exudación que consiste en qué parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie durante el proceso de fraguado.

El diseño de concreto es un procedimiento empírico, y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad determinada así como la manejabilidad apropiada para un tiempo determinado.

Una mezcla se debe diseñar tanto para estado fresco como para estado endurecido. Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía (Sánchez, D., 2001).

DURABILIDAD. - Define la Durabilidad como “La habilidad del concreto para resistir la acción del intemperismo, ataques químicos, abrasión, o cualquier otro tipo de deterioro”. Algunos investigadores prefieren decir que “Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea; los ataques, ya sea químicos, físicos o biológicos, a los cuales puede estar expuesto; los efectos de la abrasión, la acción del fuego y las radiaciones: la acción de la

corrosión y/o cualquier otro proceso de deterioro”. Comité 201 del *American Concrete Institute (ACI)*,

Indica que, el concreto es diseñado para una resistencia mínima a compresión. Esta especificación de la resistencia puede tener algunas limitaciones cuando se especifica con una máxima relación agua cemento y se condiciona la cantidad de material cementante. Es importante asegurar que los requisitos no sean mutuamente incompatibles o en algunos casos la relación agua/material cementante se convierte en las características más importante por tema de durabilidad. Comité 201 del *American Concrete Institute (ACI)*

Indica que, en algunas especificaciones puede requerirse que el concreto cumpla con ciertos requisitos de durabilidad relacionados con congelamiento y deshielo, ataques químicos, o ataques por cloruros, casos en los que la relación agua cemento, el contenido mínimo de cemento y el uso de aditivos se convierten en pieza fundamental para el diseño de una mezcla de concreto. Esto nos lleva a tener presente que una mezcla perfecta o diseñada bajos los criterios de durabilidad no producirá ningún efecto si no se llevan a cabo procedimientos apropiados de colocación, compactación acabado, protección y curado. Comité 201 del *American Concrete Institute (ACI)*

EL COSTO DE ELABORACIÓN EN LAS MEZCLAS DEL

CONCRETO.-El costo de la elaboración de una mezcla de concreto está constituido básicamente por el costo de los materiales, equipo y mano de obra. La variación en el costo de los materiales se debe a que el precio del cemento por kilo es mayor que el de los agregados y de allí, que la proporción de estos últimos minimice la cantidad de cemento sin sacrificar la resistencia y demás propiedades del concreto. La diferencia en costo entre los agregados generalmente es secundaria; sin embargo, en algunas localidades o con algún tipo de agregado especial pueden ser suficientes para que influya en la selección y dosificación. El costo del agua

usualmente no tiene ninguna influencia, mientras que el de los aditivos puede ser importante por su efecto potencial en la dosificación del cemento y los agregados. Comité 201 del *American Concrete Institute (ACI)*,

El costo de la mano de obra depende de la trabajabilidad de la mezcla y de los métodos de colocación y compactación. Una mezcla poco trabajable con un equipo de compactación deficiente aumenta los costos de mano de obra.

También la economía de un diseño de mezcla se debe contemplar el grado de control de calidad que se espera en la obra. El concreto tiene una variabilidad tanto la calidad de los materiales, la producción y las acciones que se ejecutan en la obra. En obras pequeñas “sobre diseñar” el concreto puede resultar económico entre comillas pero en una obra muy grande de altos volúmenes de concreto se debe implementar un extenso control de calidad con el propósito de mejorar los costos y la eficiencia.

DOSIFICACIÓN DE UNA MEZCLA DE CONCRETO.-Indica que, las proporciones de la mezcla de concreto que cumpla con dichas características con los materiales disponibles, se logra mediante el sistema de prueba y error o el sistema de ajuste y reajuste. (Kosmatka, 1994).

Dicho sistema consiste en preparar una mezcla de concreto con unas proporciones iniciales y calculadas por diferentes métodos. A la mezcla de prueba se le realizan los diferentes ensayos de control de calidad como asentamiento, pérdida de manejabilidad, masa unitaria, tiempos de fraguado y resistencia a la compresión.

Estos datos se comparan con la especificación y si llegan a ser diferentes o no cumplen con la expectativa de calidad se reajustan las cantidades, se elabora nuevamente la mezcla que debe cumplir todos los ensayos de control de calidad, si nuevamente no cumple los requisitos exigidos es necesario revisar los materiales, el método del diseño y nuevamente otra

mezcla de concreto hasta ajustar los requisitos exigidos por la especificación.

a) DATOS DE LOS MATERIALES

De las propiedades de los materiales que se van a utilizar se debe conocer:

- Granulometría
- Módulo de finura de la arena
- Tamaño máximo de la grava
- Densidad aparente de la grava y de la arena
- Absorción de la grava y de la arena
- Masa unitaria compacta de la grava
- Humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer las mezclas

PROCESO PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

- Definición de la resistencia a la Flexión.
- Elección del asentamiento
- Estimación cantidad de aire
- Estimación contenido de agua
- Definir relación agua/material cementante
- Contenido de material cementante
- Verificar las granulometrías de los agregados
- Estimación de agregado grueso
- Estimación de agregado fino
- Ajuste por humedad
- Ajuste del diseño de mezcla

Indica que, los métodos de diseño de mezclas de concreto van desde los analíticos experimentales y empíricos, hasta volumétricos, todos estos métodos han evolucionado y ha llevado a procedimientos acordes con las necesidades de los proyectos y se han desarrollado algunas guías ya normalizadas para darle cumplimiento a la calidad del concreto en la obras. Comité 201 del American Concrete Institute (ACI).

TRABAJABILIDAD. -Indican que la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación se llama trabajabilidad. El concreto debe ser trabajable pero los ingredientes no deben separarse durante el transporte y el manoseo. El grado de la trabajabilidad que se requiere para una buena colocación del concreto se controla por los métodos de colocación, tipo de consolidación y tipo de concreto. Los diferentes tipos de colocación requieren diferentes niveles de trabajabilidad. La distribución uniforme de las partículas de agregado y la presencia de aire incorporado ayudan considerablemente en el control de la segregación y en la mejoría de la trabajabilidad. Las propiedades relacionadas con la trabajabilidad incluyen consistencia, segregación, movilidad, bombeabilidad, sangrado (exudación) y facilidad de acabado.

La consistencia es considerada una buena indicación de trabajabilidad. El asentamiento en cono de Abrams se usa como medida de la consistencia y de la humedad del concreto. Un concreto de bajo revenimiento tiene una consistencia rígida o seca. Si la consistencia es muy seca y rígida, la colocación y compactación del concreto serán difíciles y las partículas más grandes de agregados pueden separarse de la mezcla. Sin embargo, no debe suponerse que una mezcla más húmeda y fluida es más trabajable. Si la mezcla es muy húmeda, pueden ocurrir segregación y formación de huecos. La consistencia debe ser lo más seca posible para que aún se permita la colocación empleándose los equipos de consolidación disponibles. (Kosmatka, 1994).

DEFINICIÓN DEL SANGRADO Y ASENTAMIENTO.-Define al sangrado (exudación) es el desarrollo de una camada de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente la subida del agua hacia la superficie. El sangrado es normal y no debería disminuir la calidad del concreto

adecuadamente colocado, acabado y curado. Un poco de sangrado es útil en el control de la fisuración por retracción plástica. Por otro lado, la excesiva aumenta la relación agua-cemento cerca de la superficie; puede ocurrir una camada superficial débil y con poca durabilidad, particularmente si se hace el acabado cuando el agua de sangrado aún está presente. Los vacíos y bolsas de agua pueden ocurrir, resultantes del acabado prematuro de la superficie. (Según Kosmatka 1994)

Después que toda el agua de sangrado (exudación) se evapore, la superficie endurecida va a ser un poco más baja que la superficie recién colocada. Esta disminución de la altura desde el momento de la colocación (puesta, colado) hasta el inicio del fraguado se llama retracción por sedimentación.

La tasa de sangrado (exudación) y la capacidad de sangrado (sedimentación total por unidad de peso del concreto original) aumentan con la cantidad inicial de agua, altura del elemento de concreto y presión. El uso de agregados de granulometría adecuada, ciertos aditivos químicos, aire incluido, materiales cementantes suplementarios y cementos más finos reduce el sangrado. El concreto usado para rellenar vacíos, proporcionar soporte o proporcionar impermeabilidad con una buena adhesión debe presentar bajo sangrado para evitar formación de bolsas de agua.

HIDRATACIÓN, TIEMPO DE FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO.-

La calidad de unión (adhesión) de la pasta de cemento portland se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua, conocidas como hidratación. El cemento portland no es un compuesto químico sencillo, es una mezcla de muchos compuestos. Cuatro de ellos totalizan 90% o más del peso del cemento portland: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico (aluminio ferrito tetracálcico). Además de estos compuestos principales, muchos otros

desempeñan un papel importante en el proceso de hidratación. Cada tipo de cemento portland contiene los mismos cuatro compuestos principales, pero en proporciones diferentes. Cuando se examina el clínker (clinker) (el producto del horno que se muele para fabricar el cemento portland) al microscopio, la mayoría de sus compuestos individuales se puede identificar y sus cantidades se pueden determinar. Sin embargo, los granos más pequeños no se pueden detectar visualmente. El promedio del diámetro de las partículas de un cemento típico es aproximadamente 15 micrómetros. Si todas las partículas tuviesen este diámetro promedio, el cemento portland contendría aproximadamente 300 billones de partículas por kilogramo, pero en realidad, existen unos 16,000 billones de partículas por kilogramo, debido a la amplia variación del tamaño de las partículas.

Las partículas en un kilogramo de cemento portland tienen un área superficial de aproximadamente 400 metros cuadrados. Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen 75% del peso del cemento portland, reaccionan con el agua para formar dos compuestos: hidróxido de calcio y silicato de calcio hidratado (hidrato de silicato de calcio). Este último es, sin duda, el más importante compuesto del concreto. Las propiedades de ingeniería del concreto – fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional dependen principalmente del silicato de calcio hidratado. Éste es el corazón del concreto. La composición química del silicato de calcio hidratado es un tanto variable, pero contiene cal (CaO) y dióxido de silicio (SiO_2) en una proporción de 3 para 2. El área superficial del silicato de calcio hidratado es unos 300 metros cuadrados por gramo. En pastas endurecidas de cemento, el silicato de calcio hidratado forma un vínculo denso entre las otras fases cristalinas y los granos de cemento aún no hidratados; también se adhiere a los granos de arena y a los agregados gruesos, cementándolo todo junto. (Copeland y Schulz, 1962)

Indica que, mientras el concreto se endurece, su volumen bruto permanece casi inalterado, pero el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, los cuales no tienen resistencia. La resistencia está en las partes sólidas de la pasta, sobre todo en el silicato de calcio hidratado y en los compuestos cristalinos. Cuanto menos porosa es la pasta de cemento, más resistente es el concreto. Por lo tanto, al mezclarse el concreto, no se debe usar más agua que aquella estrictamente necesaria para obtenerse un concreto plástico y trabajable. Incluso, la cantidad de agua usada es normalmente mayor que la necesaria para la hidratación completa del cemento. Aproximadamente se necesitan 0.4 gramos de agua por gramo de cemento para la hidratación completa del cemento.

Sin embargo, la hidratación completa es rara en los concretos de las obras, debido a una falta de humedad y al largo periodo de tiempo (décadas) que se requiere para obtener la hidratación total. El conocimiento de la cantidad de calor liberado por la hidratación del cemento puede ser útil para el planeamiento de la construcción. En invierno, el calor de hidratación va a ayudar a proteger el concreto contra los daños causados por las temperaturas muy bajas. Sin embargo, el calor puede ser perjudicial, como por ejemplo en estructuras masivas, tales como las presas, pues puede producir temperaturas diferenciales indeseables. El conocimiento de la velocidad de reacción entre el cemento y el agua es importante porque determina el tiempo de fraguado y endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que haya tiempo para transportar y colocar el concreto. Una vez que el concreto ha sido colocado y acabado, es deseable un endurecimiento rápido. El yeso, que se añade en el molino de cemento cuando al molerse el clínker, actúa como un regulador del fraguado inicial del cemento portland. La finura del cemento, aditivos, cantidad de agua adicionada y temperatura de los materiales en el momento de la mezcla son otros factores que influyen la tasa de hidratación. Las propiedades de fraguado de mezclas de concreto en diferentes temperaturas. (Kosmatka, 1994)

RESISTENCIA.-La resistencia como el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido al fracturamiento se puede definir en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión. (Juárez E. 2005)

✓ DURABILIDAD

. La durabilidad como la capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural. Los factores fundamentales desde el punto de vista de la durabilidad, son el transporte simultáneo del calor, humedad y sustancias químicas

✓ PERMEABILIDAD

La permeabilidad como la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse. La permeabilidad es la capacidad que poseen las rocas, el suelo y otras sustancias porosas de permitir el ingreso de fluidos en ellas.

Existen muchos factores que afectan la permeabilidad. La porosidad, que es el porcentaje de espacio vacío que contiene un sólido, determina la cantidad de espacio que tienen los líquidos para fluir en el sólido. Pero el tamaño y la forma de los poros también es importante. (Juárez E. 2005).

COMPORTAMIENTOS DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO.-El concreto es una masa endurecida que por su propia naturaleza es discontinua y heterogénea. Las propiedades de cualquier sistema heterogéneo dependen de las características físicas y químicas de los materiales que lo componen y de las interacciones entre ellos. Con base en lo anterior, la resistencia del concreto depende principalmente de la resistencia e interacción de sus fases constituyentes: La resistencia de la pasta hidratada y endurecida (matriz), la resistencia de las partículas del agregado y la resistencia de la interfase matriz-agregado. (Osorio, J. 2013)

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO.-Los factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto, como: el contenido de cemento, el cemento es el material más activo de la mezcla de concreto, por tanto sus características y sobre todo su contenido (proporción) dentro de la mezcla tienen una gran influencia en la resistencia del concreto a cualquier edad. A mayor contenido de cemento se puede obtener una mayor resistencia y a menor contenido la resistencia del concreto va a ser menor. (Osorio, J. 2013).

Los factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto, como: la relación agua-cemento y contenido de aire, Abrams formuló la conocida "Ley de Abrams", según la cual, para los mismos materiales y condiciones de ensayo, la resistencia del concreto completamente compactado, a una edad dada, es inversamente proporcional a la relación agua-cemento. Este es el factor más importante en la resistencia del concreto: Relación agua-cemento = A/C , (A: Contenido de agua en la mezcla en kg, y C: Contenido de cemento en la mezcla en kg). Existen dos formas de que la relación agua-cemento aumente y por tanto la resistencia del concreto disminuya: aumentando la cantidad de agua de la mezcla o disminuyendo la cantidad de cemento. Esto es muy importante tenerlo en cuenta, ya que en la práctica se puede alterar la relación agua-cemento por adiciones de agua después de mezclado el concreto con el fin de restablecer asentamiento o

aumentar el tiempo de manejabilidad, lo cual va en detrimento de la resistencia del concreto y por tanto esta práctica debe evitarse para garantizar la resistencia para la cual el concreto fue diseñado. También se debe tener en cuenta si el concreto va a llevar aire incluido (naturalmente atrapado más incorporado), debido a que el contenido de aire reduce la resistencia del concreto, por lo tanto para que el concreto con aire incluido obtenga la misma resistencia debe tener una relación agua-cemento más baja. (Osorio, J. 2013)

Los factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto, como: la Influencia de los agregados, la distribución granulométrica juega un papel importante en la resistencia del concreto, ya que si esta es continua permite la máxima capacidad del concreto en estado fresco y una mayor densidad en estado endurecido, lo que se traduce en una mayor resistencia. La forma y textura de los agregados también influyen. Agregados de forma cúbica y rugosa permiten mayor adherencia de la interfase matriz-agregado respecto de los agregados redondeados y lisos, aumentando la resistencia del concreto. Sin embargo este efecto se compensa debido a que los primeros requieren mayor contenido de agua que los segundos para obtener la misma manejabilidad. La resistencia y rigidez de las partículas del agregado también influyen en la resistencia del concreto. (Osorio, J. 2013).

Los factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto, como: el tamaño máximo del agregado recientes investigaciones sobre la influencia del tamaño máximo del agregado en la resistencia del concreto concluyen lo siguiente: Para concretos de alta resistencia mientras mayor sea la resistencia requerida, menor debe ser el tamaño del agregado para que la eficiencia del cemento sea mayor. Para concretos de resistencia intermedia y baja, mientras mayor sea el tamaño del agregado, mayor es la eficiencia del cemento. En términos de relación agua-cemento, cuando esta es más baja, la diferencia en resistencia del concreto con tamaños máximos, menores o mayores es más pronunciada. (Osorio, J. 2013).

Los factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto, como: Fraguado del concreto, es factor que afecta la resistencia del concreto es la velocidad de endurecimiento que presenta la mezcla al pasar del estado plástico al estado endurecido, es decir el tiempo de fraguado. Por tanto es muy importante su determinación. (Osorio, J. 2013).

Los factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto, como: Edad del concreto, a partir del momento en que se presenta el fraguado final del concreto, comienza realmente el proceso de adquisición de resistencia, el cual va aumentando con el tiempo. Con el fin de que la resistencia del concreto sea un parámetro que caracterice sus propiedades mecánicas, se ha escogido arbitrariamente la edad de 28 días como la edad en la que se debe especificar el valor de resistencia del concreto. Se debe tener en cuenta que las mezclas de concreto con menor relación agua-cemento aumentan de resistencia más rápidamente que las mezclas de concreto con mayor relación agua-cemento. (Osorio, J. 2013).

Los factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto, como: el curado del concreto, es el proceso mediante el cual se controla la pérdida de agua de la masa de concreto por efecto de la temperatura, sol, viento, humedad relativa, para garantizar la completa hidratación de los granos de cemento y por tanto garantizar la resistencia final del concreto. El objeto del curado es mantener tan saturado como sea posible el concreto para permitir la total hidratación del cemento; pues si está no se completa la resistencia final del concretos se disminuirá. (Osorio, J. 2013)

Los factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto, como: la temperatura, es otro de los factores externos que afecta la resistencia del concreto, y su incidencia es la siguiente: Durante el proceso de curado, temperaturas más altas aceleran las reacciones químicas de la hidratación aumentando la resistencia del concreto a edades tempranas, sin producir efectos negativos en la resistencia posterior. Temperaturas muy

altas durante los procesos de colocación y fraguado del concreto incrementan la resistencia a muy temprana edad pero afectan negativamente la resistencia a edades posteriores, especialmente después de los 7 días, debido a que se da una hidratación superficial de los granos de cemento que producen una estructura físicamente más pobre y porosa. (Osorio, J. 2013).

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.-En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas.

El rasgo más destacado es que un objeto sometido a flexión presenta una superficie de puntos llamada fibra neutra tal que la distancia a lo largo de cualquier curva contenida en ella no varía con respecto al valor antes de la deformación. El esfuerzo que provoca la flexión se denomina momento flector.

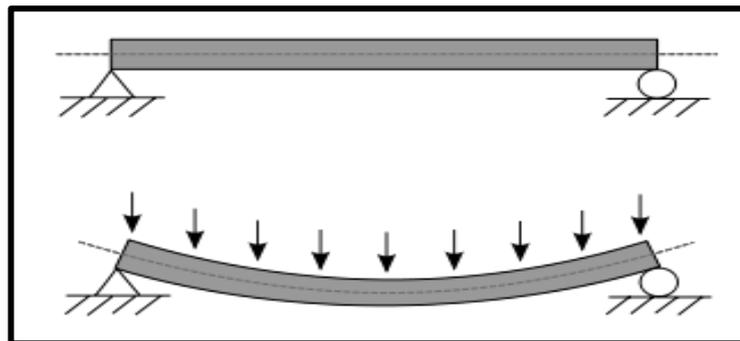


Figura N° 01: Viga deformada

Resistencia a la Flexión de dosificación

Según Rivera (*sf*) la mezcla deberá dosificarse para obtener un módulo de rotura promedio mayor que la resistencia a la flexión de diseño, con el fin de no disminuir el factor de seguridad de la estructura (la vida útil de las vigas de una vivienda).

$F'r$ = Resistencia a la flexión o módulo de rotura de diseño del calculista en MPa o kg/cm². Si no se especifica la edad se asume que es a los 28 días.

$F'rr$ = Resistencia promedio a la flexión del concreto requerida para dosificar las mezclas en Mpa o kg/cm².

S_{RF} = Desviación estándar de valores de resistencia a la flexión, en MPa o kg/cm²

Se recomienda que solo un 20% de valores sean menores de $F'r$, al reemplazar este criterio en las formulas tenemos:

A-) En función de la desviación estándar:

$$F'rr = F'r + t * SRF * coeficiente$$

Para un 20% de valores inferiores a $F'r$, t es 0,842

Luego:

$$F'rr = F'r + 0,842 * SRF * coeficiente$$

O en función del coeficiente de variación (V en %)

$$F'rr = \frac{F'r}{1 - \frac{0,842 * V * coef.}{100}}$$

Los valores del coeficiente dependen del número de datos (n).

B-) Cuando no hay datos o los datos son muy pocos (menos de 15) o el grado de uniformidad de la mezcla producida es malo y está

representada por valores de S y V altos, el valor de F'_{rr} se recomienda tomarlo como:

$$F'_{rr} = 1,20 * F'r \quad (6.18)$$

Es decir, que se debe tomar el menor valor de los dos criterios antes expuestos.

Ensayo de Resistencia a la Flexión

Según Rivera (*sf*) el método más empleado para medir la resistencia a la flexión es usando una viga simplemente apoyada con carga en los tercios de la luz, aunque en algunas partes se emplea el método de la viga en voladizo o el de la viga simplemente apoyada con carga en el punto medio; los resultados obtenidos difieren con el método empleado.

El ensayo de la viga simplemente apoyada con carga en los tercios de la luz se realiza de acuerdo con la norma ASTM C31 y ASTM C78. El equipo empleado en el ensayo es el siguiente:

- Probetas para ensayo: vigas rectangulares elaboradas y endurecidas con el eje mayor en posición horizontal.

Los moldes más empleados tienen una sección de 15,0 * 15,0 cm y una longitud de 50, cm y se usará para concretos con agregado grueso de tamaño máximo ≤ 5 cm.

La utilización de la varilla o el vibrador para compactar, se hace de acuerdo a los criterios del ensayo de resistencia a la compresión, a menos que las especificaciones de la obra indiquen lo contrario.

Los moldes se deben aceitar y luego se procede a llenarlos por capas de acuerdo a la tabla:

Tabla N° 6: Número de Capas para la Elaboración de la viga

Altura del Molde (cm)	Formar de Compactar	N° de Capas	Altura Aproxim. De cada capa
≤ 20	Varilla	2	Mitad de altura
> 20	Varilla	3 0 más	10 cm
≤ 20	Vibrador	1	Toda la altura
> 20	Vibrador	2 o más	20 cm

Fuente: Libro DURAVIA “Concretando Caminos”

Cada capa se compactará de la siguiente forma:

-Varilla: se dará un golpe por cada 14 cm^2 de sección horizontal.

Las vigas deben referenciarse. Los moldes con el hormigón, se deben colocar durante las primeras 16 horas como mínimo y máximo 24 horas, sobre una superficie rígida, libre de vibración u otras perturbaciones. Las vigas se deben almacenar en condiciones tales que se mantenga la temperatura entre 16°C y 27°C y se prevenga la pérdida de humedad de las mismas.



Figura 02: Ensayo de resistencia a la flexión.

Las vigas deben ensayarse tan pronto como sea posible, en estado húmedo.

La resistencia a la flexión se calcula así:

A. Si la falla ocurre dentro del tercio central, el módulo de rotura se determina con la fórmula:

$$MR = \frac{P * L}{b * d^2}$$

Siendo:

MR = Módulo de rotura de la viga (kg/cm²).

P = Carga máxima aplicada en (kg.).

L = Distancia entre apoyos (cm).

b = Ancho de la viga en la posición de ensayo, en la sección de falla (cm).

d = Altura de la viga en la posición de ensayo, en la sección de falla (cm).

B. Si la falla ocurre por fuera del tercio central, pero no está separada de él por más de una longitud equivalente al 5% de la luz libre o distancia entre apoyos, el módulo de rotura se determina con la ecuación siguiente:

$$MR = \frac{3 * P * a}{b * d^2}$$

Siendo:

MR = Módulo de rotura (kg/cm²).

P = Carga máxima aplicada en kg.

a = Distancia entre la sección de falla y el apoyo más próximo medido sobre el eje longitudinal de la cara inferior de la viga en cm.

b = Ancho de la viga en la posición de ensayo, en la sección de falla (cm).

d = Altura de la sección en la posición de ensayo, en la sección de falla (cm).

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE:

Variable Dependiente:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia a la flexión del concreto	Es una medida de resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga. <i>(National Ready Mixed Concrete Association.1991)</i>	La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) o Kilogramos por centímetros cuadrados y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio).	Kg/cm ²

Variable independiente:

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Sustitución de la combinación de cenizas de Lodo de papel y polvo de esquisto	Sustitución de un porcentaje de cemento por la combinación de cenizas de lodo de papel y polvo de esquisto en el diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Porcentaje de: - 6% cenizas de lodo de papel Y 2% DE ROCA ESQUISTO. - 6% cenizas de lodo de papel Y 4% DE ROCA ESQUISTO

1.5. -HIPÓTESIS

La sustitución del 8% y 10% de cemento por la combinación de cenizas de lodo de papel y esquisto mejoraría la resistencia a la flexión de una viga de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

1.6. -OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERAL

- ✓ Determinar la resistencia a la flexión de una viga de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento sustituido en 8% y 10% por la combinación de ceniza de lodo de papel y esquisto, en comparación con un diseño convencional

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la alcalinidad y la composición química de las cenizas de lodo de papel y del esquisto.
- Determinar la relación A/C del concreto patron y experimental.
- Elaborar vigas con 0%, 8% y 10% de sustitución del cemento por la combinación de 6% cenizas de lodo de papel y 2% de roca esquisto, así mismo 6% de lodo de papel y 4% roca esquisto) y determinar la resistencia a la flexión a los 28 días de curado.
- Comparar los resultados obtenidos de la resistencia a la flexión de las vigas de concreto.

CAPITULO II

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

2.1. -TIPO Y DISEÑO INVESTIGACIÓN:

TIPO DE INVESTIGACIÓN.-El tipo de investigación es aplicada y explicativa, porque los resultados obtenidos servirán para la solución de problemas relacionados a la construcción, específicamente a las propiedades del concreto; explicando cómo se comporta la resistencia a la flexión cuando se sustituye al cemento en porcentajes de 6% cenizas de lodo de papel y 2% de roca esquisto y la combinación de 6% cenizas de lodo de papel 4% de roca esquisto.

ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.-La investigación tiene un enfoque cuantitativo, se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (guías de observación).

La hipótesis planteada se comprobará por medios matemáticos y estadísticos y constituye la base alrededor de la cual se diseña todo el experimento.

Todos los experimentos cuantitativos utilizan un formato estándar, con algunas pequeñas diferencias inter-disciplinarias para generar una hipótesis que será probada o desmentida. Esta hipótesis debe ser demostrable por medios matemáticos y estadísticos y constituye la base alrededor de la cual se diseña todo el experimento.

La asignación de un grupo de estudio es esencial y se debe incluir un grupo de control, siempre que sea posible. Un buen diseño cuantitativo sólo debe manipular una variable a la vez, de lo contrario, el análisis estadístico se vuelve muy complicado y susceptible a cuestionamientos.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.-Es un diseño experimental, porque es un proceso en el cual estudiaremos el diseño convencional del concreto en comparación con el nuevo diseño elaborado con la sustitución de un porcentaje de cemento por la combinación de cenizas de lodo de papel y roca esquisto. El estudio en su mayor parte se concentrará en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Suelos, donde el investigador estará en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos. Siendo su diseño de investigación el siguiente:

➤ **PARA LA RESISTENCIA A LA FLEXION: DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR**

○ **VIGAS**

DIAS DE CURADO	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO CON PORCENTAJE DE LA COMBINACION DE CENIZAS DE LODO DE PAPEL Y ROCA ESQUISTO								
	0 %			8 %			10 %		
7 DIAS	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
14 DIAS	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
28 DIAS	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

2.2. .POBLACIÓN Y MUESTRA:

POBLACIÓN

- Para la resistencia a la flexión se tiene como población de estudio al conjunto de vigas de diseño de concreto, según el estándar de construcción establecido $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.

MUESTRA

- Para la resistencia a la flexión se trabajará con 27 vigas (9 vigas con 0% de sustitución, 9 vigas con 8 % y 9 vigas con el 10% de sustitución de cenizas de lodo de papel y esquisto).

2.3. -TECNICA E INSTRUMENTOS

Para la prueba de ensayos nos basamos en el reglamento nacional de edificaciones (RNE); donde precisa que pueden aceptarse registros de ensayos que consistan en menos de 30, pero no menos de 10 ensayos

Tabla n° 7: Técnicas e instrumentos de Investigación

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Observación	<ul style="list-style-type: none">- Guía de observación Resumen.- Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas realizadas.

Fuente: Libro de Estadística para técnicas de Investigación

Se aplicará como técnica la observación ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se debe poner por escrito lo antes posible, cuando no se puede tomar notas en el mismo momento. Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información.

2.4. -PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de Excel y SPSS

- Cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla de concreto con la sustitución del 8% y 10% de la combinación de cenizas de lodo de papel y esquisto.
- Representación con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas, la prueba ANOVA para verificar la hipótesis.

2.5.- METODOLOGÍA

❖ SELECCIÓN DE MATERIAL

UBICACIÓN DE MATERIAL PARA SUSTITUCIÓN

- **ROCA ESQUISTO**

Ubicación del lugar de extracción: Llaclla - Huari

Accesibilidad: Por la carretera de Huaraz a la margen derecha a unos 3 km.

Coordenadas: 777343.75 mE 8976083.11 mS; Zona 17 L



MAPA N° 01: UBICACIÓN DE ROCA ESQUISTO

UBICACIÓN DE CANTERA PARA AGREGADOS

- **AGREGADO FINO Y GRUESO.**

Nombre de la cantera: RUBEN

Propietario: Sr. Rubén Rodríguez

Ubicación de la cantera: CHIMBOTE

Accesibilidad: Por la Panamericana norte con desvío a la margen izquierda a unos 3 km. Cerca al túnel de Coishco.

Coordenadas: 762220.83 mE. 8999765.11 mS; Zona 17 L

Materiales: Agregado grueso (piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", confitillo), arena gruesa, break, basalto.



MAPA N° 02: UBICACIÓN DE CANTERA RUBEN – CHIMBOTE

LODO DE PAPEL

UBICACIÓN: CARTAVIO – TRUJILLO - PERU

Propietario: TRUPAL SAC

Accesibilidad: Por la Panamericana norte con desvío a la margen izquierda a unos 3 km. .

Coordenadas: 762220.83 mE. 8999765.11 mS; Zona 17 L

Materiales: Lodo de Papel.

❖ **CALCINACION DE ROCA ESQUISTO**



FOTO N° 01: CALCINACION DE ROCA ESQUISTO A 600°
POR 4 HORAS



FOTO N° 02: PULVERIZACION DE ROCA ESQUISTO



FOTO N° 03: PREQUEMADO DE LODO DE PAPEL



FOTO N° 04: ACTIVACION TERMICA DE 700°C POR 2 HORAS



FOTO N° 05: OBTENCION DE LA CENIZA DE LODO DE PAPEL POR LA MALLA N°200

❖ PREPARACIÓN DE CONCRETO PARA DISEÑO DE MEZCLA PATRON

ELABORACIÓN DE ENSAYO DE CONO DE ABRAMS.

- ✓ Se pesó los materiales (piedras, arena, cemento, agua) de acuerdo a los resultados de nuestro diseño de mezcla C:A:P:H₂O 1:2.82:3.92:0.68.
- ✓ Se mezcló los materiales secos en una tina y luego se le agregó el agua.
- ✓ Se realizó el vaciado de concreto en el cono de Abrams en 3 capas, cada capa con 25 chuceada.



FOTO N° 06: PESANDO MATERIALES PARA EL ENSAYO DE CONO DE ABRAMS



FOTO N° 07: TOMANDO MEDIDA DEL ASENTAMIENTO DEL CONO DE ABRAMS CON LA SUPERVISIÓN DEL INGENIERO ASESOR, NOS DIO UN RESULTADO DE 3" PULGADAS

ELABORACIÓN DE VIGAS PATRÓN

- ✓ Se pesó los materiales (cemento 14.34 kg, arena 90.82kg, piedras 117.38 kg y agua 9.255 lt.) de acuerdo a los resultados de nuestro diseño de mezcla C:PA:A:P:H₂O 0.95:0.05:2.82:3.92:0.68.
- ✓ Los moldes se hicieron de madera contraplacada y moldes de acero.
- ✓ Todos los materiales se mezclaron en seco en el trompo y luego se le agregó el agua.
- ✓ Se empezó a vaciar cada viga en forma continua llenando así las vigas en tres capas diferentes y chuceando con 25 golpes por capa con una varilla de acero para evitar cangrejas en las vigas.
- ✓ Luego de 48 horas se desencofró las vigas para curarlo por un periodo de 7, 14 y 28 días, para luego realizar su ensayo a la flexión.



FOTO N° 08: PREPARACION DE LA MEZCLA PATRON



FOTO N° 09: VACIADO DE LA MEZCLA EN LOS MOLDES DE VIGA

❖ ENSAYO DE PH: LODO DE PAPEL Y ROCA ESQUISTO

Este método de ensayo es de utilidad para determinar la acidez o alcalinidad de una amplia variedad de sustancias y su empleo permite emitir un resultado de acidez o basicidad o un valor de PH.

En este caso hicimos el ensayo de alcalinidad a 5 muestras el cual los resultados fueron:

Cemento – PH = 12.01

Ceniza de lodo de papel – PH = 12.05

Polvo de Roca esquisto – PH = 11.07

Sustitución al cemento con 2% de esquisto y 6% de Ceniza de Lodo de papel – PH = 11.95

Sustitución al cemento con 4% de esquisto y 6% de ceniza de lodo de papel – PH = 12.26

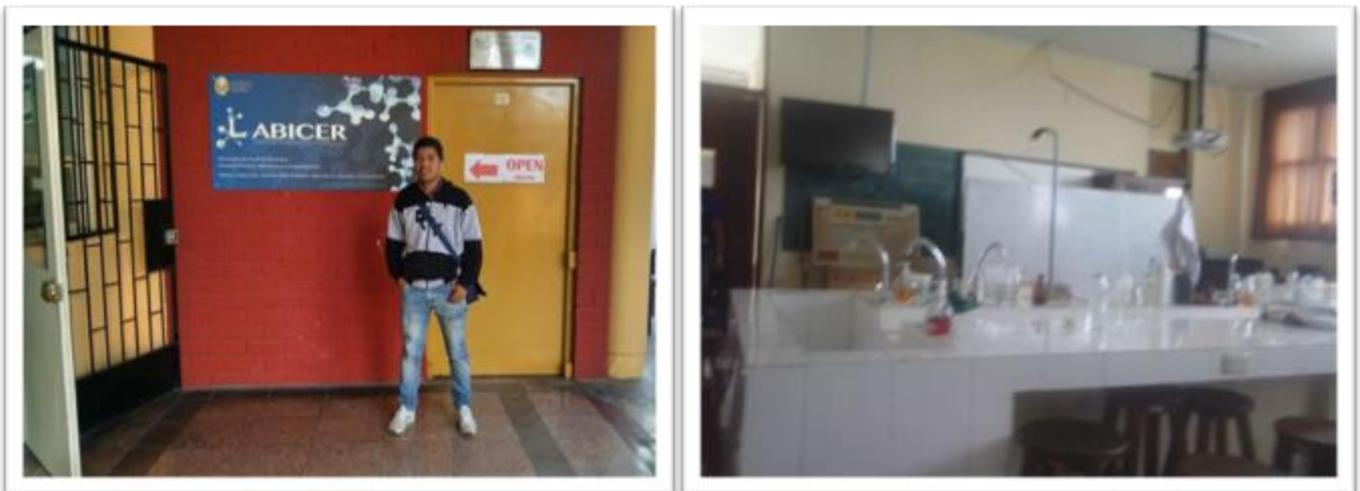


FOTO N° 10: ENSAYO DE PH REALIZADO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

❖ **PREPARACIÓN DE CONCRETO PARA DISEÑO DE MEZCLA EXPERIMENTAL AL 6% DE CENIZA DE LODO DE PAPEL Y 2% DE ESQUISTO**

- ✓ Se pesó los materiales (cemento 27.20 kg, polvo de roca esquisto 0.544 kg, de ceniza de lodo de papel 1.632kg, arena 90.82 kg, piedras 117.38 kg y agua 20.645 lt.) de acuerdo a los resultados de nuestro diseño de mezcla C:PA:A:P:H₂O 0.95:0.05:2.82:3.92:0.68.
- ✓ Se mezcló el cemento con el polvo de roca esquisto en 2% y ceniza de lodo de papel en 6, luego se mezclan los materiales secos en un trompo y luego se le agregó el agua.
- ✓ Se realizó el vaciado de concreto en el cono de Abrams en 3 capas, cada capa con 25 chuceada.



FOTO N° 11: MEZCLANDO EL CEMENTO CON EL POLVO DE ROCA ESQUISTO Y CENIZA DE LODO DE PAPEL



FOTO N° 12: EL ENSAYO DE CONO DE ABRAMS SE REALIZÓ BAJO LA SUPERVISIÓN DEL INGENIERO ASESOR EL CUAL OBTUVIMOS COMO RESULTADO 3".



FOTO N° 13: EL LLENADO DE VIGAS SE REALIZO BAJO LA SUPERVISION DEL ING. MONTAÑEZ ENCARGADO DE LAB. DE MECANICA DE SUELOS

❖ **PREPARACIÓN DE CONCRETO PARA DISEÑO DE MEZCLA EXPERIMENTAL AL 6% DE CENIZA DE LODO DE PAPEL Y 4% DE ESQUISTO**

- ✓ Se pesó los materiales (cemento 26.51 kg, polvo de roca esquisto 1.060 kg, ceniza de lodo de papel 1.59 kg, arena 90.82 kg, piedras 117.38 kg y agua 21,19. lt.) de acuerdo a los resultados de nuestro diseño de mezcla C: PA: A: P: H₂O 0.95:0.05:2.82:3.92:0.68.
- ✓ Se forró con cinta los moldes de vigas de acero.
- ✓ Se mezcló el cemento con el polvo de roca esquisto y luego todos los materiales se mezclaron en seco en el trompo y luego se le agregó el agua.
- ✓ Se empezó a vaciar cada viga en forma continua llenando así las vigas en tres capas diferentes y chuceando con 25 golpes por capa con una varilla de acero para evitar cangrejas en las vigas.
- ✓ Luego de 48 horas se desencofró las vigas para curarlo por un periodo de 7,14 y 28 días, para luego realizar su ensayo a la flexión.



FOTO N° 14: FORRANDO LOS MOLDES DE ACERO DE LAS VIGAS CON CINTA.



FOTO N° 15: PESADO DE MATERIALES PARA LA MEZCLA EXPERIMENTAL



FOTO N° 16: 3 VIGAS EXPERIMENTALES

❖ **CURADO DE PROBETAS Y VIGAS BAJO AGUA**



FOTO N° 17: VIGAS CURADAS BAJO AGUA

❖ **ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO**
ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – VIGAS PATRÓN



FOTO N° 18: VIGAS PATRÓN ENSAYADAS A LA EDAD DE 7
DÍAS



FOTO N° 19: VIGAS EXPERIMENTALES ENSAYADAS A LA
EDAD DE 14 DÍAS

**ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – VIGAS EXPERIMENTAL
2% DE ROCA ESQUISTO Y 6% DE CENIZA DE LODO DE PAPEL**



FOTO N° 20: VIGAS EXPERIMENTALES ENSAYADAS A LA
EDAD DE 28 DÍAS

**ENSAYO RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – VIGAS EXPERIMENTAL
4% DE ROCA ESQUISTO Y 6% DE CENIZA DE LODO DE PAPEL**



FOTO N° 21: VIGAS EXPERIMENTALES ENSAYADAS A LA EDAD DE 28 DÍAS

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

❖ ENSAYO DE RESISTENCIA DE VIGA A LA FLEXION

VIGAS PATRÓN

RESISTENCIA A LA FLEXION (kg/cm²)

Tabla N° 08: RESULTADOS OBTENIDAS SEGÚN VIGAS PATRON

PATRÓN	EADADES (DÍAS)		
	7	14	28
V-1	37.40	39.25	49.40
V-2	36.90	39.18	51.90
V-3	36.60	39.19	49.60
PROMEDIO (kg/cm ²)	36.97	39.21	50.30

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba a la Flexión, se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el ACPA (Asociación Americana de Pavimento) que es cerca de un 10 a 15% dependiendo del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado. Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 y 28 días incrementaron paulatinamente de lo establecido respectivamente. En conclusión se obtuvieron buenos resultados de vigas patrón.

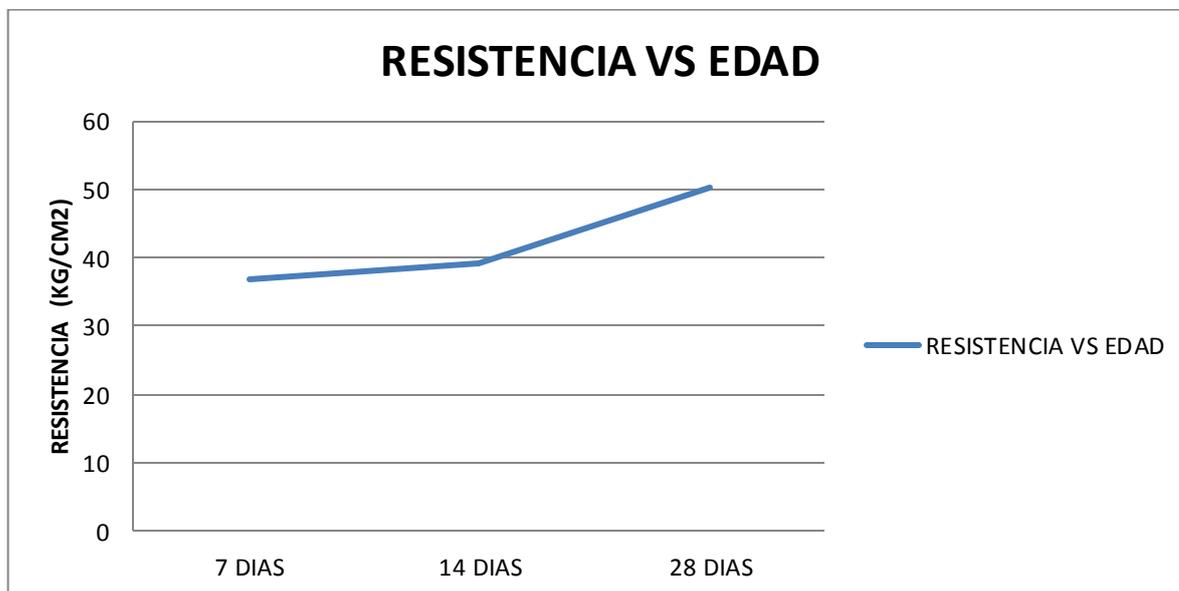


GRÁFICO Nº 01

RESISTENCIA A LA FLEXION (kg/cm2)

VIGAS EXPERIMENTALES

RESISTENCIA A LA FLEXION (kg/cm2)

Tabla nº 09: Resultados obtenidas según probetas, sustitución 6% de ceniza de lodo de papel y 2% de polvo de roca esquisto

SUSTITUCIÓN 8%	EIDADES (DÍAS)		
	7	14	28
V-1	37.67	39.60	53.80
V-2	36.81	39.48	53.51
V-3	37.89	39.75	53.30
PROMEDIO (kg/cm2)	37.46	39.61	53.54

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba a la Flexión, se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el ACPA (Asociación Americana de Pavimento) que es cerca de un 10 a 15% dependiendo del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado. Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 y 28 días incrementaron paulatinamente de lo establecido respectivamente. Todo esto se dio por la sustitución y combinación de sílice y calcio que se encuentran en los componentes de la ceniza del lodo de papel y en la roca esquisto ya que son componentes puzolánicas que al ser activadas térmicamente incrementan la resistencia del hormigón. En conclusión se obtuvieron buenos resultados de vigas patrón.

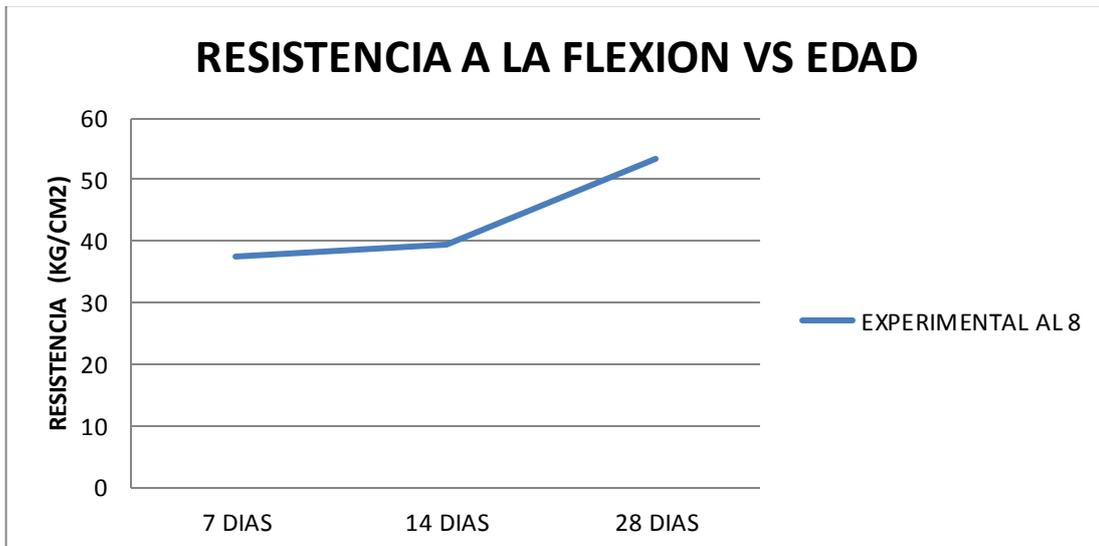


GRÁFICO Nº 02

RESISTENCIA A LA FLEXION (kg/cm²)
RESULTADOS OBTENIDAS SEGÚN PROBETAS, SUSTITUCIÓN 6% DE CENIZA DE LODO DE PAPEL Y 2% DE POLVO DE ROCA ESQUISTO

Tabla n°10: Resistencia a la flexión (kg/cm²) resultados obtenidas según probetas, sustitución 6% de ceniza de lodo de papel y 4% de polvo de roca esquistosa

SUSTITUCIÓN 10%	EIDADES (DÍAS)		
	7	14	28
V-1	37.97	39.48	56.41
V-2	36.91	39.43	56.84
V-3	37.78	39.57	56.64
PROMEDIO (kg/cm ²)	37.55	39.49	56.63

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba a la Flexión, se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el ACPA (Asociación Americana de Pavimento) que es cerca de un 10 a 15% dependiendo del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado. Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 y 28 días incrementaron paulatinamente de lo establecido respectivamente.

Todo esto se dio por la sustitución y combinación de sílice y calcio que se encuentran en los componentes de la ceniza del lodo de papel y en la roca esquistosa ya que son componentes puzolánicas que al ser activadas térmicamente incrementan la resistencia del hormigón. En conclusión se obtuvieron buenos resultados de vigas patrón.

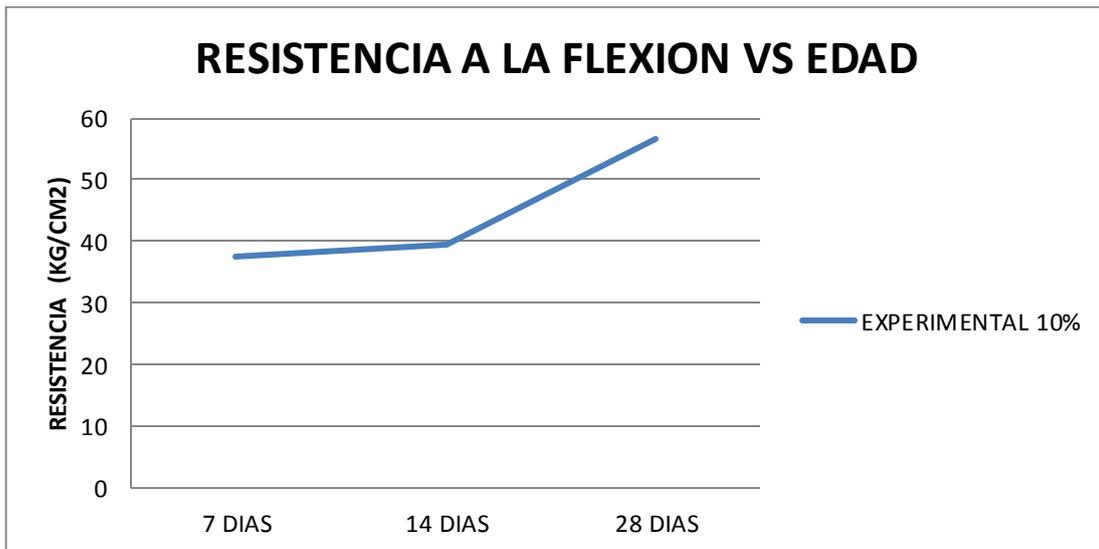


GRÁFICO N° 03

RESISTENCIA A LA FLEXION (kg/cm²)
 RESULTADOS OBTENIDAS SEGÚN PROBETAS, SUSTITUCIÓN 6% DE CENIZA DE LODO DE PAPEL Y 4% DE POLVO DE ROCA ESQUISTO

Tabla n° 04: Ensayo de resistencia a la flexión obtenida según vigas patrón y vigas experimentales con polvo de la roca esquisto al 2 y 4% y ceniza de lodo de papel al 6%

PROBETAS	UNIDADES	EADAES (DÍAS)		
		7	14	28
PATRÓN	kg/cm ²	36.97	39.21	50.30
SUSTITUCIÓN 8%	kg/cm ²	37.46	39.61	53.54
SUSTITUCIÓN 10%	kg/cm ²	37.55	39.49	56.63

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba a la Flexión, se registra datos que alcanzaron una resistencia promedio que supera lo establecido según el ACPA que está cerca del 10 a 15% de la F'c de un concreto convencional en los primeros 7 días.

Asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 días incrementan sustancialmente y a los 28 días alcanzan su resistencia máxima en los ensayos experimentales como en la patron.

Todo esto se dio por la sustitución y combinación de sílice y calcio que se encuentran en los componentes de la ceniza del lodo de papel y en la roca esquisto ya que son componentes puzolánicas que al ser activadas térmicamente incrementan la resistencia del hormigón. En conclusión se obtuvieron buenos resultados de vigas patrón.

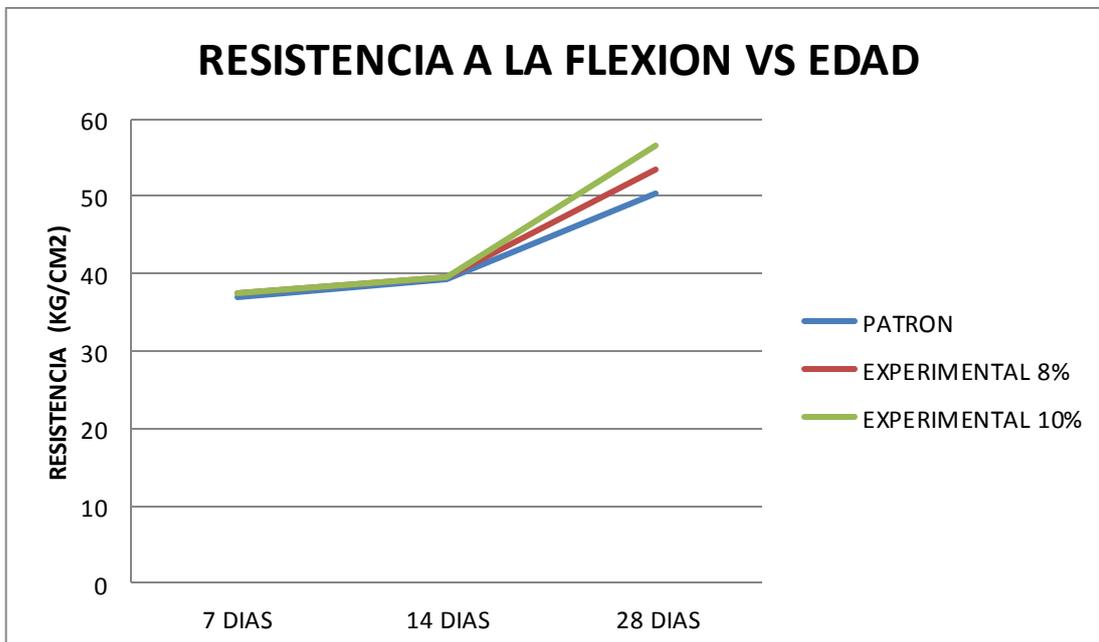


GRÁFICO N°04

RESISTENCIA A LA FLEXION (Kg/cm²)

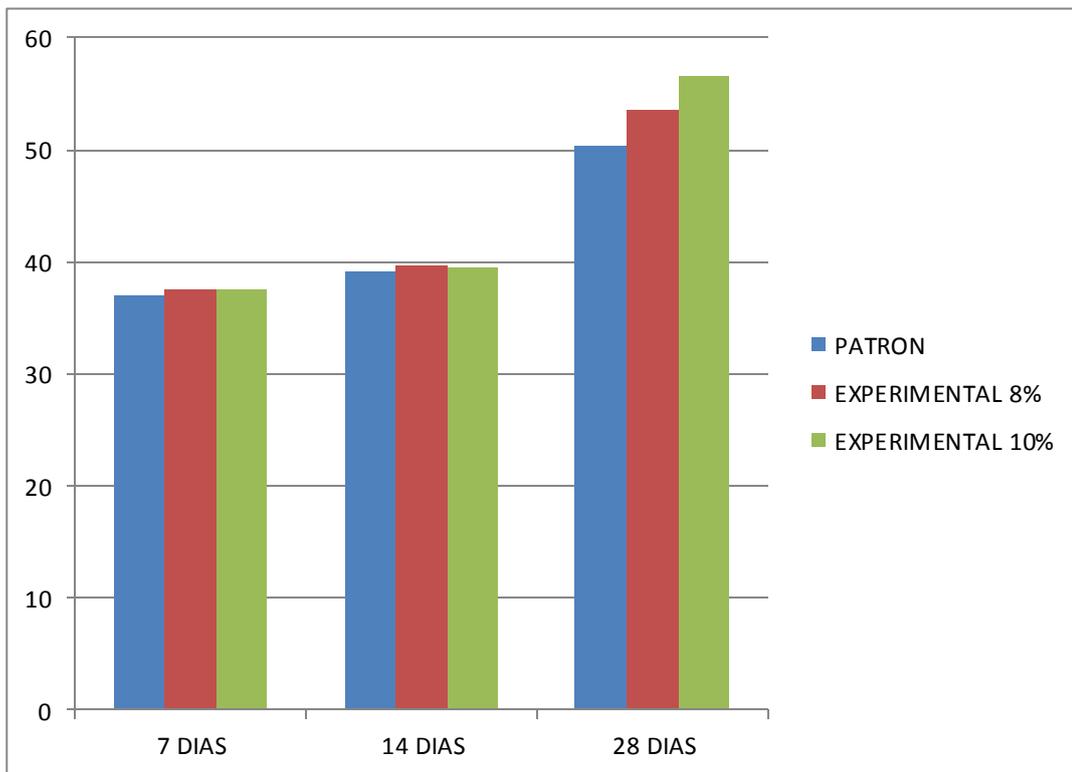


GRÁFICO Nº 05

GRÁFICO DE BARRAS, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
 OBTENIDAS SEGÚN VIGAS PATRÓN Y VIGAS EXPERIMENTALES CON CON POLVO DE
 LA ROCA ESQUISTO AL 2 Y 4% Y CENIZA DE LODO DE PAPEL AL 6%

Interpretación: según el gráfico de barras, la resistencia a la Flexión a los 7,14 y 28 días se puede observar que las resistencias resistidas de las probetas experimentales al 8% y 10 % han incrementado de acuerdo al tiempo de curado su resistencia de manera constante según van pasando los días de lo cual concluimos que el material polvo de la roca esquisto junto con las cenizas de lodo de papel ha mejorado la resistencia a la Flexión con respecto a un patrón.

PRUEBA DE HIPÓTESIS (IBM – SPSS)

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

RESISTENCIA DEL CONCRETO			
DÍAS CURADO	SIN SUSTITUCIÓN 0%	CON SUSTITUCIÓN 8%	CON SUSTITUCIÓN 10%
7	37.40	37.67	37.97
	36.90	36.81	36.91
	36.60	37.89	37.78
	39.25	39.60	39.48
14	39.18	39.48	39.43
	39.19	39.75	39.57
	49.40	53.80	56.41
28	51.90	53.51	56.84
	49.60	53.30	56.64

DESCRIPTIVOS

		Estadístico	Error estándar	
PATRON	Media	54,1000	,37859	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	52,4710	
		Límite superior	55,7290	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	54,0000		
	Varianza	,430		
	Desviación estándar	,65574		
	Mínimo	53,50		
	Máximo	54,80		
	Rango	1,30		
	Rango intercuartil	.		
	Asimetría	,670	1,225	
	Curtosis	.	.	
	ANDESITA _5	Media	51,6667	,16667
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	50,9496	
		Límite superior	52,3838	
Media recortada al 5%		.		
Mediana		51,5000		
Varianza		,083		
Desviación estándar	,28868			

Mínimo	51,50	
Máximo	52,00	
Rango	,50	
Rango intercuartil	.	
Asimetría	1,732	1,225
Curtosis	.	.

PRUEBAS DE NORMALIDAD

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PATRON	,227	3	.	,983	3	,747
EXP.8%	,385	3	.	,750	3	,000
EXP. 10%	,425	3	.	,850	3	,000

PRUEBA DE MANN-WHITNEY

RANGOS				
	GRUP	N	Rango promedio	Suma de rangos
RESISTENCIA1	O			
	1	3	5,00	15,00
	2	3	2,00	6,00
	Total	6		

ESTADÍSTICOS DE PRUEBA

	RESISTENCIA
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	6,000
Z	-1,993
Sig.asintótica (bilateral)	,046
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,100 ^b

- La prueba de Hipótesis en la RESISTENCIA A FLEXIÓN, si los datos fuesen normales se realiza con el método T-STUDENTS y si no son normales se realiza con el método U. DE MANN-WHITNEY, ya que es un diseño de bloque simple.

$p > 0.05$ es Normal

$p < 0.05$ No es Normal

PRUEBAS DE NORMALIDAD

PATRÓN $p = 0.747$

EXPERIMENTAL_8% $p = 0.000$

EXPERIMENTAL_10% $p = 0.000$

$$H_0 : \mu_{0\%} = \mu_{5\%}$$

$$H_1 : \mu_{0\%} \neq \mu_{5\%}$$

Si,

$$p > 0.08 \rightarrow H_0$$

$$p < 0.010 \rightarrow H_1$$

Donde, H_0 es normal y H_1 No es normal.

Entonces.

$$P = 0.000$$

Después de haber hecho la prueba de U. DE MANN WHITNEY, P es igual a 0.000 y como P es menor a 0.080 podemos decir que existe una diferencia significativa en la resistencia patrón y en la resistencia con sustitución de 8% Y 10%.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

- ✓ Al realizar los análisis de fluorescencia de rayos “x” se obtuvieron los siguientes óxidos principales para poder utilizar el material como puzolánicas apreciando un alto porcentaje de calcio en el esquisto y se comprobó que es una roca sedimentaria carbonatada gracias al estudio petrográfico y sílice en el lodo de papel el cual es un elemento favorable para la resistencia del concreto. Dichos elementos son principales en la elaboración del cemento por el cual se ha realizado la sustitución.
- ✓ Debido a que obtuvimos un PH favorable de 12.46 entre la combinación de Ceniza de lodo de papel y esquisto, los ensayos experimentales para vigas arrojaron buenos resultados, aumentando así su resistencia a la flexión.
- ✓ El ensayo de ATD de la roca esquisto fue un indicador para poder obtener un mejor material con características puzolánicas favorables.
- ✓ Se obtuvo la relación A/C de la muestra patron 0.645 , de la muestra experimental al 8% es 0.75 y de la muestra experimental al 10% es 0.79
- ✓ Se aprecia en las muestras experimentales una resistencia a la flexión que incrementa con el tiempo, siendo a los 28 días las muestras experimentales mayores que la patron, debido a la composición química de los elementos sustituidos ya que son puzolanicamente favorables para la resistencia del concreto.
- ✓ El resultado estadístico de acuerdo con nuestra prueba ANOVA nos da como resultado una prueba de Normalidad de “0” cuyo valor corresponde a los datos estadísticos de nuestras muestras.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar un estudio Térmico - Volcánico de la roca esquisto y un estudio de Análisis Termodinámico (ATD) de Ceniza de lodo de papel ya que son elementos que podrían aprovechar en el mundo de la construcción para poder disminuir los costos.
- ✓ Se recomienda realizar ensayos de vigas de concreto patrón y experimental a flexión a las edades de 60, 90 y 120 días, para poder detallar la durabilidad del concreto a través del tiempo.
- ✓ Como una recomendación activar térmicamente cada material para que pueda tener una mejores características puzolánicas.
- ✓ Las vigas que se han trabajado son utilizadas en el campo del asfalto (Asfalto Rígido), no es recomendable trabajar estas vigas en otros campos, salvo investigación previa.
- ✓ Se recomienda realizar ensayos del cemento con otras proporciones de la roca esquisto y ceniza de lodo de papel para la prueba de resistencia a la Flexión.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera dedicar estas líneas y agradecer a mis docentes de la universidad, que nos han brindado su apoyo a lo largo de mi educación formándome como un profesional con ética y valor. Y que a través de ellos nos desempeñaremos como grandes personas en la vida.

BIBLIOGRAFÍA

- Burg., S (1996). "Concreto durable, el inicio del cambio - del American Concrete Institute (ACI)". Recuperado de: <http://www.imcyc.com/revista/2000/feb2000/durable.html>
- Coopeland y Schulz (1962). "Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento del Concreto". Recuperado de: <http://notasdeconcretos.blogspot.pe/2011/04/hidratación-tiempo-de-fraguado-y.html>
- Coveñas E y Tomas B. (2016). "Concreto utilizando la roca metamórfica esquistos como sustitución parcial del cemento en 3% y evaluar su resistencia"
- Gonzales, M., (1962), "Tecnología Del Concreto Diseño De Mezclas". Lima
- Gonzales (1987), "Cemento Portland". Recuperado de: http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivos/curzoz/semana_7_cemento_tecnologia_2013.2.pdf
- Juárez E. (2005). "Mecánica de Suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos". México
- Kosmatka (1994). "Sangrado o exudación del Concreto". Recuperado de: <http://notasdeconcretos.blogspot.pe/2011/04/sangrado-o-exudacion-del-concreto.html>
- National Ready Mixed Concrete Association (1991). "Resistencia a la Flexión del Concreto". Recuperado de: <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>
- Pintor y Hover (2001). "Diseño de Mezclas de Concreto y Conceptos Básicos". Recuperado de: <http://blog.360gradosenconcreto.com/disenio-de-mezclas-de-concreto-conceptos-basicos/>
- Powers, S. (1992). "Concreto: Trabajabilidad". Recuperado de: <http://notasdeconcretos.blogspot.pe/2011/04/concreto-trabajabilidad.htm>
- Ruiz A y Hilario M. (2016). "Resistencia a compresión de un concreto sustituyendo al cemento con lodo de papel en 3% y 5%"

APÉNDICES Y ANEXOS

ANEXO N°: 01
ESPECTROMETRÍA DE
FLUORESCENCIA DE RAYOS X

ANEXO N°: 02
ANALISIS TERMICO (ATD)

ANEXO N°: 03
ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO N°: 04
INFORME PETROGRAFICO