



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DEL PULITÓN EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, TRUJILLO - 2020”.

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autor:

Wesley Valery Velasquez Valverde

Asesor:

Mg. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

Lleno de felicidad dedico este proyecto, a mis seres queridos quienes fueron mis pilares fundamentales para poder seguir adelante. Que sin ellos no hubiera logrado estar en esta fase de mi vida como profesional.

A mi Papá, por tus consejos por mostrarme que si uno lucha por lo que desea puede cumplir sus sueños.

A mi Mamá, por el apoyo moral y el entusiasmo que me brindaste para seguir adelante y no rendirme con mis propósitos.

A mi maestro, por el tiempo que me brindo para poder brindarme sus conocimientos, sin su instrucción profesional no habría podido llegar a completar esta meta.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme iluminado y permitirme seguir adelante, con sabiduría,
paciencia y hacer realidad una de mis metas trazadas.

A cada una de las personas que me apoyaron con un granito de arena con este proyecto
para que se haga realidad, muchas gracias por su incondicional apoyo y ayuda.

Un agradecimiento especial al Ing. Mauricio Acevedo Carrillo por ser parte fundamental
en la culminación de este proyecto, por haberme brindado sus conocimientos.

Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
TABLA DE CONTENIDO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	11
1.2.1. Antecedentes	11
1.2.2. justificación.....	14
1.3. BASES TEÓRICAS.....	15
1.3.2. Ensayos en el concreto.....	15
1.3.3. Concreto En Estado Fresco	15
1.3.3.2. Asentamiento (NTP 339.035)	15
1.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	25
1.4.1. Durabilidad del Concreto.....	25
1.4.2. Ataque al concreto por cloruros.....	26

1.4.3.	<i>Micro Sílice</i>	27
1.4.4.	<i>Cemento Portland</i>	40
1.5.	FORMULACION DEL PROBLEMA.....	44
1.6.	OBJETIVOS	44
1.6.1.	<i>Objetivo General</i>	44
1.6.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	44
1.7.	HIPOTESIS.	45
1.7.1.	<i>Hipótesis General</i>	45
1.7.2.	<i>Hipótesis Específica</i>	45
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....		46
2.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
2.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	46
2.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
2.4	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.	46
2.5	PROCEDIMIENTOS.....	47
2.5.1	Planificación.	47
2.5.2	Compra de materiales.	47
2.5.3	Preparación.	47
2.5.4	Secado y sumergir en agua.	49
2.5.5	Rompimiento.	50

CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	53
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	57
REFERENCIAS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Concretos según su consistencia.....	15
Tabla 2: Clasificación de los agregados por su peso unitario	20
Tabla 3: Cantidad de ceniza por distintos cereales	29
Tabla 4: Composición química de la cáscara de arroz.....	30
Tabla 5: Composición química de la ceniza de cascarilla de arroz.....	32
Tabla 6: Clasificación de las puzolanas según norma ASTM C618.....	34
Tabla 7: Requerimientos físicos de la puzolana según la norma ASTM C618.....	35
Tabla 8: Requerimientos químicos del a puzolana según la norma ASTM C618	36
Tabla 9: Componentes principales del cemento portland	41
Tabla 10: Compuestos principales del cemento portland no hidratado	42
Tabla 11: Dimensiones de los cilindros de concreto.....	50
Tabla 12: Fuerza del concreto (PB) y concreto con adición de fibra de cáñamo (4%, 8% y 12%)	51
Tabla 13: Resistencia de las probetas a los 28 días de rotura	53
Tabla 14. Revisión bibliográfica.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de obtención de la ceniza de cáscara de arroz.....	34
Figura 2: Clasificación de los materiales puzolánicos	38
Figura 3: Peso de cemento.	48
Figura 4: Peso de gravilla ½”.....	48
Figura 5: Peso de arena gruesa.....	48
Figura 6: Peso de agua.	49
Figura 7: Concreto normal y concreto con pulitón	49
Figura 8: Probetas sumergidas en agua para el curado.	49
Figura 9: Secado de probetas para la rotura.....	50
Figura 10: Probetas puestas en la prensa hidráulica.....	51

RESUMEN

En las construcciones civiles el concreto está compuesto básicamente de Cemento, agua, grava, arena, pero actualmente se pueden incorporar muchos más materiales tales como acelerantes, plastificantes, fibras y muchos más que causan que el concreto mejore su comportamiento como su manejabilidad durante su vaciado y sus propiedades físicas al ser sometido a cargas.

En el presente trabajo de investigación se ha realizado la evaluación del pulitón en la resistencia a la compresión del concreto en los porcentajes de 4%, 8% y 12% para tener una mayor resistencia. pero no solo se requiere un concreto que tenga una alta resistencia a la compresión sino también un concreto durable, un concreto menos poroso, un concreto al que no le penetre el agua o cualquiera de los agentes ambientales al cual está expuesto. Por ello esta investigación pretende evaluar el pulitón en la resistencia del concreto ya que, en el Perú, gran parte de las construcciones civiles son de concreto.

Dichas estructuras de concreto están expuestas no solamente a la acción mecánica de las cargas de servicio, sino también a otros factores externos que tienden a deteriorarlas y destruirlas.

PALABRAS CLAVES: Resistencia a la compresión, pulitón, concreto

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

En las construcciones civiles el concreto está compuesto básicamente de Cemento, agua, grava, arena, pero actualmente se pueden incorporar muchos más materiales tales como acelerantes, plastificantes, fibras y muchos más que causan que el concreto mejore su comportamiento como su manejabilidad durante su vaciado y sus propiedades físicas al ser sometido a cargas.

Cabe mencionar que nuestro país se ubica sobre el círculo de Fuego del Pacífico, una de las zonas sísmicas más activas del mundo, donde además el medio ambiente es altamente erosivo, por lo que las edificaciones tienen que ser convenientemente analizadas, diseñadas y construidas de modo que tengan un adecuado comportamiento ante todo tipo de situación. Hasta antes de 1970 los edificios de albañilería se construían sin las precauciones necesarias, por lo que generalmente sufrían serios daños estructurales cuando ocurrían los sismos, llegando incluso a colapsar durante los terremotos. En otros casos, se proporcionaba paredes con espesores exagerados y muros en abundancia dando por resultado edificios seguros pero anti económicos. Es decir, estas edificaciones no seguían los lineamientos de un diseño racional, debido a que el ingeniero estructural no contaba con la información suficiente que le permitiese efectuar un diseño adecuado. (San Bartolomé, 1994).

En el Perú, gran parte de las construcciones civiles son de concreto. Dichas estructuras de concreto están expuestas no solamente a la acción mecánica de las cargas de servicio, sino también a otros factores externos que tienden a deteriorarlas y destruirlas.

En los últimos 50 años, en el mundo del concreto se han abordado investigaciones acerca de la micro sílice, aditivos a escala micrométrica. Las investigaciones sobre el comportamiento de la micro sílice en el concreto iniciaron se iniciaron en Noruega y Dinamarca en 1976. Posteriormente se han realizado estudios intensos en diversos países especialmente en Estados Unidos y Japón. En el Perú se estudian a partir de 1996. Seguel, C. (2006) sostuvo que la micro sílice es un material puzolánico que

agregado al cemento puede producir hormigones de alta resistencia, se le conoce por las renombradas propiedades que le ocasiona al hormigón; mayor resistencia, menor permeabilidad, ahorro de cemento, entre otras.

Por lo dicho anteriormente, se observa que en los últimos años se han desarrollado investigaciones que determinan la mejora en la resistencia del concreto, utilizando micro sílice en las mezclas, pero se requiere no solo un concreto que tenga una alta resistencia a la compresión sino también un concreto durable, un concreto menos poroso, un concreto al que no le penetre el agua o cualquiera de los agentes ambientales al cual está expuesto. Por ello esta investigación, que pretende utilizar partículas de pulitón en beneficio del concreto.

1.2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1.1.1. Antecedentes

Con el transcurrir del tiempo, los diferentes entes que contribuyen el avance de la ingeniería civil, y por ende el desarrollo de la industria de la construcción, se han visto en la tarea de analizar el comportamiento de nuevos materiales, que conlleven al mejoramiento de la calidad, en este caso específico, de las mezclas de concreto.

A continuación, se presentan a manera de resumen algunas investigaciones, cuyo tema central es consecuente en relación con el objetivo de este trabajo.

La tesis denominada **Estudio De La Resistencia A La Compresión En Bloques Huecos De Cemento, Arena Y Aserrín De Pino Caribe**, de Macuarisma y Martínez (2010), publicado por la Universidad en Oriente, Estado Sucre, Cumaná, Venezuela, demostró que bloques con una dosificación 1:2.6:0.6 elaborados de cemento, arena de río y aserrín de pino caribe (1 – 3 mm) respectivamente, con una relación agua/cemento de 0.4; obtuvieron una resistencia a la compresión de 33 kg/cm² , absorción de agua del 15%, así como una densidad de 2061 kg/cm³ clasificando como bloques tipo B1 y B2 según la norma COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales) 42-

82, cuya aplicación es para paredes divisorias expuestas o no a la humedad. El antecedente contribuye así a reforzar la idea de reutilizar residuos de madera para la fabricación de bloques que sean de beneficio en la construcción.

La tesis titulada **Influencia Del Porcentaje De Reemplazo De Arena Gruesa Por Caliza Sobre La Resistencia A La Compresión, Absorción Y Variación Dimensional**, en la fabricación de bloques de concreto tipo 14 de Martell (2017) publicado por la Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad Perú, demostró que bloques tipo 14; a base de 8.5% de cemento, 25.8% de arena zarandeada, 19.7% de caliza, 20.6% de arena gruesa, 19.7% de piedra chancada de 8mm y 5.7% de agua; lograron una resistencia de 79 kg/cm² a 28 días, además de una absorción de agua menor al 12% donde cumplían con los requisitos estipulados en la NTP 399.602 para bloques portantes. Este tipo de estudio nos muestra que a nivel local también se encuentran realizando investigaciones en bloques de concreto, reemplazando en ciertos porcentajes sus agregados convencionales para analizar el comportamiento de estos en dicho prefabricado.

La norma Técnica Peruana titulada NTP 399.602 – Bloque de concreto para uso estructural, del comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería, Lima, Perú (2002), nos indica que los bloques de concreto para uso estructural deben presentar una resistencia mínima a la compresión de 71.40 kg/cm², absorción máxima de agua de 12% y una variación dimensional de +- 3mm. Además, clasifica a los bloques según su densidad, donde los que presenten valores comprendidos entre 1680 a 2000 kg/m³ se denominarán normales, ligeros con valores menores a 1680 kg/m³ y pesados con densidades mayores a 2000 kg/m³.

El trabajo de Cifuentes y Ferrer (2016), sobre **Análisis Del Comportamiento Mecánico A Edades Tardías Del Concreto Hidráulico Con Adición De Cenizas Volantes De Termopaipa**, con esta investigación se demuestra que:

La ceniza volante, por tener mayor superficie específica da al concreto fresco mayor velocidad de hidratación y asimismo regula la cantidad de calor de hidratación, evitando la retracción y, por lo tanto, el concreto adicionado es menos susceptible a la fisuración.

En cuanto al comportamiento mecánico a compresión de los concretos estudiados, se puede concluir que es factible diseñar concretos adicionados con cenizas volante con la misma resistencia especificada con la certeza que a edades mayores a los 28 días su incremento será mayor que en los concretos normales.

El trabajo de Rodríguez y Aguilera (2008), sobre **Los Problemas Que Genera La Humedad Del Suelo En Viviendas De Albañilería Y Hormigón Armado Que Se Construyen En La Provincia De Santiago**, con esta investigación se demuestra que:

Este trabajo demuestra que la humedad proveniente del suelo daña en forma importante las construcciones de albañilería y hormigón armado ya que ambos materiales, dada su contextura, absorben fluidos a través de vacíos de pequeño diámetro que quedan en el interior de los elementos constructivos; el autor además define y propone las soluciones como el método Aditivo 1 líquido, Juntas impermeables, Inyecciones, que brindan una mayor eficiencia y por lo tanto, las que deberían ser utilizadas para eliminar, o en su defecto, aminorar los daños producidos por esta causa. Al evaluar las soluciones al problema, se llegó a determinar que el Aditivo 1 líquido reduce más el ascenso capilar de aguas en comparación con otros métodos propuestos por el autor.

El Trabajo de Gonzáles y Tuesta (2011), sobre **Mejoramiento De Las Propiedades Del Concreto Mediante La Aplicación De Aditivos En La Región San Martín**, con esta investigación se demuestra que:

Busca mediante la investigación una metodología para obtener concretos de alta resistencia, con asentamiento en el rango de 3” – 4” usando cemento portland tipo I, el superplastificante SR, y el Micro sílice, para lo cual se empezó con la obtención del diseño de un concreto patrón, el cual sirvió de base principal para la obtención del concreto de alta resistencia, luego se diseñó el concreto con aditivo, para cuyo diseño se agregó un aditivo superplastificante SR en diferentes dosificaciones, finalmente se procedió a diseñar el concreto con aditivo más micro sílice. Se recoge de esta investigación los aditivos que se utilizan en el Perú para aumentar la resistencia del concreto y aminorar la permeabilidad del concreto, sin embargo, el trabajo otorga dosificaciones de los materiales con características propias de la región San Martín.

1.1.2. justificación

Técnica: Este proyecto está encaminado en diseñar nuevos tipos de mezclas que involucren el uso de materiales no convencionales como es el caso del pulitón que se extrae del quemado de la cascara de arroz. En este caso en particular, se desea promover la adición de un diferente tipo de aditivo que al parecer tiene un futuro prometedor, con el fin de garantizar mejoras en las resistencias a la compresión.

Teórica: Esta investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre el uso de diferentes aditivos al concreto y que pueda ser utilizado como base de futuras investigaciones.

1.3. BASES TEÓRICAS

1.3.2. Ensayos en el concreto

1.3.3. Concreto En Estado Fresco

1.3.3.2. Asentamiento (NTP 339.035)

El asentamiento es un índice de la consistencia del concreto, relacionado con su estado de fluidez.

La NTP 339.035 establece que el asentamiento o slump consiste en colocar una muestra de hormigón recién mezclado (se compacta por varillado) dentro de un molde en forma de cono truncado. El molde se levanta y se deja que el hormigón se desplome. Se mide la distancia vertical al centro desplazado y se registra el valor del asentamiento del hormigón.

El revenimiento es generalmente encontrado debido al incremento proporcional del contenido de agua que tiene la mezcla y por lo tanto esta inversamente relacionado con la resistencia del concreto.

Tabla 1: Concretos según su consistencia

TIPOS DE CONCRETOS	SLUMP
Estándar	0 a 4”
Plastificante	4 a 6”
Superplastificante	6 a 8”
Rheoplastico	> 8”

Fuente: Tello, 2008

producción de cobre durante el año 2010 fue de 1'247,126 T.M.F., disminuyendo en 2.28% con relación a la del año 2009 (1'276,249 T.M.F). Esto se explica por las menores cifras reportadas por las empresas Xstrata, Tintaya, Antamina y Southern, cuya producción descendió en 13.26%, 5.63% y 5.54%, respectivamente, en comparación al 2009 (Herrerros & Medina, 2012).

1.3.3.3. Concreto de Estado endurecido

La prueba de resistencia a la compresión es la que comúnmente más se efectúa con el hormigón endurecido. La resistencia a la compresión aumenta a medida que se reduce la relación agua-cemento. Ésta relación está directamente relacionada con la calidad del hormigón.

La NTP 339.034 establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, moldeadas con hormigón.

En el laboratorio, las probetas se preparan en tres capas iguales, apisonándose 25 veces por capa. Una vez acabada la superficie, las probetas se conservan en el encofrado durante las primeras 24 ± 3 horas. Después, se extraen del encofrado y se curan.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra. Se expresa en kg/cm^2 a una edad de 28 días. Los cilindros para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 15 cm de diámetro x 30 cm de altura.

1.3.3.3.1 Absorción y Peso Unitario del Concreto (ASTM C642)

La absorción es la capacidad del concreto de retener agua en su masa.

El Peso unitario del concreto se define como el peso por unidad de volumen, depende de la densidad real y de la proporción en que participan cada uno de los diferentes materiales constituyentes del concreto.

Ambos ensayos, se determinan por medio de los procedimientos descritos en la norma **ASTM C642** que establece lo siguiente:

Masa saturada de superficie seca: Se sumerge la muestra por un periodo no menor de 48 horas luego, con una toalla se remueve la humedad superficial de los especímenes para dejarlos en condición de saturado de superficie seca (SSS) y se les determina su masa.

Masa sumergida aparente: El espécimen se suspende dentro del agua por un alambre y se determina su masa sumergida aparente.

Masa seca al horno: Se determina la masa del espécimen y se seca en un horno de secado a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ por no menos de 24 horas. Después se remueven lo especímenes del horno, se secan en aire seco y se les determina su masa.

1.1.1.1 Caracterización de agregados Grueso – Fino

Para la caracterización de los agregados se realizará los siguientes ensayos:

a) Análisis Granulométrico (NTP 400.012)

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados, se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en dividir una muestra representativa del agregado en fracciones de igual tamaño de partículas; la medida de la cuantía de cada fracción se denomina como granulometría.

El análisis granulométrico consiste en hacer pasar el agregado ya sea fino o grueso a través de una serie de tamices que tienen aberturas cuadradas. La designación de tamices se hace de acuerdo a la abertura de la malla medida en milímetros o en micras.

- **Curva granulométrica:**

Para una mejor comprensión e interpretación de los resultados se acostumbra a representar gráficamente el análisis granulométrico en la curva denominada granulométrica o línea de cribado. En la curva de granulometría se representa generalmente sobre el eje de las ordenadas el porcentaje que pasa, en escala aritmética; y en las abscisas la abertura de los tamices en escala logarítmica.

- **Módulo de Finura:**

El módulo de finura es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material.

- **Tamaño Máximo**

Está definido como la menor abertura del tamiz que permite el paso de la totalidad del agregado. De manera práctica representa el tamaño de la partícula más grande que tiene el material.

- **Tamaño Máximo Nominal**

El tamaño máximo nominal de las partículas es el mayor tamaño del tamiz, listado en la norma. El tamaño máximo y el tamaño máximo nominal se determinan generalmente al agregado grueso únicamente.

b) Contenido de Humedad (NTP 339.185)

Es la cantidad de agua superficial que retienen en un momento determinado las partículas de los agregados. Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas. Dependiendo de las condiciones de

humedad que tenga el agregado, puede quitar o aportar agua a la mezcla (porque se considera que el agregado se satura y el agua libre es la que reacciona con el cemento). Si la humedad del agregado es mayor que la absorción, el material tiene agua libre y está aportando agua a la mezcla; pero si por el contrario la humedad del agregado es menor que la absorción, el agregado le va a quitar agua a la mezcla para saturarse. Esto es importante para poder definir la cantidad de agua de mezcla y no alterar la relación agua-cemento.

Los agregados se presentan en los siguientes estados: totalmente seco, parcialmente seco, saturado y superficialmente seco y húmedos; en los cálculos para el proporcionamiento de los componentes del concreto, se considera al agregado en condiciones de saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial.

- **Totalmente Seco**

Se logra mediante un secado al horno a 110° C hasta que los agregados tengan un peso constante (generalmente 24 horas).

- **Parcialmente seco**

Se logra mediante exposición al aire libre.

- **Saturado y Superficialmente seco (SSS):**

En un estado límite en el que los agregados tienen todos sus poros llenos de agua, pero superficialmente se encuentran secos. Este estado sólo se logra en el laboratorio.

- **Totalmente Húmedo**

Todos los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

c) Peso Unitario Volumétrico (NTP 400.017)

Es el peso del material seco que se necesita para llenar cierto recipiente de volumen unitario. El peso unitario de los agregados está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compacto).

Se denomina peso volumétrico del agregado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Se expresa en kilos por metro cúbico. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y para convertir cantidades en volumen y viceversa, cuando el agregado se maneja en volumen.

- **Peso Unitario Suelto**

Es aquel en el que se establece la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5cm aproximadamente), en un recipiente de volumen conocido y estable. Este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa cuando se trabaja con agregados.

- **Peso Unitario compacto**

Este proceso es parecido al del peso unitario suelto, pero compactando el material dentro del molde, este se usa en algunos métodos de diseño de mezcla como lo es el de American Concrete Institute.

Clasificación de los agregados por su peso unitario

Tabla 2: Clasificación de los agregados por su peso unitario

Clasificación	Peso unitario (kg/m ²)
Pesados	> 1,900
Normales	1,120 – 1900

Livianos	< 1,120
----------	---------

Fuente: Escuela de Ingeniería Civil UNT

d) Peso específico (NTP 400.022)

Se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa igual al volumen de agua destilada, libre de gas a una temperatura especificada. Según el Sistema Internacional de unidades el término correcto es densidad.

- **Peso Específico Aparente:** Es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario del material, a la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas, a una temperatura especificada. Cuando el material es un sólido, se considera el volumen de la porción impermeable.
- **Peso Específico de Masa:** Viene a ser la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario del material permeable (Incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material), a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada, libre de gas y a una temperatura especificada.
- **Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca:** Tiene la misma definición que el Peso Específico de Masa, con la salvedad de que la masa incluye el agua en los poros permeables.
- **Grado de Absorción:** Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos durante 24 horas en ésta, depende de la porosidad. Esta particularidad de los agregados, que dependen de la porosidad, es de suma

importancia para realizar correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto. Además, esta influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la estabilidad química, la resistencia a la abrasión y la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo. La relación del incremento en peso, al peso de la muestra, expresándolo en porcentaje se denomina:

Porcentaje de Absorción.

1.3.3.4. Diseño de Mezclas de Concreto (ACI 211)

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, es definida como el proceso que, en base a la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científico sobre sus componentes y la interacción entre ellos, permite lograr un material que satisfaga de la manera más eficiente y económico los requerimientos particulares del proyecto constructivo.

Para el diseño de mezcla de la presente investigación se tendrá en cuenta lo siguiente:

- a) Selección de los siguientes convenientes:
- Cemento: Pacasmayo Tipo I (bolsa verde)
 - Agregados: Agregado Grueso (Piedra de $\frac{3}{4}$ "). Agregado Fino (Arena Gruesa).
 - Agua.
 - Aditivos: Ceniza de cascarilla de Arroz (Micro sílice).

1.3.3.4.1 Consideraciones y/o criterios para el diseño de las Mezclas

Lo que se busca en el diseño de mezcla es conseguir una mezcla con un mínimo de pasta y volumen de vacíos o espacios entre partículas y consecuentemente cumplir con las propiedades requeridas.

Antes de dosificar la mezcla se debe tener conocimiento de la siguiente información:

- Los materiales.
- El elemento a vaciar, tamaño y forma de las estructuras.
- Resistencia a la compresión requerida.
- Condiciones ambientales durante el vaciado.
- Condiciones a la que estará expuesta la estructura.

1.3.3.4.2 Parámetros Básicos en el comportamiento del Concreto

a) La Trabajabilidad

Es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser mezclado, manejado, transportado, colocado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue)

Los factores más importantes que influyen en la trabajabilidad de una mezcla son los siguientes:

- La gradación, la forma y textura de las partículas.
- Las proporciones del agregado.
- La cantidad de cemento.
- El aire incluido.
- Los aditivos y consistencia de la mezcla

Un método indirecto para determinar la trabajabilidad de una mezcla consiste en medir su consistencia o fluidez por medio del ensayo del asentamiento con el cono de Abrams.

b) La Resistencia

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica más importante de un concreto.

c) La durabilidad

El concreto debe poder soportar aquellas exposiciones que pueden privarlo de su capacidad de servicio tales como sustancias químicas, ambiente marino y otras.

La utilización de bajas relaciones a/c prolongará la vida útil del concreto reduciendo la penetración de líquidos agresivos.

1.3.3.4.3 Información requerida para el diseño de mezclas

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

1.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

1.4.1. Durabilidad del Concreto

Al hablar sobre la durabilidad del concreto, Avendaño (2006), sostiene que:

La durabilidad del concreto se define como su capacidad para resistir las diversas acciones producidas por el medio que lo rodea. Estas acciones pueden ser producidas por condiciones climáticas, ataques químicos, entre otros. Un concreto resistente a solicitaciones impuestas no necesariamente es un concreto durable. En el proceso de diseño se debe considerar tanto las propiedades de resistencia como las condiciones del medio y de los materiales que son determinantes para la durabilidad. (p. 16).

El Instituto Americano del Concreto (ACI) determina que el concreto durable debe mantener su forma original, calidad y características de servicio cuando es expuesto al ambiente externo.

Algunos de los principales procesos de deterioro a los que está expuesto el concreto según Becker (2006) son:

- Fisura, grietas.
- Ataque químico.

a) Fisuración del concreto en estado endurecido

El concreto en estado endurecido resulta algo sensible a los cambios de humedad en su masa, aumentando su volumen cuando se humedece y contrayéndose cuando se encuentra seco. Los concretos muy jóvenes a medida que avanzan las reacciones de hidratación sufren en primer lugar una pérdida del agua libre presente en la pasta cementicia para luego, en función del mantenimiento en el

tiempo de adecuadas condiciones de curado, comenzar el secado por pérdida del agua absorbida que se encontraba en estrecho contacto con la superficie sólida de los poros y vacíos de la pasta cementicia endurecida. Los cambios diferenciales de humedad pueden generar fisuras en el hormigón endurecido, este también resulta sensible desde el punto de vista dimensional a los cambios de temperatura.

b) Ataque Químico al concreto

Son aquellos procesos de degradación causados por agentes agresivos provenientes del ambiente externo al concreto que se introducen al interior generalmente en solución reaccionando con la pasta cementicia. Existe una importante lista de sustancias y agentes agresivos como lo son los cloruros, provenientes del agua de mar. La penetración de agua que transporta al agente agresivo depende de la porosidad, estructura de poros entre otros. Resulta necesario que la composición química y mineralógica del cemento portland, su grado de hidratación y las características de la interfase pasta-agregado resulten adecuadas para resistir el ataque químico.

1.4.2. Ataque al concreto por cloruros

1.4.2.1. Cloruros en el concreto

El ión cloruro (Cl^-) procedente del agua de mar penetra en el concreto a través de la red de poros. Estos iones se disuelven en el agua que contienen los poros y avanzan hacia el interior por difusión u otros mecanismos de transporte. Sin embargo, los iones cloruro disueltos en los poros pueden interaccionar con las fases sólidas del concreto quedando inmovilizados, por tanto, el cloruro dentro del hormigón puede encontrarse en dos estados: fijos y libres.

- Cloruro libre, es el que permanece disuelto en el agua que contiene los poros. Se desplaza por el interior del hormigón mediante difusión u otros mecanismos.

- Cloruro ligado, es el que permanece unido a las fases sólidas del hormigón. Este cloruro queda inmovilizado, sin posibilidad de moverse hacia el interior del hormigón.

De acuerdo con lo anterior, los cloruros al penetrar al concreto atacan el acero de refuerzo, generando la desaparición de la capa de pasivación en pequeñas áreas de la superficie del acero, originando corrosión por picaduras en el refuerzo de la estructura.

1.4.2.2. Procedencia y penetración de cloruros

En la actualidad el medio más frecuente de ingreso del ión cloruro (Cl^-) es del exterior de la estructura de concreto, a través del ambiente marino o bien debido al uso de sale de deshielo. Los cloruros del ambiente pueden penetrar en el hormigón endurecido y una parte importante de ellos permanecerán como cloruros libres en el agua de los poros, siendo precisamente muy agresivos.

El cloruro de sodio es la sal más importante en el agua de mar y en los agentes utilizados como sales de deshielo. Cuando la concentración de cloruros en contacto con las armaduras excede la concentración crítica, se inicia la corrosión del acero.

Este tiempo de iniciación de la corrosión, depende de la calidad del hormigón, el espesor de recubrimiento del acero y la cantidad de cloruros a los cuales la estructura se encuentra expuesta (Mahmoud, 2010).

1.4.3. Micro Sílice

1.4.3.1. Antecedentes Históricos

Jerez, J. y Rivas, F. (2013) sostuvieron que:

Los primeros usos reconocidos de este material en hormigones de tipo estructural fueron en Noruega en 1971. Posteriormente en Suecia, Dinamarca y Noruega las plantas de premezclado comenzaron a incorporar micro sílice en sus hormigones, iniciándose trabajos sistemáticos de investigación. En EE.UU y Canadá las aplicaciones se iniciaron a fines de los años 70. El primer intercambio oficial de información técnica se produjo en la Primera Conferencia internacional en Cenizas Volantes, Silica Fume, Escorias de alto horno y otros subproductos de minerales en hormigón, en Canadá en 1983.

1.4.3.2. El Micro Sílice como aditivo

Los aditivos a base de micro sílice se pueden emplear en morteros o en concretos. En morteros se emplean para obtener elevadas resistencias mecánicas, impermeabilidad, cohesión interna.

En concretos para obtener elevadas resistencias mecánicas, impermeabilidad, durabilidad, resistencias a ataques químicos.

El Micro Sílice, es un material puzolánico que agregado al cemento puede producir hormigones de alta resistencia, se conoce desde hace cincuenta años por las renombradas propiedades que le ocasiona al hormigón: mayor resistencia, menor permeabilidad, mayor resistencia al ataque de ácidos y sulfatos. (Seguel, 2006).

El término “puzolana” se refiere a todos los materiales inorgánicos, naturales o artificiales, los cuales se endurecen en agua cuando se mezclan con hidróxido de calcio ($C_a(OH)_2$) o con materiales que pueden liberar hidróxido de calcio como el Clinker del cemento Portland. (Jiménez, 2001).

Conzales y Rodríguez (2008) informaron que la micro sílice se convierte en agente para la nucleación de los hidratos de cemento, reaccionando puzolánicamente con la cual durante su

hidratación para formar los compuestos cementicios estables de silicato de calcio hidratado (C-S-H). así mismo al reducir el espacio disponible para la formación del C-S-H, se favorece la formación de compuestos internos, de mayor resistencia.

El Silicato cálcico hidratado (denominado también gel CSH por tener fórmula $C_3O SiO_2 H_2O$, o a veces como C-S-H) es un silicato cálcico que ha sufrido una reacción de hidratación (monohidratada) para convertirse en un gel cementoso. Es uno de los compuestos hidratados principales del cemento Portland.

1.4.3.3. Micro Sílice a partir de la ceniza de cascarilla de arroz

1.4.3.3.1 Cascarilla de arroz

Al hablar de cascarilla de arroz, Matthey y Robayo (2015) sostienen que:

La cascarilla de arroz es un material de desecho agrícola que constituye alrededor del 20% de la producción mundial de arroz, que se aproximó a los 700 millones de toneladas en el año 2011, la cascarilla de arroz es el mayor residuo resultante de la producción agrícola de granos y su disposición final es uno de los mayores problemas existentes en los países productores de arroz.

Juárez (2012) sostiene que “la cascarilla de arroz cuando es quemada produce bastante ceniza (una tonelada por cinco de cáscara)”.

En las siguientes tablas se muestra la cantidad de ceniza por distintos cereales, y se muestra también la composición química de la cáscara de arroz.

Tabla 3: Cantidad de ceniza por distintos cereales

Cosecha	Parte de la planta	Ceniza (porcentaje en peso)
Maíz	Hoja	12
Arroz	Cáscara	20
Arroz	Paja	14
Sorgo	Hoja	12
Caña de azúcar	Bagazo	15
Girasol	Hoja y tallo	11
Trigo	Hoja	10

Fuente: Juárez, 2012

Tabla 4: Composición química de la cáscara de arroz

Componente	Fórmula	Composición
Celulosa: polímero de glucosa	$C_5H_{10}O_5$	50%
Lignina: polímero de fenol	$C_7H_{10}O_3$	30%
Sílice: componente primario de ceniza	SiO_2	20%

Fuente: Vásquez, R., Vigil, P. (2003)

Al hablar de la composición química de la cáscara de arroz Vásquez, R., & Vigil, P., (2003) sostuvieron lo siguiente: La lignina y la celulosa presentes en la cáscara de arroz pueden ser eliminadas por combustión controlada y en la ceniza queda sólo la sílice, en forma microporosa.

a) Producción de arroz en el Perú

Al hablar de producción de arroz el Ministerio de Agricultura y Riego (2016) sostuvo que “En los últimos 30 años, la producción de arroz en el Perú ha crecido 4.88 veces pasando de 587 269 toneladas (Ministerio de agricultura MINAG, promedio 1979 – 1981) a 2 867 176 toneladas (MINAG 2008 - 2010)”.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática informó que en abril del 2016, la producción de arroz cáscara registró 357 mil 231 toneladas y significó un incremento de 31% en comparación a igual mes del 2015, debido a la mayor producción registrada en el departamento de La Libertad (241,9%) como resultado de las favorables condiciones climatológicas en la costa norte. Esto significa que la producción de arroz en nuestro país va en aumento.

b) Ceniza de cascarilla de arroz para concreto

Al hablar de la ceniza de cascarilla de arroz Arcos, C., Macías, D., Rodríguez, J., (2007) sostienen que:

La presencia de sílice dentro de la estructura de la cascarilla de arroz se conoce desde 1938. El contenido de sílice presente en diferentes partes de la planta (raíz, tallo, hojas, cáscara o vaina) varía

entre 2,63% y 13,3%, presentándose en mayor cantidad con respecto a la parte orgánica en la cáscara del grano de arroz.

La cascarilla de arroz al ser sometida a calcinación produce una alta cantidad de ceniza, entre 13 y 29% del peso inicial, la cual está compuesta principalmente por sílice, 87%-97%, y pequeñas cantidades de sales inorgánicas. Para la producción de la CCA se debe tratar la cascarilla de arroz ya que este debe tratar la cascarilla de arroz ya que este debe ser calcinado a temperaturas adecuadas para que no se formen los cristales en forma desordenada, la temperatura de fusión de la cascarilla de arroz es de 400° a 600°C. dado el fino tamaño de partícula y la alta reactividad de la sílice, la ceniza obtenida de la calcinación de la cascarilla se usa en la industria del cemento.

La ceniza es producida por la calcinación de la cáscara de arroz, posee gran actividad puzolánica (Villegas, 2012).

La tabla N° 05 nos muestra la composición química de la ceniza de cascarilla de arroz quemada al aire libre.

Tabla 5: Composición química de la ceniza de cascarilla de arroz

CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	
Componente	%
Ceniza de Sílice (SiO ₂)	94,1
Óxido de Calcio (CaO)	0,55
Oxido de magnesio	0,95

(MgO)	
Oxido de Potasio (K ₂ O)	2,10
Oxido de Sodio (Na ₂ O)	0,11
Sulfato	0,06
Cloro	0,05
Oxido de titanio (TiO ₂)	0,05
Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	0,12
Otros componentes (P ₂ O ₅ F ₂ O ₃)	1,82
Total	100,0

Fuente: Prada, A. & Cortés, C. (2010)

c) Método de elaboración

Vásquez, R.; Vigil, P., (2013) sostiene que:

La ceniza de la cáscara de arroz puede ser obtenida a través de diferentes técnicas de calcinación:

- Calcinación a campo abierto (o en pilas)
- Calcinación en hornos (circulares o cuadrados)
- Calcinación en lecho fluido.

De las cuales en la presente investigación se desarrollará la técnica de calcinación en hornos.

Técnica de calcinación en hornos: Los hornos tienen paredes de ladrillos los cuales se disponen alternadamente de tal manera que se permita el acceso del aire hacia el interior. La chimenea se

extiende hasta la base del horno. Se carga de ceniza por la cubierta del horno y se descarga por la base. Esta técnica de calcinación produce una ceniza de color blanco, altamente activa de naturaleza amorfa y con presencia minoritaria de cuarzo cristalino.

En la siguiente figura se presenta el proceso de obtención de la ceniza de cáscara de arroz.

Figura 1: Proceso de obtención de la ceniza de cáscara de arroz.



Fuente: Vásquez, R., Vigil, P., (2003)

d) Normalización para la CCA (ASTM C618)

La ceniza de cascarilla de arroz que se empleará en la presente investigación es una puzolana artificial por lo tanto se tendrá en cuenta la norma ASTM C618 “Especificación normalizada para Ceniza Volante de Carbón y Puzolana Natural en Crudo o Calcinada para Uso en concreto”, dicha norma define tres clases de cenizas en la siguiente tabla:

Tabla 6: Clasificación de las puzolanas según norma ASTM C618

Fuente: ASTM C618

Clase de adición mineral	Descripción
N	Puzolanas crudas o calcinadas, tal como las diatomitas; tobas y cenizas volcánicas, calcinadas o sin calcinar; y materiales que requieren de calcinación para inducir propiedades satisfactorias.
F	Ceniza volante que se produce por la calcinación de carbón antracítico o bituminoso. Esta clase de cenizas volante poseen propiedades puzolánicas.
C	Ceniza volante producida por la calcinación de carbón sub-bituminoso o lignito. Esta clase de ceniza volante, además de tener propiedades puzolánicas, también tiene propiedades cementantes.

Tabla 7: Requerimientos físicos de la puzolana según la norma ASTM C618

	Clase de adición mineral		
	N	F	C
Finura: Cantidad retenida cuando está mojado tamiz de 45 μm (N° 325), máx., por ciento.	34	34	34
Fuerza índice de actividad:	75°	75°	75°

Con el cemento Portland, a los 7 días, min por ciento de la de control.	75°	75°	75°
Con cemento Portland, a los 28 días, min, por ciento de la de control.	115	105	105
Requerimiento de agua, máx, por ciento de la mezcla de control			
Solidez:			
Autoclave de expansión o contracción, máx, por ciento	0,8	0,8	0,8
Requisitos de uniformidad:			
La densidad y la finura de las muestras individuales no debe variar respecto a la media establecida por las diez pruebas anteriores, o por todas las pruebas anteriores, si el número es inferior a diez, en más de:			
La densidad, la máxima variación de la media, por ciento.	5	5	5
Retenido en 45 μ m (N° 325), la variación máxima, puntos porcentuales de media, por ciento.	5	5	5

Fuente: ASTM C618

Tabla 8: Requerimientos químicos del a puzolana según la norma ASTM C618

	Clase de adición mineral		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO ₂) Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃), min, por ciento	70,0	70,0	50,0
Trióxido de azufre (SO ₃) máx, por ciento	4,0	5,0	5,0
Contenido de humedad, máx, por ciento	3,0	3,0	3,0
Pérdida por ignición, máx., por ciento	10,0	6,0	6,0

Fuente: ASTM C618

e) Puzolana

“Las puzolanas son materiales naturales o artificiales que contienen sílice reactiva y/o aluminio, que tienen poca o ninguna calidad aglomerante, que mezcladas con cal en presencia de agua, fraguan y endurecen como un cemento. Asimismo, son ingredientes importantes en la producción de materiales alternativos al cemento Portland”. (Juárez, 2012, p. 1).

La norma ASTM C618 define a la puzolana como:

“Es un material silíceo o sílico-aluminoso, que finamente dividido y en presencia de agua, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio para formar compuestos que posee propiedades hidráulicas”.

Clasificación de las Puzolanas

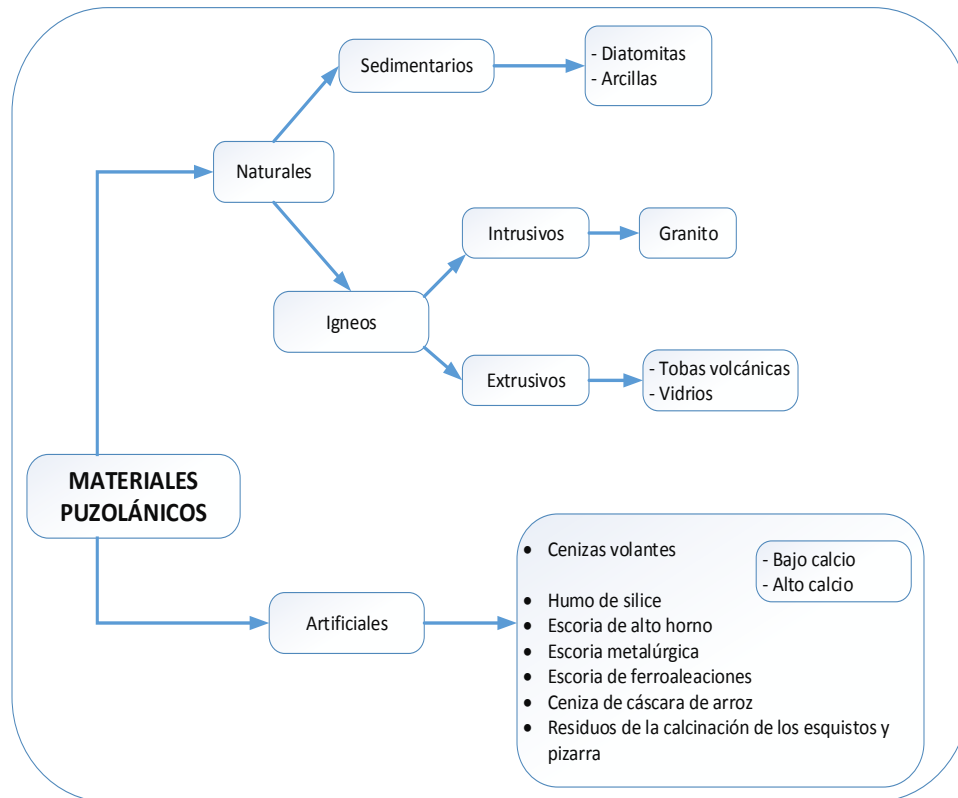
Los materiales puzolánicos o adiciones activas de mayor interés en la industria del cemento pueden dividirse en dos grandes grupos: naturales y artificiales.

Puzolanas naturales: son las verdaderas puzolanas y las tobas volcánicas, así como una serie de otros productos naturales, que tienen en común un comportamiento similar frente a la cal. Las puzolanas naturales esencialmente son cenizas volcánicas de actividades volcánicas geológicamente recientes.

Puzolanas artificiales: Las puzolanas artificiales son el resultado de diversos procesos industriales y agrícolas, generalmente como subproductos y materiales tratados térmicamente. En este segundo grupo están, principalmente, las cenizas de la combustión de carbón, la sílice volatilizada (humo de sílice) durante ciertas operaciones metalúrgicas y escorias de alto horno granuladas de las metalurgia férrea y no férrea, las cenizas volantes, los residuos de la calcinación de los esquistos y pizarras (arcillas calcinadas) y ceniza de cáscara de arroz (RHA).

En la siguiente figura podemos observar la clasificación de los materiales puzolánicos.

Figura 2: Clasificación de los materiales puzolánicos



Fuente: Juárez, 2012

Propiedades de las puzolanas

Al hablar de las propiedades de las puzolanas Juárez (2012) sostuvo que:

Las propiedades técnicas de los materiales con adiciones puzolánicas, se derivan, principalmente, de tres características de la reacción puzolánica:

La primera: es una reacción lenta, al contrario que la reacción de hidratación del cemento que es rápida, por tanto, la velocidad de liberación del calor y el desarrollo de resistencias serán procesos más lentos.

La segunda: es una reacción que consume hidróxido de calcio en vez de generarlo, lo que es importante para la durabilidad de las pastas hidratadas en ambientes ácidos.

La tercera: es que al producirse en un tiempo posterior los productos de reacción rellena, de forma muy eficiente, los espacios capilares que quedan después de la hidratación de los componentes del cemento, así se mejora la impermeabilidad y la resistencia mecánicas del sistema (menor porosidad).

Todas las puzolanas naturales y algunos subproductos industriales como todas las cenizas volantes de bajo contenido en calcio se adaptan a la definición dada de puzolana (p.9).

1.4.4. Cemento Portland

Saavedra. V. (2013) define al cemento portland como:

Es el producto resultante de la pulverización muy fina del clinkers (o clinquers) obtenidos calcinando a fusión incipiente una mezcla rigurosamente homogénea de materiales calcáreos y arcillosos. Al Clinker no se le agrega ningún producto después de calcinado a excepción de agua y yeso (calcinado o no). El Clinker se presenta en la forma de pequeñas esferas hasta de 2cm de diámetro y de un color gris negruzco. El cemento Portland, es un polvo de color gris, más o menos verdoso, de gran valor como material estructural, a consecuencia de alcanzar dureza pétreo después de ser amasado con agua, es también un aglomerante hidráulico por excelencia (s.p.)

El cemento Portland es un alumino silicato de calcio. Aspidin (1824)

1.4.4.1. El cemento y la producción de CO₂

Yepes, P. (2014) sostuvo que:

Siempre se ha dicho que la construcción es uno de los sectores que más influye en el cambio climático fundamentalmente porque la fabricación de cemento Portland provoca una emisión considerable de CO², que llega a ser el 5% del balance total de emisiones mundiales. Podemos decir que fabricar una tonelada de cemento Portland supone una emisión de una tonelada de CO₂. Sin embargo, el uso de cementos con adiciones puede reducir drásticamente este tipo de emisiones, incluso a un 40%.

Un punto importante es el proceso de producción de cemento. Se necesita no solamente el triturado de los elementos que constituyen el cemento, sino que es necesario someter estos productos a una temperatura de entre 1400 y 1500 °C, y para ello, es necesario, por un lado, energía eléctrica, del orden de 100 kwh por tonelada producida y por otro entre 80 y 110 Kg de combustible. La energía eléctrica cada vez es más cara de producir, las producciones de energía eléctrica por parte de energías renovables, en este momento aún se encuentra en fases iniciales, y el gran volumen de producción de energía eléctrica se realiza mediante centrales térmicas y nucleares.

1.4.4.2. Composición química

Tabla 9: Componentes principales del cemento portland

Nombre Común	Nombre Químico	Formulación Química	Abreviación	Cantidad (%)
Cal	Oxido cálcico	CaO	C	60% - 67%
Sílice	Anhídrido Silícico	SiO ₂	S	17% - 25%

Alúmina	Óxido Alumino	Al ₂ O ₃	A	3% - 8%
	Óxido Férrico	Fe ₂ O ₃	F	0.5% - 6%

Fuente: Mariños, 2010

1.4.4.3. Composición Mineralógica

Mariños (2010) sostiene que:

Los compuestos formados durante el proceso de fabricación por interacción del CaO, SiO₂, Al₂O₃ y Fe₂O₃ son los responsables del fraguado y resistencia del cemento hidratado.

Durante el proceso de cocción (horno rotatorio) y a distintas temperaturas se forman unos determinados compuestos mineralógicos, dentro de un rango de temperaturas que varía entre 900 – 1450 °C, los cuales son los que definen el comportamiento del cemento hidratado.

Tabla 10: Compuestos principales del cemento portland no hidratado

Nombre común	Nombre químico	Formulación química	Abrev.	Cantidad (%)
Alita	Silicato Tricálcico	3CaO, SiO ₂	C ₃ S	30% - 60%

Bellita	Silicato Dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	15% - 37%
Fellita	Aluminato Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	7% - 15%
Celita	Ferroalumin ato Tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}$	C_4AF	8%-10%

Fuente: Mariños, 2010

Reacción de los silicatos (Alita y Belita)

Los productos de hidratación de los silicatos con el agua son comúnmente conocidos como silicato de calcio hidratado (C-S-H) o Gel de Tobermorita, e hidróxido de calcio (CH) o Portlandita, los cuales son estructuralmente similares pero varían en la relación Calcio/Sílice y el contenido de agua químicamente combinada.

La alita (C_3S) reacciona más rápidamente aportando temprana resistencia, mientras la Belita (C_2S) más lentamente contribuyendo a la resistencia a largo plazo y a la reducción de la permeabilidad.

Silicato de Calcio Hidratado (C-S-H)

- El silicato de calcio hidratado es un producto de las reacciones de los silicatos (alita y belita) con el agua.
- Es el principal producto de la hidratación, se adhiere con otros C-S-H así como con el agregado y es el mejor contribuyente de la resistencia del concreto y su baja permeabilidad.

- Las formaciones de silicato de calcio hidratado gradualmente se propagan y fusionan con formaciones de otras partículas de cemento o se adhieren a los agregados. Esta acumulación de material sólido tiene su efecto en el aumento de la rigidez de la pasta, el aumento de la resistencia y la reducción de la permeabilidad.

1.5. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿En qué medida influye el pulitón sobre la resistencia a la compresión del concreto?

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo General

- Determinar la influencia del porcentaje de pulitón sobre la resistencia a la compresión del concreto.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Identificar el parámetro óptimo de pulitón que permita una adecuada resistencia a la compresión.
- Realizar una investigación bibliográfica sobre Resistencia a la compresión
- Comparar el diseño óptimo del pulitón y la mezcla patrón

1.7. HIPOTESIS.

1.7.1. Hipótesis General

- Si adicionamos pulitón al concreto se logrará una mayor resistencia a la compresión.

1.7.2. Hipótesis Específica

- Si adicionamos un porcentaje ente el 1 - 5 % se identificará el parámetro óptimo.
- Si realizamos gráficos y tablas se visualizará las tendencias.
- Si comparamos el diseño óptimo con la mezcla patrón se verá si aumenta la resistencia a la compresión.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo experimental sistemática, ya que se utilizaron los conocimientos en la práctica, para aplicarlos en provecho de la sociedad. Se tuvo como propósito dar solución a una situación o problema determinado e identificable como es el aumento de la resistencia a la compresión del concreto.

1.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo el diseño de investigación viene a ser de tipo revisión sistemática porque consiste en la revisión bibliográfica.

1.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Se elaboro 4 probetas para el estudio de resistencia a la compresión para el estudio de la investigación.

Se reviso al menos 15 estudios sobre resistencia a la compresión.

Se identifico el porcentaje adecuado de adición de pulitón para alcanzar una mayor resistencia a la compresión.

1.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

Revisión bibliográfica sobre adiciones al concreto para alcanzar una mayor resistencia a la compresión.

Los instrumentos que se utilizaron fueron tablas de Excel y gráficos

1.5 PROCEDIMIENTOS.

La prueba de resistencia a la compresión se realiza en dos fases, la primera que consistió en la preparación de las probetas de concreto haciendo uso de los materiales ya señalados y el aditivo principal (pulitón). La segunda parte corresponde a verificar la resistencia a la compresión propiamente dicha haciendo uso de la prensa hidráulica para obtener las cifras.

1.5.1 Planificación.

En esta etapa se planificó los pesos de cada material a utilizar y los porcentajes del aditivo (pulitón) que se añadió.

1.5.2 Compra de materiales.

En esta fase se compraron las cantidades adecuadas de materiales: arena, gravilla, cemento y pulitón

1.5.3 Preparación.

En esta etapa se efectuó la preparación, primero verificando los pesos exactos de cada uno de los materiales para proceder a su mezclado y vaciado a las probetas.



Figura 3: Peso de cemento.



Figura 4: Peso de gravilla 1/2”.



Figura 5: Peso de arena gruesa.



Figura 6: Peso de agua.



Figura 7: Concreto normal y concreto con pulitón

1.5.4 Secado y sumergir en agua.

Luego de introducir la mezcla en las probetas, esperamos un día en secado para proceder a sumergir las 04 probetas en agua para el curado y luego retirarlas para proceder a romperlas en la prensa hidráulica.



Figura 8: Probetas sumergidas en agua para el curado.



Figura 9: Secado de probetas para la rotura.

Tabla 11: Dimensiones de los cilindros de concreto.

Días	Cilindro	Diámetro	Diámetro	Altura	Altura	Promedio	Promedio
		$\Phi 1$ (mm)	$\Phi 2$ (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	Φ	H
28	C13 (PB)	150.25	150.20	300.25	300.20	150.23	300.23
28	C14 (4%)	150.20	150.15	300.30	300.35	150.18	300.33
28	C15 (8%)	150.30	150.20	300.30	300.20	150.25	300.25
28	C16 (12%)	150.10	150.15	300.15	300.20	150.13	300.18

Fuente: Autor.

1.5.5 Rompimiento.

A los 28 días se procedió a efectuar el rompimiento de las probetas en la prensa hidráulica para verificar su resistencia y así obtener los resultados.



Figura 10: Probetas puestas en la prensa hidráulica

Tabla 12: Fuerza del concreto (PB) y concreto con adición de fibra de cáñamo (4%, 8% y 12%)

Días	Cilindro	fuerza kg	f´c = Kg/cm ²
28	C13 (PB)	37335	210.64
28	C14 (1.5%)	37420	211.26
28	C15 (3%)	35497	200.20
28	C16 (5%)	33724	190.52

Fuente: Autor.

En esta investigación, luego de resumir la información, la estadística será trascendente ya que gracias a este instrumento podremos obtener los resultados requeridos, el cual consiste en conjuntos de números obtenidos al medir la resistencia de las muestras y compararlos a los resultados de las investigaciones estudiadas.

Resumir nuestros datos estadísticos implica tener mucho cuidado para garantizar que la información sea completa y correcta.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

La investigación, dentro de un marco teórico-práctico se fundamenta en la realización de pruebas y ensayos de laboratorio para comparar un concreto normal con un concreto de las mismas características, pero adicionando pulitón, la idea fundamental es comprender, conocer, evaluar y analizar la viabilidad del concreto con pulitón. Para esta evaluación se elaboraron 4 testigos cilíndricos, 3 con pulitón y 1 normal, con el fin de obtener la resistencia a la compresión a los 28 días, todo siguiendo la norma E – 060.

Los resultados obtenidos de los diferentes testigos experimentales para hallar la resistencia a la compresión variando el porcentaje de pulitón, se muestra a continuación.

Tabla 13: Resistencia de las probetas a los 28 días de rotura

Días	Cilindro	fuerza kg	f'c = Kg/cm ²
28	C13 (PB)	37335	210.64
28	C14 (1.5%)	37420	211.26
28	C15 (3%)	35497	200.20
28	C16 (5%)	33724	190.52

En la revista científica de investigación andina como resultado a los 28 días se tienen resistencias en promedio de 221 kg/cm² tanto para concreto normal, así como también para concreto con 2,5% de ceniza volante, 231 kg/cm² para el 5,0%, 200 kg/cm² para el 10,0% y 192 kg/cm² para el 15% de ceniza volante respectivamente. Conclusiones: La ceniza volante mejora la resistencia del concreto en un rango del 3% al 6%, mas allá de estos valores disminuye la resistencia del concreto, por lo que puede resultar perjudicial. **Huaquisto Cáceres (2017).**

La ceniza volante, por tener mayor superficie específica da al concreto fresco mayor velocidad de hidratación y asimismo regula la cantidad de calor de hidratación, evitando la retracción y, por lo tanto, el concreto adicionado es menos susceptible a la fisuración.

En cuanto al comportamiento mecánico a compresión de los concretos estudiados, se puede concluir que es factible diseñar concretos adicionados con cenizas volante con la misma resistencia especificada con la certeza que a edades mayores a los 28 días su incremento será mayor que en los concretos normales. **Cifuentes y Ferrer (2016).**

En los resultados de la tesis denominada “obtención de concreto de alta resistencia mediante adición en el diseño de un superplastificante y ceniza de cascarilla de arroz” la resistencia del diseño de 500kg/m³ que posee los dos materiales nuevos, como la ceniza de la cascarilla de arroz y el superplastificante, es mayor en un 30% a 90 días en relación al que solo tiene el superplastificante, seguramente porque la ceniza ya se encuentra rellenando los capilares en forma de silicato de calcio Jiménez, H. F. (2001).

Tabla 14. Revisión bibliográfica

	TÍTULO DE LA INVESTIGACION	AÑO	TIPO DE INVESTIGACION	UNIVERSIDAD	PAÍS	AUTOR
1	Análisis de comportamiento mecánico a edades tardías del concreto hidráulico con adiciones de cenizas volantes de Termopaipa	2006	Tesis	Universidad Industrial de Santander	Colombia	Cifuentes, A y Ferrer, C
2	Obtención de concreto de alta resistencia mediante adición en el diseño de un superplastificante y ceniza de cascarilla de arroz	2001	Tesis	Escuela Superior Politécnica del Litoral,	Ecuador	Jerez, J.A. & Rivas, F.A.
3	Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² con tres porcentajes (0.5%, 1.0% y 2.5%) de fibra de bagazo de caña de azúcar.	2019	Tesis	Universidad Privada del Norte	Perú	Mendoza, M.
4	Influencia del porcentaje de micro sílice sobre la trabajabilidad en estado fresco y la resistencia a la compresión en estado endurecido de un concreto autocompactante	2008	Tesis	Universidad Nacional de Trujillo	Perú	Gonzales, V.P. y Rodríguez, J.L.
5	Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 210$ kg/cm ² con la adición de diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar	2016	Tesis	Universidad Privada del Norte	Perú	Jimenes, G.
6	Efecto de la ceniza volante en la resistencia del concreto en condiciones de clima natural. Artículo original	2017	Artículo de revista	Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez	Perú	Huaquisto, S.
7	Resistencia a la compresión del concreto $f'c =210$ kg/cm ² utilizando agua termal, Cajamarca 2019	2019	Tesis	Universidad Privada del Norte	Perú	Chávez, M.
8	Utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados	2012	Tesis	Universidad de San Carlos de Guatemala	Guatemala	Juárez, B.M. (2012).
9	Influencia del uso de microsilice en las propiedades en estado fresco y endurecido en concreto de alta resistencia	2012	Tesis	Universidad del Salvador	El Salvador	Láinez, P. y Martínez, M. (2012).
10	Diseño de Mezclas de Concreto	2006	Revista	Universidad Nacional del Altiplano	Perú	Laura, S. (2006).
11	Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales	2015	Revista	revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales	Venezuela	Mattey, P., Robayo, R., Díaz, J., Devasto, S., Monzó, J. (2015).
12	Determinación de concreto de alta resistencia con cemento portland tipo I y el superplastificante plastol 5000	2010	Tesis	Universidad Privada Antenor Orrego	Perú	Mariños, J.F.I., & Plasencia, N. E.
13	Determinación de la influencia microsilice y nanosilice en el hormigón sometido a esfuerzo de compresión	2013	Tesis	Universidad Tecnológica de Chile	Chile	Jerez, J.A. & Rivas, F.A

14	“influencia del porcentaje de micro sílice a partir de la ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión, asentamiento, absorción y peso unitario de un concreto mejorado.”	2017	tesis	Universidad Privada del Norte	Perú	Huaroc, A. H.
15	Concreto Simple	2013	Revista	Universidad del Cauca	Colombia	Rivera, G. (2013).

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que al adicionar pulitón (ceniza de cascara de arroz) aumenta la resistencia a la compresión en el concreto con una adición de 4%.

Además, en las investigaciones estudiadas también concluyen que al concreto adicionado aumenta la resistencia a la compresión en el concreto.

Con respecto a la tesis de **Estudio De La Resistencia A La Compresión En Bloques Huecos De Cemento, Arena Y Aserrín De Pino Caribe**, publicado por la Universidad en Oriente, Estado Sucre, Cumaná, Venezuela, demostró que bloques con una dosificación 1:2.6:0.6 elaborados de cemento, arena de río y aserrín de pino caribe (1 – 3 mm) respectivamente, con una relación agua/cemento de 0.4; obtuvieron una resistencia a la compresión de 33 kg/cm² lo cual obtuvieron una resistencia muy baja, en cuanto a mi investigación obtuve una mayor resistencia a la compresión adicionando el 4% de pulitón. Macuarisma y Martínez (2010).

En cuanto al comportamiento mecánico a compresión de los concretos estudiados, se puede concluir que es factible diseñar concretos adicionados con cenizas volante con la misma resistencia especificada con la certeza que a edades mayores a los 28 días su incremento será mayor que en los concretos normales. **Cifuentes y Ferrer (2016)**.

Ante la pregunta de investigación ¿En qué medida influye el pulitón sobre la resistencia a la compresión del concreto?

Se ha encontrado estudios con adiciones, Con respecto al trabajo de **Análisis Del Comportamiento Mecánico A Edades Tardías Del Concreto Hidráulico Con Adición De Cenizas**

Volantes De Termopaipa, En cuanto al comportamiento mecánico a compresión de los concretos estudiados, se puede concluir que es factible diseñar concretos adicionados con cenizas volante con la misma resistencia especificada con la certeza que a edades mayores a los 28 días su incremento será mayor que en los concretos normales. De acuerdo a esta tesis vemos que al adicionar un aditivo si logramos incrementar la resistencia a la compresión del concreto en cuanto a mi trabajo de investigación me dio un resultado favorable adicionando pulitón en un porcentaje de 4%. Además de los resultados obtenidos experimentalmente se observa que existen variables que son posibles de manipular de tal manera que al haber agregado pulitón en cantidades de 4%. Cifuentes y Ferrer (2016),

En los resultados de la tesis denominada “**obtención de concreto de alta resistencia mediante adición en el diseño de un superplastificante y ceniza de cascarilla de arroz**” la resistencia del diseño de 500kg/m³ que posee los dos materiales nevos, como la ceniza de la cascarilla de arroz y el superplastificante, es mayor en un 30% a 90 días en relación al que solo tiene el superplastificante, seguramente porque la ceniza ya se encuentra rellenando los capilares en forma de silicato de calcio **Jiménez, H. F. (2001).**

REFERENCIAS

- AENOR (2001) Norma UNE-EN 12390-8. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión. Madrid, España.
- Allauca, L., Amen, H., & Lung, J., (2009). Uso de silice en hormigones de alto desempeño [en línea] Recuperado el 04 de junio de 2016. De <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7684/1/Uso%20de%20s%C3%ADlice%20en%20hormigones%20de%20alto%20desempe%C3%B1o.pdf>
- Arcos, C., Macías, D., Rodríguez, J., (2007). La Cascarilla de arroz como fuente. En Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía, (47) pp. 7-20.
- Artículo 29 – Ministerio de Fomento (2011) Aditivos. Comisión Permanente del Hormigón del Reino de España. Recuperado de <http://www.fomento.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BN0535>
- Asociación Colombiana de Productores de Concreto (2010). Colección del Concreto – Tecnología del concreto – Tomo 1 Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas. Colombia: ASOCRETO.
- Avendaño, E. (2006). Detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural utilizados en infraestructura industrial. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Becker, E. (2006). Durabilidad del Hormigón. [En línea]. Recuperado el 25 de Septiembre de 2016. De <http://www.fceia.uner.edu.ar/~fermar/Bibliografía/DURABILIDAD%20DEL%20HORMIG%20D%203N.pdf>
- Bermúdez, M. (2007). Investigación: Corrosión de las armaduras del hormigón armado en ambiente marino: zona de carrera de mareas y zona sumergida. Madrid – España.

- Camacho, J.M. (2009). Verificación del cumplimiento de la norma ASTM C-494 por los aditivos acelerantes de agua y retardantes de fragua y sus efectos en los concretos usando cemento tipo ICO y cemento tipo Ms. (Tesis de Licenciatura). Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.
- Chereque (1993). Mecánica de fluidos (2ª Ed.). Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Cifuentes, A y Ferrer, C. (2006). Análisis de comportamiento mecánico a edades tardías del concreto hidráulico con adiciones de cenizas volantes de Termopaipa. (Tesis de grado.) Bucaramanga, 2006. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Civil.
- Durabilidad de las estructuras: corrosión inducida por el ión cloruro (s.f.) [En línea]. Recuperado el 27 de Junio de 2016, de: <http://www.actualizarmiweb.com/sites/icpa/publico/files/rev27ion.pdf>
- Fuchs, H. (2012). La Micro sílice o Humo de Silice, su historia y descripción como material. Disponible en <http://www.arqhys.com/construccion/microlilice.html> [Consulta] Noviembre 2015.
- González, M. (1998). La corrosión del concreto en ambiente marino. Perú: Asocem
- González, V. P., Rodríguez, J.L. (2008) Influencia del porcentaje de micro sílice sobre la trabajabilidad en estado fresco y la resistencia a la compresión en estado endurecido de un concreto autocompactante. (Tesis de Titulación). UNT, Trujillo, Perú.
- Grupo Polpaico (2008). Manual del constructor, Chile.
- Huaquisto, S. (s.f). Efecto de la ceniza volante en la resistencia del concreto en condiciones de clima natural. Artículo original.
- Huerta, E. (2012). El Boom de la Industria de la Construcción en el Perú. En Blog: Economía Peruana y Mundial. Recuperada el 23 de Junio de 2016, desde <http://econoblognet.blogspot.pe/2012/01/el-boom-de-la-industria-de-la-html>.

INACAL (2015). Norma Técnica Peruana 339.034. Concreto: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Lima, Perú.

INACAL (2016). Norma Técnica Peruana 334.009. cementos: Cementos Portland. Requisitos.

Lima, Perú.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (2002). Guía para obtener un concreto durable -

ACI 201. México: IMCYC

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2016). Producción de arroz cáscara se incrementó en 31,0% en abril de 2016. Oficina Técnica de Difusión. Recuperado el 26 de Septiembre de 2016, de <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-n113-2016-inei.pdf>.

Jerez, J.A. & Rivas, F.A. (2013). Determinación de la influencia microsilice y nanosilice en el hormigón sometido a esfuerzo de compresión. (Tesis de Grado). INACAP, Concepción-Talcahuano, Chile.

Jiménez, H. F. (2001). Obtención de concreto de alta resistencia mediante adición en el diseño de un superplastificante y ceniza de cascarilla de arroz. (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Juárez, B.M. (2012). Utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados (Tesis de Grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Lainez, P. y Martínez, M. (2012). Influencia del uso de microsilice en las propiedades en estado fresco y endurecido en concreto de alta resistencia (Tesis de Grado). Universidad de El Salvador, El Salvador.

Laura, S. (2006). Diseño de Mezclas de Concreto. Perú.

Mariños, J.F.I., & Plasencia, N. E., (2010). Determinación de concreto de alta resistencia con cemento portland tipo I y el superplastificante plastol 5000. (Tesis de grado). UPAO, Trujillo, Perú.

Mattey, P., Robayo, R., Díaz, J., Devasto, S., Monzó, J. (2015). Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales. En revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, 35(2) pp. 285-294.

Ministerio de Economía y Finanzas. Clasificador Presupuestario de Gasto [en línea]. Recuperado el 25 de setiembre del 2016 de http://www.mef.gob.pe/contenidos/archivos-descarga/Anexo_2_clasificador_gastos_RD027_2014EF50_01.pdf

Prada, A. & Cortés, C. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. [En línea] Recuperado el 25 de Setiembre del 2016 de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092010000300013.

Rivera, G. (2013). Concreto Simple. Colombia: Aremzo.