

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL POLVO DE ALUMINIO
SOBRE EL ASENTAMIENTO EN UN CONCRETO LIGERO, EN
LA PROVINCIA DE HUAURA – 2018**

PRESENTADO POR:

BACH. CALLE ZELAYA, PERCY RENZO

ASESOR:

ING. BENAVENTE LEÓN, CHRISTHIAN

HUACHO - PERÚ

2019

**ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL POLVO DE ALUMINIO
SOBRE EL ASENTAMIENTO EN UN CONCRETO LIGERO, EN
LA PROVINCIA DE HUAURA – 2018**

Ing. Díaz Valladares, Cesar Armando
PRESIDENTE

Ing. Barrenechea Alvarado, Julio Cesar
SECRETARIO

Ing. Pozo Gallardo, Emerson
VOCAL

Ing. Benavente León, Christian
ASESOR

DEDICATORIA

Hago un reconocimiento muy especial y dedico este trabajo a mis padres, con la mayor gratitud y admiración por los esfuerzos realizados para lograr concretar mi carrera profesional, siendo para mí la mayor ilusión y la mejor herencia.

AGRADECIMIENTO

Al término de este Proyecto de Tesis que representa la culminación satisfactoria de mi carrera profesional de Ingeniería Civil, quiero agradecer a Dios por haberme permitido llegar al final de esta etapa, a mis padres, a mis hermanas y a mi familia quienes me brindaron su apoyo, ayuda y entusiasmo en todo momento y confiaron siempre en esto.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
MIEMBROS DEL JURADO Y ASESOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1. Problema General.....	4
1.2.2. Problemas Específicos.....	4
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.2. BASES TEÓRICAS.....	17
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	12
2.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	29
2.4.1. Hipótesis General.....	32
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	32
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	33
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.1.1. Tipo.....	33

3.1.2. Enfoque.....	33
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	34
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES E INDICADORES.....	35
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	36
3.4.1. Técnicas a emplear.....	36
3.4.2. Descripción de los instrumentos.....	37
3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	37
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	38
4.1. RESULTADOS.....	38
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y	50
RECOMENDACIONES	
5.1. DISCUSIÓN.....	50
5.2. CONCLUSIONES.....	53
5.3. RECOMENDACIONES.....	54
CAPÍTULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN.....	55
6.1. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.....	55
6.2. FUENTES HEMEROGRÁFICAS.....	59
6.3. FUENTES DOCUMENTALES.....	61
6.4. FUENTES ELECTRÓNICAS.....	64
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Materiales del cemento.....	14
Tabla 2: Características del concreto convencional.....	19
Tabla 3: Clasificación de concreto ligero.....	23
Tabla 4: Sistema de designación para aleación de aluminio.....	27
Tabla 5: Características físico- mecánica del aluminio.....	27
Tabla 6: Composición química del aluminio fundido.....	28
Tabla 7: Operacionalización de las Variables.....	36
Tabla 8: Clasificación de los agregados – Humedad.....	38
Tabla 9: Clasificación de los agregados – Peso unitario.....	39
Tabla 10. Clasificación de los agregados – Peso específico.....	41
Tabla 11. Clasificación de la arena – Modulo de finura.....	41
Tabla 12. Análisis del agua.....	42
Tabla 13. Contenido de la humedad. Arena – Piedra.....	43
Tabla 14. Peso unitario suelto y compacto. Arena – Piedra.....	43
Tabla 15. Peso específico y absorción promedio de arena gruesa-piedra.....	44
Tabla 16. Módulo de finura promedio de la arena.....	44
Tabla 17. Tamaño de la piedra.....	44
Tabla 18. Análisis del agua.....	45
Tabla 19. Características de los agregados.....	45
Tabla 20. Diseño de mezclas con diferentes porcentajes de polvo de aluminio....	45
Tabla 21. Asentamiento del concreto con polvo de aluminio sin plastificante.....	46
Tabla 22. Asentamiento frente a diferentes porcentajes de polvo de aluminio con plastificante.....	46
Tabla 23. Resistencia a compresión de probetas– curado 28 días, sin Superplastificante.....	47
Tabla 24. Resistencia a compresión de probetas– curado 28 días, con P = superplastificante 1%.....	48
Tabla 25. Densidad y absorción de probetas - sin superplastificante.....	49
Tabla 26. Densidad y absorción de probetas - con superplastificante al 1%.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de agregados ligeros	21
Figura 2: Resistencia a la compresión a los 28 días de curado.....	53

Análisis y diagnóstico del polvo de aluminio sobre el asentamiento en un concreto ligero, en la provincia de Huaura – 2018

Analysis and diagnosis of aluminum dust on the settlement in a light concrete, in the province of Huaura – 2018

Percy Renzo Calle Zelaya ⁽¹⁾

RESUMEN

Objetivo: El presente trabajo de investigación tiene como objetivo el determinar la influencia del polvo de aluminio fundido sobre el asentamiento, compresión, densidad y absorción en un concreto ligero, en la provincia de Huaura en el año 2018. **Materiales y Métodos:** El tipo de investigación que se realizó fue Aplicada, de nivel experimental de corte transversal. Teniendo una población de 160 probetas de las cuales se seleccionó 4 réplicas para el posterior estudio de investigación, la técnica que se empleó fue la observación y el instrumento fue la ficha de cotejo para ambas variables. **Resultados:** Se demostró la El contenido de humedad de los agregados convencionales son: 0.7% y 0.3% correspondientes al agregado fino y al agregado grueso respectivamente, su contenido de humedad de los agregados naturales dependió de las condiciones climatológicas que presentaba el lugar de donde provenían. En este caso, los agregados naturales se encontraron expuestos a temperaturas de 26 a 32° C de la provincia de Huaura. **Conclusiones:** El incremento del porcentaje del polvo de aluminio mantiene la resistencia a la compresión, disminuye la densidad, mantiene el asentamiento, sin embargo aumenta la absorción del concreto, en la provincia de Huaura en el 2018.

Palabra Clave: Polvo de aluminio, concreto ligero, absorción de concreto ligero, absorción.

ABSTRACT

Objective: The objective of this research work is to determine the influence of molten aluminum powder on settlement, compression, density and absorption in lightweight concrete, in the province of Huaura in 2018. **Materials and Methods:** The type of research that was carried out was applied, of an experimental level of transversal cut. Having a population of 160 specimens from which 4 replicas were selected for the subsequent research study, the technique used was the observation and the instrument was the comparison sheet for both variables. **Results:** The moisture content of the conventional aggregates was shown to be: 0.7% and 0.3% corresponding to the fine aggregate and the coarse aggregate respectively, their moisture content of the natural aggregates depended on the climatic conditions presented by the place where they came from. . In this case, the natural aggregates were found exposed to temperatures of 26 to 32 ° C in the province of Huaura. **Conclusions:** The increase in the percentage of aluminum powder maintains the compressive strength, decreases the density, maintains the settlement, but increases the absorption of the concrete, in the province of Huaura in 2018.

Keyword: Aluminum powder, lightweight concrete, lightweight concrete absorption, absorption.

⁽¹⁾ Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho - Perú

INTRODUCCIÓN

El concreto liviano o de baja densidad se fabrica en varios países, como mezcla de cemento, arena y un agregado liviano, que en nuestro caso se adiciono polvo de aluminio para un concreto ligero, que le da la característica de ligereza a la mezcla. Los bloques de concreto convencionales son utilizados en diversas zonas del país de manera artesanal y frecuentemente sin el aporte técnico adecuado. (Carrillo & Lopez, 2015)

La rama de la construcción, como uno de los pilares de la ingeniería Civil, se apoya en el campo de los materiales de construcción. Estos elementos se encargan de dar forma mediante la aplicación de una tecnología, a todo tipo de construcciones ya sea rudimentaria o perfeccionada, en cuya realización interviene en mayor o menor grado el ingeniero Civil. El concreto a su vez es el material más comúnmente utilizado en construcción, en fechas recientes han aparecido una gran gama de nuevos concretos, especialmente concretos de pesos ligeros que pretenden desplazar a los de uso común como por ejemplo concretos celulares, concretos con espuma de sílice, concretos con arcillas expandidas entre otros. (Carrillo & Lopez, 2015)

El presente trabajo de investigación está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I. El planteamiento del problema, se presenta la descripción de la realidad problemática, la formulación del problema general, problemas específicos, los objetivos de la investigación general y específicos.

Capítulo II. Marco teórico, se presenta los antecedentes de la investigación, las bases teóricas, la definición de términos, hipótesis general e hipótesis específicas.

Capítulo III. Metodología, se presenta el diseño de la investigación, técnicas, instrumentos de recolección de datos población, muestra, operacionalización de las variables y técnica de procesamiento de la información.

Capítulo IV. Resultados, los resultados nos muestran la evaluación del polvo de aluminio sobre el asentamiento de un concreto ligero.

Capítulo V. Nos muestran la discusión, las conclusiones y las recomendaciones.

Capítulo VI. Fuentes de información, en este capítulo nos muestra las fuentes bibliográficas, las fuentes hemerográficas, las fuentes documentales y las fuentes electrónicas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Los primeros concretos livianos utilizados por el hombre para construir edificaciones surgieron en el Imperio Romano en el año 25 a.c. En esa época eran el resultado de la mezcla de cementos puzolánicos con materiales de baja densidad como la piedra pómez producidas en los volcanes existentes. Posteriormente fue hacia el año 1917 que Stephen J. Hayde, un fabricante de ladrillos de 54 años en Kansas City, E.E.U.U. desarrolló, en América, un proceso con el cual, mediante un horno tubular giratorio, logró expandir pizarras y arcillas para así obtener un agregado liviano de baja densidad. Con este producto se consiguió por primera vez concretos livianos, con una densidad aproximadamente de 40% menos y con una resistencia similar y hasta incluso un poco mayor a la original. Así a través del tiempo se han ido desarrollando y descubriendo diferentes agregados ligeros para la elaboración de concreto ligero como por ejemplo la escoria de los altos hornos que se introdujo en Inglaterra a mediados de la década de los 30 o los incorporadores de aire y espuma silícea que son usados actualmente por las grandes potencias. (Carrillo & Lopez, 2015)

El uso del concreto ligero en Sudamérica se introdujo en la década de los 90, desde entonces ha alcanzado un buen nivel de aceptación y de producción. En Brasil, Colombia y Venezuela el concreto ligero ha alcanzado un auge importante los últimos años, principalmente en monumentos, estatuas de gran tamaño y viviendas sociales de un nivel. Al igual que en otros países de Sudamérica; en el Perú se ha utilizado desde ya hace algunos años, pero concretos ligeros hecho a base de incorporadores de aire o incorporadores de espuma silícea más no concreto ligero hecho a base de arcillas expandidas. (Carrillo & Lopez, 2015)

La ingeniería civil una disciplina que tiene como finalidad aplicar conocimientos tecnológicos al desarrollo, utilización y perfeccionamiento de técnicas constructivas en beneficio de la comunidad, se hace necesario que el ingeniero se mantenga al tanto de los últimos avances en dichas técnicas, a fin de lograr aplicar nuevas ideas, nuevos

procesos, nuevos materiales al propio desarrollo profesional. (Carrillo & Lopez, 2015)

La rama de la construcción, como uno de los pilares de la ingeniería Civil, se apoya en el campo de los materiales de construcción. Estos elementos se encargan de dar forma mediante la aplicación de una tecnología, a todo tipo de construcciones ya sea rudimentaria o perfeccionada, en cuya realización interviene en mayor o menor grado el ingeniero Civil. (Carrillo & Lopez, 2015)

El concreto a su vez es el material más comúnmente utilizado en construcción, en fechas recientes han aparecido una gran gama de nuevos concretos, especialmente concretos de pesos ligeros que pretenden desplazar a los de uso común como por ejemplo concretos celulares, concretos con espuma de sílice, concretos con arcillas expandidas entre otros. (Carrillo & Lopez, 2015)

Actualmente empresas como Sika, Química Suiza, Basf y otras empresas ofrecen productos para reducir el peso del concreto, como son los incorporadores de aire, para obtener concretos livianos. Es importante destacar que la densidad obtenida de un concreto liviano puede ser un 25% menor que la normalmente utilizada en elementos estructurales y las resistencias obtenidas pueden superar el valor predicho por las estimaciones, por lo que el concreto liviano es una excelente alternativa en construcciones de gran altura. (Hernández, 2011).

Según UNICON (2016), el concreto convencional es la mezcla de arena, piedra, cemento y agua, la piedra que se utiliza es de 1", 1/2", 3/4", el tipo de cemento usado es el tipo I, II, III, IV, V, ICO entre los más utilizados en el Perú, este tipo de concreto es usado en cimentaciones, columnas, losas y muros de contención, teniendo una densidad entre 2200-2400 kg/m³. Según DINO (2005), el conjunto de procedimientos técnicos planeados cuya práctica permite que el concreto cumpla con los requisitos especificados, al menor costo posible, los ensayos son: asentamiento, temperatura, densidad, contenido de aire, resistencia a la compresión y flexión. Según Instituto mexicano del concreto y cemento (IMCYC), 2014, el concreto ligero tiene características propias; por un medio espumoso o incorporador de gas

adicionado a la mezcla se ha hecho más ligero que el concreto convencional de cemento, arena y grava, que por tanto tiempo ha sido el material empleado en las construcciones, otra definición señalada es el concreto ligero fue conocido durante muchos años como un concreto cuya densidad superficialmente seca no es mayor a 1,800kg/m³. Por otra parte, con la aplicación en miembros estructurales de concreto reforzado con agregados de peso ligero, la densidad límite tuvo que ser revisada, ya que algunas muestras de concreto hechas para este propósito a menudo daban concretos de densidad (superficialmente secos) de 1,840 kg/m³, o mayores. Esto, sin embargo, es aún concreto ligero dado que resulta todavía bastante más ligero que el concreto común, que usualmente pesa entre los 2,400 y 2,500kg/m³.

El concreto ligero es una buena opción ecológica en términos de producción, empleándose en unidades de albañilería, losas, muros para casas, cines, auditorios, teatros, muros divisorios, capas de nivelación de losas a causa que es liviano, ahorra tiempo de construcción, reduce los desperdicios incluyendo la energía a usar, menores costos de transporte. Según Segura (2007), existen tipos de concretos ligeros entre ellos con burbujas de aire o concreto aireado, reemplazo total del agregado grueso y el otro es concreto sin finos. En el caso del concreto aireado es conocido como concreto celular, según la empresa Armosfera (2017), El concreto celular es la mezcla de cemento, arena, piedra, agua y un incorporador de aire o espumante. Hay dos tipos de concreto celular con espumante y gas, el concreto celular de gas es incorporando polvo de aluminio a la mezcla de concreto, el polvo de aluminio al mezclarse con el cemento reacciona formando burbujas de aire, haciéndolo un concreto ligero y con menor densidad, que la de un concreto convencional.

Para la producción del concreto ligero se emplearía polvo de aluminio, llena todos los espacios completamente con la misma densidad en el elemento, en una sola etapa, lo cual acelera considerablemente la velocidad de construcción empleándose también un aditivo adicional entre ellos se encuentra la piedra pómez, arcilla expansiva, polvo de aluminio entre otros. El polvo de aluminio es uno de los más usados en estado líquido; pero también se usaría en estado sólido que se obtiene de diversas formas, puliendo el aluminio en un esmeril u otra alternativa es usar los residuos de fabricación de utensilios de aluminio que en el momento de su fabricación usan como

materia prima productos de aluminio, dejando polvo de aluminio en el momento de producción. Otra forma es reciclando los pistones de los carros, los cuales contiene aluminio fundido, representado por una mezcla de aluminio, cobre y magnesio.

Construir viviendas con concreto celular haría estructuras más livianas. Otro factor beneficioso sería en la construcción de instituciones educativas como: universidades, colegios u otros, por sus propiedades acústicas será adecuado para que al momento que se dictan clases o el uso de equipos que generen ruido este no afecte a otros ambientes de la institución. También ser utilizado en lugares de diversión para que el ruido no traspase hacia las calles y no afecte el sonido hacia los vecinos aledaños a estos lugares, en la costa ayudando a los edificios a reducir peso muerto.

Finalmente es importante destacar que no es considerable el uso de concretos livianos estructurales en la provincia de Huaura, y son pocas las obras con el uso de concretos livianos estructurales en el país, debido a la falta de conocimiento sobre este tipo de concretos o la falta de investigaciones, por lo tanto esto indica que tenemos menos oportunidades de dar soluciones a los problemas de Ingeniería.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo influye el polvo de aluminio fundido sobre el asentamiento, compresión, densidad y absorción en un concreto ligero, en la provincia de Huaura en el año 2018?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo influye el polvo de aluminio en la disminución del asentamiento en estado fresco del concreto, bajo la norma NTP 339.035?

- ¿Cuál es el efecto que tiene el polvo de aluminio en la resistencia a la compresión de una losa de concreto aplicado para losas, bajo la norma NTP 339.034?
- ¿Cuál es el efecto del polvo de aluminio en la absorción de una losa de concreto aplicado para losas, bajo la norma ASTM C-642?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia del polvo de aluminio fundido sobre el asentamiento, compresión, densidad y absorción en un concreto ligero, en la provincia de Huaura en el año 2018.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la influencia del polvo de aluminio en la disminución del asentamiento en estado fresco del concreto, bajo la norma NTP 339.035.
- Determinar el efecto que tiene el polvo de aluminio en la resistencia a la compresión de una losa de concreto aplicado para losas, bajo la norma NTP 339.034.
- Determinar el efecto del polvo de aluminio en la absorción de una losa de concreto aplicado para losas, bajo la norma ASTM C-642.
- Analizar la carga muerta con un concreto convencional y ligero en una losa aligerada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Martínez, I. (2016) en su investigación titulada: “Producción de concretos ligeros con agregados vitrocerámicos elaborados con lodos de plantas potabilizadoras” para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Autónoma de México, nos menciona:

En el presente trabajo, se emplean lodos de plantas potabilizadoras de agua, mezclados con arcilla, para la producción de materiales vitrocerámicos, con el objetivo de utilizarlos como agregados gruesos ligeros para concretos. El estudio experimental se dividió en dos etapas. En la primera etapa, se analizaron diferentes variables que intervienen en el proceso de producción del material vitrocerámico, buscando optimizar las propiedades deseadas de este material (elevada resistencia a la compresión y baja densidad) para su empleo como agregado para concreto. Se analizaron cinco variables vinculadas con el proceso de producción de los vitrocerámicos: Humedad inicial de la mezcla, utilización de molde metálico durante la calcinación, tiempo a temperatura máxima de calcinación de la mezcla, tamaño de partícula de las materias primas y porcentaje de incorporación de lodo en la mezcla. Para la planificación de la experimentación y el análisis de resultados de esta etapa, se utilizaron dos modelos estadísticos. En un inicio, se utilizó un cuarto de fracción de un modelo factorial 2k, para determinar las variables que tenían una influencia significativa sobre las propiedades analizadas y posteriormente, se empleó un diseño de superficie de respuesta para la optimización de estas variables. En la segunda etapa, a partir de los agregados vitrocerámicos producidos con base en los resultados de la etapa previa, se fabricaron y analizaron diferentes formulaciones de concreto, para definir su viabilidad técnica como concreto ligero estructural. Además de los concretos de agregados vitrocerámicos, se fabricó un concreto de agregado natural

de peso normal y un concreto de agregado natural ligero, lo que permitió comparar los resultados obtenidos entre los diferentes concretos. Los resultados muestran que los vitrocerámicos fabricados con la fracción más fina de las materias primas y el empleo de hasta un 50% de contenido de lodo en la mezcla, a una temperatura máxima de 1,200 °C, son viables técnicamente para su empleo como agregados para concretos estructurales. Además, los concretos fabricados con los agregados vitrocerámicos de mejores propiedades, cumplieron los requisitos técnicos que permiten clasificarlos como concretos ligeros estructurales y no presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto a un concreto de agregado ligero (tezontle) natural.

Sierra J. (2014) en su investigación titulada: “Análisis comparativo entre bloques de concreto tradicional y bloques de concreto alivianado con poliestireno” para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Internacional del Ecuador, nos menciona:

Se analizaron diferentes dosificaciones en volumen para obtener los pesos establecidos, teniendo en cuenta el uso de un aditivo plastificante para la elaboración de prefabricados de alta calidad. Los primeros bloques se los desarrolló de forma tradicional con materiales básicos como son el cascajo, el polvo azul, cemento y agua; los segundos con los mismos materiales pero se reemplazó el cascajo por el poliestireno más un aditivo plastificante. Actualmente se viene utilizando en la fabricación de bloques artesanales dosificaciones empíricas ya establecidas por los dueños de las bloqueras con las cuales llegan a obtener cierta resistencia a la compresión en dichos bloques mismos que se encuentran dentro de los parámetros de la Norma INEN Ecuatoriana. La investigación hace una revisión general de la fabricación, desde la correcta selección de materiales, la determinación de la dosificación, una perfecta elaboración en lo referente al mezclado, moldeo, vibrado, y un adecuado curado más su almacenamiento.

Mundaca R. (2013) en su trabajo de investigación titulado: “Determinación de la influencia de las nanomoléculas de sílice en el concreto frente a un factor que afecta su durabilidad.”, para optar el título de Ing. Civil en la Universidad Austral de Chile, nos menciona:

En los últimos años se han intensificado las investigaciones relacionadas con el mejoramiento de los materiales utilizados en obras de ingeniería, con el objetivo de mejorar sus propiedades y economizar su costo de fabricación y los que su utilización implique. Una de las últimas tecnologías desarrolladas con muchas aplicaciones en este campo es la nanotecnología, que como su nombre lo indica, se desarrolla a escalas nanométricas, en que un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro. Es en el marco de esta tecnología que se desarrolla el presente trabajo, que tiene como objeto principal la determinación de la influencia de las nanopartículas de sílice en el concreto frente a la acción de agentes que son agresivos para éste que afectan su durabilidad considerando los efectos superficiales y estructurales, físicos y químicos, de esta acción en el concreto. Para determinar la influencia de estas nanomoléculas, se realiza un trabajo experimental que consiste en un ensayo de inmersión de pequeños discos de concreto con árido fino o mortero, con distintas adiciones de nanosílice en porcentaje de peso de cemento, en una solución de sulfato de sodio, del que se desprenden tres tipos de análisis:

- El primero está relacionado con la pérdida o disminución de masa de cada una de las muestras en forma posterior a su inmersión
- El segundo es un análisis del pH de la solución utilizada en forma previa y posterior al ensayo de inmersión
- Por último se expone un análisis de microscopía electrónica, en la muestra que sufrió mayor deterioro y aquella que fue menos dañada, producto de la acción de los sulfatos en el ensayo de inmersión.

Además se hace una comparación de los resultados del primer análisis mencionado, con los de una investigación anterior referente al estudio de resistencias mecánicas (flexotracción y compresión) y trabajabilidad de probetas de mortero, idénticas a las utilizadas en esta investigación.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Lazo J. (2017) en su investigación titulada: “Diseño de concreto celular para diferentes densidades, análisis de sus propiedades y sus aplicaciones” .para optar el título de Ing. Civil en la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional del Santa, nos menciona:

El objetivo de la investigación es el diseño de concretos celulares de diferentes densidades con materiales que pueden ser encontrados en la región de Arequipa. Se presenta al concreto celular como un concreto ligero con aditivo plastificante y espumante con diferentes aplicaciones dependiendo de su densidad y esfuerzo a compresión. Para su elaboración se realizaron pruebas previas al diseño de mezclas como resistencia y fluidez para encontrar la relación agua/cemento de diseño y la cantidad de cemento, se realizó el ensayo del cono de March para encontrar el punto de saturación del aditivo plastificante y se elabora una gráfica que relaciona la dosificación del aditivo espumante, el peso unitario y el tiempo de mezclado. Luego se elaboraron tres diseños, el diseño A hecho a base de cemento y arena, el diseño B con cemento arena y arena pómez y finalmente el diseño C con arena y piedra del huso 89, con cada dosificación se elaboraron concretos celulares de diferentes densidades, En estado fresco se realizaron los ensayos de consistencia, peso unitario, contenido de aire y rendimiento, en estado endurecido se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión, densidad de equilibrio, contracción, absorción, permeabilidad y ultrasonido. Se realizaron comparación de costos en concreto premezclado convencional y concreto celular.

Carrillo y., López C. (2015) en su investigación titulada: “Diseño de concreto estructural ligero adicionando desperdicios de las ladrilleras del distrito de Santa - 2015” para optar el título de Ing. Civil en la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional de San Agustín, nos mencionan:

La presente tesis consiste en elaborar un diseño de concreto estructural ligero adicionando como reemplazo los desperdicios de las ladrilleras de arcilla ubicadas en el distrito de Santa, unidades de ladrillos conocidos con el nombre de “Ladrillos Rococho”. Este proyecto se desarrollará partiendo de un diseño patrón hecho convencionalmente con $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, del cual se reemplazará porcentualmente el agregado grueso (Piedra Chancada) por “Ladrillo Rococho” hasta encontrar el concreto Ligero óptimo. Esta investigación nos ayudará a reducir la gran contaminación ambiental que estos desperdicios producen y a la vez proponer una nueva alternativa de diseño de concreto estructural ligero para reducir las cargas muertas de los elementos estructurales de las edificaciones.

Velarde, A. (2017) en su investigación titulada: “Evaluación del polvo de aluminio fundido sobre el asentamiento, compresión, densidad, absorción en un concreto ligero, Trujillo-2017”, para optar en título de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte, nos menciona:

En la presente tesis de grado, se investigó el comportamiento del polvo de aluminio en concreto ligero para la construcción de losas aligeradas sobre su resistencia a la compresión, asentamiento, absorción, densidad y tiempo de fraguado, se logra obtener por procesos de material espumoso e incorporador de aire hacen un concreto ligero con una densidad no mayor a 1900 kg/m^3 , para la presente investigación, se añadió polvo de aluminio lo que pasa de la malla N°40 (0.425mm) al 1.5%, 3%, 4.5% y 6% del peso del cemento, sin superplastificante y con superplastificante al 1%, se obtuvo de la empresa Química Suiza Industrial EUCO 37. El concreto se diseñó para 210 kg/cm^2 a base de

Cemento Portland Compuesto Tipo ICo de la empresa Pacasmayo, arena y piedra de 3/8" de la cantera "Los Mellizos" en el distrito de Huanchaco, una relación agua/cemento constante de 0.55 y polvo de aluminio (Al) obtenido del reciclado de pistones de carros es un tipo de aluminio fundido, en el Emporio Albarracín, Urb. Palermo, Trujillo. Se conformaron probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de alto; curadas a los 28 días en una poza con hidróxido de calcio (NTP 339.183). Para determinar su resistencia a la compresión se empleó la norma NTP 339.034, para el asentamiento la NTP 339.035 y la NTP 339.187 para absorción y densidad, para el tiempo de fraguado NTP 339.082. Con la aplicación del polvo de aluminio en el concreto, se produjo un concreto menos pesado, pero aumentando su grado de absorción y a su vez manteniendo el asentamiento y su resistencia a la compresión. El diseño patrón o mezcla con 0% de polvo de aluminio y sin superplastificante alcanzó una resistencia a la compresión de 224 kg/cm^2 , un asentamiento de 4", una absorción de 2.22% y densidad de 2268 kg/m^3 . El diseño más óptimo del concreto ligero se dio al 1.5% de polvo de aluminio con superplastificante en base a los ensayos realizados durante esta investigación, presentándose un valor de resistencia de 236 kg/cm^2 , asentamiento de 4", absorción de 3.07% y densidad de 1765.55 kg/m^3 . Mientras que para el concreto añadiendo polvo de aluminio de 1.5% del peso de cemento sin superplastificante se obtuvo una resistencia de 195 kg/cm^2 , un asentamiento de 3 1/4", una absorción de 4.32% y una densidad de 1783 kg/m^3 . El costo aproximado de hacer una mezcla para concreto ligero es de S/. 250.51. Al utilizar concreto ligero en cualquier tipo de estructura se aprecian cargas muertas mucho más livianas, importante en áreas de alto riesgo sísmico. La baja densidad del concreto ligero, asegura a las estructuras de concreto. Durante un sismo las edificaciones no serán afectadas gravemente, de está manteniendo a la población más segura durante el acontecimiento de un terremoto de gran intensidad.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Concreto

2.2.1.1 Antecedentes Históricos

Se conoce que los egipcios usaron el yeso calcinado para dar al ladrillo o a las estructuras de piedra una capa superficial lisa. Al mismo tiempo en Grecia antigua, una aplicación similar de piedra caliza calcinada fue utilizada por los griegos antiguos. (Carrillo & Lopez, 2015)

Los romanos antiguos utilizaron con frecuencia el ladrillo partido como agregado en una mezcla de cal con polvo del ladrillo o cenizas volcánicas. Construyeron una variedad amplia de estructuras, caminos, templos, palacios y acueductos. También utilizaron losas de concreto en muchas de sus estructuras públicas grandes, como el Coliseo y el Partenón. (Carrillo & Lopez, 2015)

El concreto también fue utilizado en la pared de la defensa que abarca Roma, en caminos y en los acueductos que todavía existen hoy. Para aligerar el peso de estructuras enormes, encajonaron a menudo tarros de barro vacíos en las paredes. También utilizaron barras de metal como refuerzos en el concreto cuando fueron construidos techos estrechos sobre callejones. (Carrillo & Lopez, 2015)

En 1774, John Smeaton, uno de los grandes ingenieros del siglo XVIII, observó que al combinar la cal viva con otros materiales creaba un material extremadamente duro que se podría utilizar para unir juntos otros materiales. Él utilizó este conocimiento para construir la primera estructura de concreto, construyó el faro de Eddystone en Inglaterra. (Carrillo & Lopez, 2015)

Los faros anteriores en este punto habían sido destruidos por las tormentas y el sitio estaba expuesto a la extrema fuerza del mar. En 1825 el primer concreto moderno se produjo en América y fue utilizado en la construcción del canal de Erie. Se utilizó el cemento hecho de la "cal hidráulica" encontrada en los condados de Madison en Nueva York Primero llamado "La zanja de Clinton", el canal de Erie se puso en servicio en 1825. (Carrillo & Lopez, 2015)

El éxito comercial fue atribuido al hecho de que el costo de mantenimiento de los pasos de concreto era muy bajo. El volumen del concreto usado en su construcción hizo del proyecto de construcción de concreto más grande de sus días. (Carrillo & Lopez, 2015)

2.2.1.2 Definición

Concreto es la mezcla de cemento, arena gruesa, piedra y agua. La cantidad de cada uno de estos materiales dependerá de la resistencia que se quiera lograr, la cual se indica en los planos con el símbolo $f'c$. La resistencia del concreto a utilizar dependerá, a su vez, de donde se va a emplear: cimientos, muros de contención, pisos, columnas o techos (Aceros Arequipa, 2017)

La mezcla de concreto se trabaja en forma semilíquida, esto hace que pueda ajustarse y adquirir cualquier forma, la cual al paso del tiempo (proceso de fraguado) se convierte en un material resistente y durable, por tal razón es un material muy utilizado en la industria de la construcción.

2.2.1.3 Usos estructurales

“Los elementos estructurales son las partes de una construcción que sirven para darle resistencia y rigidez. Su función principal es soportar el peso de la construcción y otras fuerzas como sismos, vientos, etc.”(Cenapred, 2017)

Los elementos más importantes en la construcción son:

- a) Vigas y viguetas: son habitualmente barras horizontales, que cumple una función muy importante en las construcciones como trasladar el peso a las columnas. Están sometidas generalmente a esfuerzos de flexión.
- b) Pilar o columna: son habitualmente barras apoyadas verticalmente, cuya función principal es trasladar cargas hacia los cimientos. Los principales esfuerzos que soporta son de compresión y pandeo.
- c) Cimientos: son los encargados de soportar y repartir en el suelo todo el peso de la estructura, soportando principalmente esfuerzos de compresión.
- d) Placas: Son muros de concreto que proporcionan gran rigidez lateral ante movimientos laterales como los sismos.

2.2.1.3 Componentes del concreto

a) Cemento Portland Compuesto Tipo ICo

“Cemento portland obtenido por pulverización conjunta de clínker portland, materias calizas y/o inertes hasta un máximo de 30%” (NTP 334.001, 2001, p. 7).

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 334.009), el cemento

Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clínter compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir: Cemento Portland=Clinker Portland + Yeso

Tabla 1. Materiales del cemento

Óxido componente	Porcentaje típico	Abreviatura
CaO	58% - 67%	C
SiO ₂	16% - 26%	S
Al ₂ O ₃	4% - 8%	A
Fe ₂ O ₃	2% - 5%	F
SO ₃	0.1% - 2.5%	
MgO	1% - 5%	
K ₂ O y Na ₂ O	0% - 1%	
Mn ₂ O ₃	0% - 3%	
TiO ₂	0% - 0.5%	
P ₂ O ₅	0% - 1.5%	
Pérdida por calcinación	0.5% - 3%	

Nota: (Mayta, 2009)

- **Silicato Tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 = \text{C}_3\text{S} = \text{Alita}$)**
Posee una incidencia de 50 a 70% en el cemento, definiendo la resistencia inicial (en la primera semana), siendo de gran importancia su efecto en el calor de hidratación.
- **Silicato Dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 = \text{C}_2\text{S} = \text{Belita}$)**
Ocupa alrededor de 15 a 30%, definiendo la resistencia a largo plazo, sin tener fuerte impacto en el calor de hidratación.
- **Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C}_3\text{A}$)**
Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, puesto que interviene en 5 a 10%, pero con los silicatos condicionan el fraguado violento actuando como catalizador. Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.
- **Ferro aluminato Tetracálcico ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{C}_4\text{AF} = \text{Celita}$)**
Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación, por tener un porcentaje de incidencia comprendido entre 5 a 15%.
- **Cal libre (CaO)**
No debe sobrepasar el 2%, ya que en cantidades excesivas puede dar por resultado una calcinación insuficiente del clínker en el horno, esto puede provocar expansión y desintegración del hormigón. Inversamente, cantidades muy bajas de cal libre reducen la eficiencia en el consumo de combustible y producen un clínker duro para moler que reacciona con mayor lentitud.
- **Óxido de Magnesio (MgO)**
Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores del 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada y

endurecida. Estos compuestos conforman del 90 al 95% de la masa del cemento. Así mismo, durante la molienda, se añade yeso (3 - 6%).

- **Sulfato de calcio Dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{CSH}_2 = \text{Yeso}$)**

Su aporte principal en el proceso es de controlar el efecto producido por aluminato tricálcico y los silicatos, retardando el fraguado violento.

a.1) Tipos de cementos

La ASTM C150 lo clasifica en 5 tipos:

- Tipo I: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo
- Tipo II: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos

“La norma establecida por la Norma Técnica Peruana (NTP 334.090), especifica las características de los cementos adicionados, los que contienen además de los compuestos mencionados, escorias, puzolanas y materiales calizos que modifican el comportamiento” (ICG, 2015, p. 66) Entre los tipos de cementos y el porcentaje añadido, tenemos:

- Tipo IS: Contenido de escoria entre 25% y 70%.
- Tipo ISM: Contenido de escoria menor a 25%.
- Tipo IP: Contenido de puzolana entre 15% y 40%
- Tipo IPM: Contenido de escoria menor a 15%.
- Tipo ICO: Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Portland y materiales calizos (travertino), hasta un 30% de peso.

2.2.1.4 clasificaciones del concreto

a. Por el peso específico:

-Ligero, cuyo Peso Unitario se encuentre hasta 2000 Kg/m³.

-Normal, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 2000 – 2800 Kg/m³.

-Pesado, cuyo Peso Unitario se encuentre entre $>2800 \text{ Kg/m}^3$

b. Según su Aplicación

- Simple: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.
- Armado: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.
- Pretensado: Resistencia a tracción: viguetas.
- Postensado: Resistencia a tracción: se introducen fundas.

c. Por su composición:

- Ordinario.
- Ciclópeo: con áridos de 50 cm
- Casco: Hormigón de desechos y ladrillos.
- Inyectado: en un molde el agregado y le metemos la pasta árido $>25 \text{ mm}$.
- Con aire incorporado: en el hormigón se le inyecta aire $>6\% \text{ V}$.
- Refractario: resistente a altas temperaturas (cemento de aluminato cálcico).

d. Por su resistencia:

- Convencional: 10% agua, 15% cemento, 35% arena, 40% grava.
- De alta resistencia: 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones, 2% aditivos.

2.2.2 Concreto ligeros

2.2.2.1 Definición

Es un concreto hecho a base de agregados de peso ligero o sin agregados que permitan obtener un peso menor al concreto convencional de 2300 kg/m^3 (Chandra y Bemtsson), también la reducción de peso se consigue reemplazando parte de sus componentes sólidos por un gas en la mayor parte de los casos por aire, ya sea usando áridos que aumenten el porcentaje de aire en el concreto o incorporación directa mediante un aditivo. (Carrillo & Lopez, 2015)

Se considera concreto liviano a aquellos concretos que tienen una densidad inferior a 1850 kg/m^3 según la NTP E060 y pueden dividirse en tres tipos: concreto aireado, concreto sin finos y concreto con áridos livianos. (Carrillo & Lopez, 2015)

El concreto estructural ligero de peso liviano es un concreto que posee una densidad en el orden de 77 a 128.6 lb/pe² (1400 a 2000 kg/m³) en comparación con el concreto de peso normal que presenta una densidad en el rango de 140 a 150 lb/pe³ (2240 a 2400 Kg/m³). (Carrillo & Lopez, 2015)

Para aplicaciones estructurales, la resistencia del concreto se elabora con un agregado grueso de peso liviano. En algunos casos, una porción o la totalidad del agregado fino puede ser un producto de peso liviano. Los agregados livianos que se utilizan en el concreto estructural liviano son típicamente materiales expandidos de esquisto, arcilla o pizarra que se han expuesto al fuego en un horno rotatorio de calcinado para que desarrollen una estructura porosa. También se utilizan otros productos como escoria preparada en hornos de fundición. Existen otras clases de concretos no estructurales de peso liviano con menor densidad producidos con otros materiales de agregados y con mayores vacíos de aire en la matriz de pasta de cemento, tales como el concreto celular, las cuales se utilizan típicamente por sus mayores propiedades de aislamiento. (Carrillo & Lopez, 2015)

Características

Algunas de las ventajas más sobresalientes presentadas por los autores Valdez, Suarez y Proaño (2010) en su artículo Hormigones ligeros son las siguientes:

- Permite disminuir el peso en estructuras y cargas a la cimentación.
- Ofrece un ahorro significativo en el consumo de energía eléctrica, en particular en sitios con clima extremo.
- Su Transporte y colocación es más económico.
- Baja densidad.
- Buena aislación térmica
- Buena aislación acústica
- Mayor resistencia al fuego que el concreto convencional
- Bajo módulo de elasticidad Sin embargo también tienen desventajas frente al concreto convencional, estas son presentadas por los mismos autores.

- Los agregados livianos podrían ser más caros que la grava común, pero esta diferencia podrá ser compensada con un menor costo en el transporte e incluso puede influir en el tipo de cimentación favorablemente.
- Debido a que el módulo de elasticidad es bajo se pueden producir mayores deformaciones a las de un concreto convencional. No se puede determinar el grado de incidencia en la relación de agua-cemento debido a su gran absorción
- La contracción por secado es mayor a la del concreto convencional y por lo tanto debe tenerse en consideración en el dimensionamiento de los elementos constructivos.
- La falta de experiencia en el uso del concreto liviano lo cual genera inconvenientes en su uso y elaboración.
- Debido a su gran absorción se presentan problemas de corrosión del fierro, pero este problema se reduce al aumentar el recubrimiento del fierro.

Tabla 2. Características del concreto convencional

Características	Concreto Convencional
Resistencia a la Compresión	210 kg/cm ²
Estado de Verificación f'c	28 días
Tamaño Máximo del Agregado	1", 3/4", 1/2"
Asentamiento	3 pulgadas
Tiempo de Fraguado Inicial	2.5 horas
Peso unitario	2200-2400 kg/m ³
Contenido de Aire	3%

Nota: UNICON, 2007

2.2.2.2 Diseño de mezcla de concreto ligero

Hay muchas maneras de elaborar concreto liviano, según Segura (2007) dice que existen 3 formas que son:

El primero corresponde al concreto liviano con agregado liviano, el cual reemplaza en su totalidad al agregado grueso y está destinado para usos estructurales. El segundo hace referencia al concreto aireado, celular o espumoso, en el cual se le introducen grandes vacíos al concreto, de tal manera que se produce un concreto poroso y liviano. Finalmente, se tiene el concreto sin finos, donde se mantienen los agregados gruesos de peso normal, se omiten los agregados finos y por lo tanto hay un gran número de vacíos intersticiales presentes.

2.2.2.3 Clasificación

De acuerdo a (Carrillo & Lopez, 2015) Las clasificaciones comunes de los concretos ligeros se hacen en función de sus propiedades sobresalientes, de sus pesos volumétricos, de los materiales que los integran o de los métodos empleados en su fabricación.

De acuerdo con sus propiedades y pesos Unitario podemos señalar la siguiente clasificación, que refleja la importancia se conoce en algunos países al aislante térmico:

- a. Concretos ligeros de resistencia reducida y propiedades excepcionalmente buenas de aislamiento térmico 280 a 800 kg/m³.
- b. Concretos ligeros de resistencia media y características adecuadas de aislamiento térmico: 800 a 1200 kg/cm³.
- c. Concretos ligeros de resistencia estructural y limitadas características de aislamiento térmico: 1200 a 2000 kg/m³.

En la Figura 1 se muestra, de acuerdo con esta clasificación, el rango de aplicación de los concretos en base a su grado de resistencia y peso volumétrico y de acuerdo con los distintos agregados que intervienen en su fabricación.

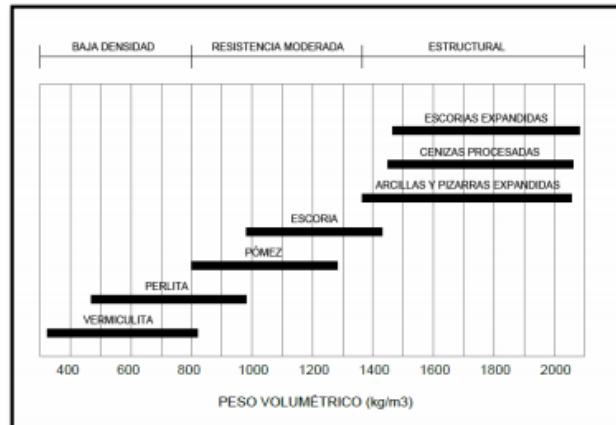


Figura 1. Clasificación de agregados ligeros (INCYC, 2001)

De acuerdo con (Carrillo & Lopez, 2015) los materiales que lo integran y los métodos de fabricación, los concretos ligeros pueden clasificarse en:

- a. Concretos sin finos, cuya ligereza se obtiene suprimiendo el agregado fino, produciéndose con ellos numerosos vacíos entre las partículas del agregado grueso, algunos materiales usados son: la grava, piedra triturada, Clinker, cenizas sinterizadas, arcillas o pizarras expandidas, arcilla esquistosa expandida, escoria espumosa y pómez.
- b. Concretos celulares, producidos por la formación de burbujas gaseosas dentro de la masa fluida por una lechada de mortero, también se conocen como concretos aireados, espumosos o gaseosos. Algunos materiales usados son: polvo de aluminio, peróxido de hidrogeno, espuma e intrusión de aire.
- c. Concretos de agregados ligeros, obtenidos mediante la utilización de agregados naturales o artificiales de muy bajo peso específico; algunos materiales usados son: Clinker, escoria espumosa, arcilla expandida, pizarra expandida, cenizas sinterizadas, vermiculita exfoliada, perlita expandida, pómez y agregados orgánicos.

Muchas autores consideran a los concretos sin finos dentro de la clasificación de los concretos de agregados ligeros y que de hecho son los mismos agregados los que se

utilizan para su fabricación, con la diferencia de que para lograr aún más ligereza, se suprime el agregado fino.

De acuerdo a su aplicación:

- a. Concreto ligero para aislamiento, Se utiliza principalmente concretos con aire incorporado para muros divisorios (tabiques) con fines de aislamiento debido a su baja conductividad térmica y alta resistencia al fuego, mayor que la de un concreto convencional. Estructuralmente se usa bloques o elementos prefabricados curados en autoclave.
- b. Concreto ligero estructural, Es aquel concreto que posee una densidad menor que la de un concreto convencional entre 1440 a 1840 kg/m³ y para que tenga aplicaciones estructurales, su resistencia debe de ser mayor a 175 kg/m² (American Concrete Institute -ACI)

Generalmente este concreto se fabrica sustituyendo parcial o totalmente el agregado de peso normal por agregado ligero, los agregados ligeros para uso estructural deben cumplir con los requerimientos de la norma ASTM C 330 (American Society for Testing and Materials) (Carrillo & Lopez, 2015)

2.2.2.4 Propiedades del concreto ligero

Los métodos de ensayo estándar para concretos ligeros son similares a los de concreto convencional, pero es necesario examinar detenidamente sus características físicas y mecánicas con el fin de compararlas con las propiedades de concreto convencional. (Carrillo & Lopez, 2015)

2.2.2.4.1 Peso volumétrico.

Es una de las propiedades más importantes del concreto ligero y depende de la porosidad, peso específico, compactación y granulometría de los materiales, así como de las proporciones de mezcla. Puede determinarse en especímenes con diferente grado de humedad, según el caso que se trate. El método empleado para su determinación es similar al usado para concretos convencionales. (Carrillo & Lopez, 2015)

Aun cuando el peso volumétrico de los concretos ligeros es muy variable y depende principalmente de los agregados y métodos de fabricación, puede definirse un rango de variación entre 400 y 1900 kg/m³ (Carrillo & Lopez, 2015)

Tabla 3. Clasificación de concreto ligero

TIPOS DE CONCRETO LIGEROS				
	PESO UNIT CONCRETO (kg/m ³)	TIPO DE AGREGADO	PESO UNIT AGREGADO (kg/m ³)	EJEMPLO DE AGREGADO
SIN FINOS	1600 – 1920 880 - 1200	Natural Ligero	1360 – 1600 480 - 1040	Grava, Piedra Escoria, etc
AGREGADOS DE PESO LIGERO	400 – 1120 400 – 1120 720 - 1120	Natural	64 – 240 64 – 240 480 - 880	Vermiculita Perlita Piedra pómez
	960 – 1520 960 – 1200 960 - 1200	Artificial	480 – 960 560 – 1040 560 - 1040	Escoria espumosa Arcilla expandida Esquistos expandidos
	400 - 800	Aditivos	-	-

Nota: (Guzmán, 2001)

2.2.2.4.2 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión está relacionada con el peso volumétrico y al igual que esta tiene un rango de variación muy amplio, también depende de su relación agua cemento, su contenido de humedad y en tipo de fabricación (sistema de curado) (Carrillo & Lopez, 2015)

Tipo de concreto ligero	Resistencia kg/cm ²	Peso Volumétrico kg/m ³
Sin Finos	50 a 90	1800 a 2000
Agregados Ligeros	70 a 500	500 a 2100
Aireados	15 a 60	400 a 1600

2.2.2.4.3 Porosidad

Se define porosidad la cantidad de espacios vacíos que queda inmersos en la masa de concreto como consecuencia de la evaporación de agua libre de la mezcla y de la presencia de aire naturalmente atrapado. (Durabilidad y patología 2006 Enrique Riva López)

El espacio no relleno por componentes sólidos de la pasta de cemento hidratada y tendrán gran influencia en el desarrollo de las propiedades del mismo. (Metha y Monteiro “Concrete: Microestructure, Propierties and Materials”) La porosidad es una fracción del volumen de huecos medida como porcentaje y está relacionado directamente a la capacidad de absorber agua, puede calcularse en función a su peso volumétrico como se verá más adelante. La mayor parte de los concretos ligeros tienen una porosidad bastante grande y por lo mismo poseen una absorción mayor que los concretos convencionales. (Carrillo & Lopez, 2015)

Los distintos tipos de concreto ligeros presentan diferente grado de absorción. Por ejemplo los concretos celulares tienen absorciones mucho mayores que los concretos de agregados ligeros, para un concreto que se usara como aislante, una la absorción considerable de agua puede afectar el aislamiento y sus propiedades relacionadas.

En un material seco estos poros están llenos de aire, pero cuando se sumerge en el agua, el aire que encierra en las cavidades se opone al avance del líquido.

El equilibrio se presenta cuando la presión del aire contenido es igual a la del agua, circunstancia que determina los huecos inaccesibles al agua. (Carrillo & Lopez, 2015)

El fenómeno de circulación varía de acuerdo con el tamaño del poro (Carrillo & Lopez, 2015):

- Si los canales no son muy finos, el material es permeable y el agua lo atraviesa fácilmente.

- Si los canales son muy finos (capilares) el material es menos permeable, es atravesado por un reducido caudal, aunque puede retener una importante cantidad de agua

2.2.3 POLVO DE ALUMINIO

El polvo de aluminio es un polvo liviano, inoloro, plateado-blanco a gris. Es un material inflamable reactivo. La humedad del polvo de aluminio puede encenderse en el aire, con la formación de gas hidrógeno inflamable. Es también un polvo combustible, cuando el polvo de aluminio entra en contacto con el agua, ácidos fuertes, bases o alcoholes fuertes, libera gas hidrógeno inflamable. Puede reaccionar violenta o explosivamente con muchos químicos orgánicos e inorgánicos. (Michael, 2000)

El polvo de aluminio es esencialmente no-tóxico luego de exposición de corto plazo información. El aluminio está normalmente cubierto con una capa de óxido de aluminio a menos que las partículas se formen frescamente. Existen dos tipos principales de polvo de aluminio: el tipo “partícula” que se hace estampando el metal frío y el tipo “granulado” que se hace de aluminio fundido. El puro polvo es un tipo especialmente fino de polvo “en partícula” y está compuesto de partículas muy pequeñas (menos de 1 micrómetro (μm) de diámetro). (Michael, 2000)

Este registro de perfil químico contiene información de polvos de aluminio, complementado con general del aluminio y sus compuestos. Las propiedades físicas del aluminio varían significativamente de acuerdo con la pureza y la aleación. Los valores dados en este registro de perfil químico son para el aluminio de un mínimo de 99.99% de pureza. Algunos polvos de aluminio se tratan con materiales como estearina para minimizar la superficie de oxidación. Adicionalmente, algunos polvos de aluminio están recubiertos con poliestireno para reducir o eliminar el riesgo de fuego. Esta revisión no trata los riesgos de los polvos de aluminio. (Michael, 2000)

2.2.3.1 Características del polvo de aluminio:

- De fácil mecanizado debido a su baja dureza.
- Muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas.

- Bastante dúctil, permite la fabricación de cables eléctricos.
- Material blando (Escala de Mohs: 3). Límite de resistencia en tracción: 1632-2040 kgf/cm² en estado puro, en estado aleado el rango es de 14280- 61200 kgf/cm² . El duraluminio fue la primera aleación de aluminio endurecida que se conoció, lo que permitió su uso en aplicaciones estructurales.
- Para su uso como material estructural se necesita alearlo con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas, así como aplicarle tratamientos térmicos.
- Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión.
- Material soldable.
- Con CO₂ absorbe el doble del impacto.
- Tiene propiedades térmicas
- Su Densidad del aluminio es baja 2700 kg/cm³.

2.2.3.2. Sistemas de designación de las aleaciones

Para clasificar los diversos tipos de aluminios primero se tiene en cuenta el método de la fabricación del producto, que puede ser mediante moldeado o mediante forjado. Las aleaciones de aluminio diseñadas para moldeado tienen una composición química que les permite fluir hacia el interior del molde. (Michael, 2000)

Las aleaciones de aluminio forjado se utilizan para productos que se fabrican deformando el aluminio hasta obtener su forma final.

(Michael, 2000) menciona que: La asociación americana del aluminio (Aluminum Association) ha desarrollado un sistema de clasificación de las aleaciones de aluminio, el sistema designación para las aleaciones de aluminio forjado utiliza un código de cuatro dígitos. El primer dígito indica la serie de aleación, el segundo dígito indica, si es distinto a cero, indica una modificación en la aleación básica. El tercer y cuarto dígitos identifican la aleación especificada dentro de la serie; estos dígitos se asignan arbitrariamente, excepto para la serie 1xxx, en la que los dos dígitos indican el contenido mínimo de aluminio, que es el que se muestra en la tabla:

Tabla 4. Sistema de designación para aleación de aluminio

Aleaciones de aluminio forjado		Aleaciones de aluminio moldeado	
Serie de Aleación	Descripción de los principales elementos de aleación	Serie de Aleación	Descripción de los principales elementos de la aleación
1xxx	99 % mínimo de aluminio	1xx.x	99 % mínimo de aluminio
2xxx	Cobre	2xx.x	Cobre
3xxx	Manganeso	3xx.x	Silicio más cobre y/o magnesio
4xxx	Silicio	4xx.x	Silicio
5xxx	Magnesio	5xx.x	Magnesio
6xxx	Magnesio y Silicio	6xx.x	Serie no utilizada
7xxx	Zinc	7xx.x	Zinc
8xxx	Otro elemento	8xx.x	Estaño
9xxx	<i>Serie no utilizada</i>	9xx.x	<i>Otro elemento</i>

Nota: (Michael, 2000)

2.2.3.3. Características físico-mecánico del aluminio

Tabla 5. Características físico- mecánica del aluminio

Características	Aluminio
Rigidez Cortante E(kg/cm ²)	280,000
Resistencia a la tracción (kgf/cm ²)	1632-2040
Módulo de elasticidad (kg/mm ²)	7000
Dureza (HB)	15
Módulo de Poisson	0.33
Densidad (kg/m ³)	2700
Dureza-Escala de Mohs	3
Alargamiento (%)	11

Nota: (Michael, 2000)

2.2.3.4 aluminio fundido

Según la Universidad Politécnica de Valencia, 2015, las aleaciones de aluminio para fundición se han desarrollado por sus buenas cualidades de colabilidad, fluidez y capacidad de alimentación de los moldes, así como por la optimización de las propiedades de resistencia y tenacidad o resistencia a la corrosión de estas aleaciones. En la tabla se recogen las composiciones químicas. El silicio, en cantidades del 5 al 12%, es el elemento de aleación más importante dentro de estas aleaciones, al aumentar sobre todo la colabilidad de las mismas. La adición de magnesio, en porcentajes del 0.3 al 1%, facilita el endurecimiento por precipitación con lo que aumenta las características resistentes. Adiciones de cobre entre el 1 y el 4% aumentan en gran medida la resistencia, sobre todo a temperaturas elevadas. Para optimizar las propiedades resistentes de las aleaciones de fundición, se realiza el enfriamiento de las piezas en moldes que permiten elevadas velocidades de enfriamiento, lo que produce estructuras en estado sólido sobresaturadas, que tras las correspondientes etapas de envejecimiento alcanzan niveles resistentes considerables. Un buen ejemplo de la aplicación de este proceso es la fabricación de pistones para automóviles, que tras su extracción del molde se somete a un tratamiento de envejecimiento que posibilita su endurecimiento por precipitación, tratamiento denominado T5. (Michael, 2000)

Tabla 6. Composición química del aluminio fundido

Composición Química del Aluminio Fundido
Silicio (5-12%)
Magnesio (0.3%)
Cobre (1%)
Aluminio-(Entre 87.5-93.7%)

Nota: (Michael, 2000)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Aditivos:** Sustancias químicas usadas para mejorar las características del concreto, se utilizan al momento de hacer la mezcla.
- **Agregados:** Son las arenas, gravas naturales y piedra triturada utilizadas para formar la mezcla que da origen al concreto, los agregados constituyen cerca del 75% de esta mezcla.
- **Centro de acopio:** Lugar donde los residuos sólidos son almacenados y/o separados y clasificados según su potencial de reusó o transformación.
- **Centro de transferencia:** Sitio adicional autorizado propiedad de un Centro de Aprovechamiento de RCD destinado para el acopio temporal de RCD aprovechables, cuya operación está dirigida a acortar distancias para el transportador, es de aclarar que el traslado del material a los Centros de Aprovechamiento se convierten desde allí en responsabilidad del operador del Centro de transferencia. (En estas zonas solo se acopia material que podrá aprovechar el Centro de Aprovechamiento de RCD que servirán para la elaboración de materiales de construcción). En ningún caso este podrá realizar labores de transformación. Estos Centros de transferencia deberán cumplir con las mismas condiciones ambientales exigidas a los Centros de Aprovechamiento de RCD y se autorizarán previo concepto de la Secretaría Distrital de Planeación-SDP para su localización y de la Secretaría Distrital de Ambiente- SDA para su funcionamiento. Las empresas que deseen contar con centros de transferencia deberán realizar el trámite ante la SDA.
- **Centros de tratamiento y/o aprovechamiento:** sitios en donde se podrán realizar actividades de separación, clasificación, tratamiento y almacenamiento temporal de los escombros implementando las medidas ambientales que manejen los impactos generados. Pueden ser fijos o móviles.

- **Certificación:** la certificación es la forma de demostrar que una empresa cumple con los requisitos de la norma.
- **Cliente:** persona física o jurídica que realiza transacciones mediante contratos de compra-venta de productos o servicios con otras personas o empresas del mercado. Para el caso de estudio de esta tesis nos enfocaremos en los clientes de las empresas constructoras o contratistas, quienes tienen la necesidad de mejorar o incrementar su infraestructura.
- **Concreto:** Elemento deformable formado por cemento, grava, arena y agua, en estado plástico toma la forma del recipiente, ocurre una reacción química entre el cemento y el agua, esto hace que la mezcla frague y se convierte en un elemento rígido, se usa como material de construcción y soporta grandes cargas de compresión.
- **Consenso:** se define el consenso como "el acuerdo general al que se llega mediante un proceso en el que se han tenido en cuenta todos los sectores interesados, sin que haya habido una oposición firme y fundada, y en el que se hayan salvado posiciones eventualmente divergentes. No implica necesariamente unanimidad".
- **Normas:** es un documento que establece las condiciones mínimas que debe reunir un producto o servicio para que sirva al uso al que está destinado, establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido que establece; para usos comunes y repetidos; reglas, criterios o características para las actividades o sus resultados. Las normas son un instrumento de transferencia de tecnología, aumentan la competitividad de las empresas y mejoran y clarifican el comercio internacional.
- **Normalización:** consiste en la elaboración, difusión y aplicación de normas. La normalización de las diversas herramientas de gestión así como las de calidad, favorece el progreso técnico, el desarrollo económico y la mejora de la calidad

de vida. Para el caso de esta tesis estudiaremos la normalización de las herramientas de gestión utilizadas en la industria.

- **Procedimiento:** manera o forma especificada de realizar una actividad. Por lo general es el listado de una serie de pasos claramente definidos, disminuyendo la probabilidad de errores o accidentes.
- **Proceso:** Es la forma y orden de ejecutar las actividades o procedimientos de una tarea, en especial trata de prever la calidad del producto de dicho proceso. Se puede señalar que el uso de los procedimientos escritos podrían mejorar enormemente el resultado de los procesos.
- **Proveedor:** Empresa industrial, comerciante, profesional, o cualquier otro agente económico que proporciona a otra empresa o persona un bien o servicio a cambio de una retribución con fines comerciales.
- **Proyectistas:** empresa o profesionales responsables del diseño del proyecto, encargados de transformar las necesidades o requerimientos de los propietarios en un expediente técnico que contenga especificaciones técnicas y planos de detalle en las diferentes especialidades necesarias.
- **Proyecto de construcción:** Es una célula o parte de un todo que conforma la organización o empresa, en este caso particular sería una parte de la gerencia de operaciones de una empresa constructora. Su característica empresarial es operar con autonomía a base de objetivos y resultados. Dentro de esa autonomía debe poder perfeccionar y propiciar el perfeccionamiento del personal humano que la compone, así como planear su futuro y programar sus actividades de acuerdo a sus estrategias para alcanzar sus objetivos.
- **Supervisión:** los clientes o propietarios de los proyectos no suelen ser especialistas en proyectos de construcción, por lo que normalmente se encuentran representados en el proyecto por una empresa supervisora o

profesionales encargados de supervisar la correcta ejecución de los trabajos del contratista, de acuerdo al expediente técnico elaborado por los proyectistas.

- **Transportador:** Cualquier persona natural o jurídica que preste servicios de recolección y traslado de RCD en distintos puntos de generación, pudiendo asumir o no la titularidad de los mismos.
- **Tratamiento:** Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos de construcción y demolición, incrementando sus posibilidades de reutilización o y se minimizan los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana.
- **Trazabilidad:** Conjunto de aquellos procedimientos preestablecidos que permiten conocer el origen, tipo, ubicación, cantidad y la trayectoria, en este caso de los RCD, en un momento dado, a través de unas herramientas determinadas, así como los históricos de origen, tipo, ubicación, cantidad y trayectoria para un periodo de tiempo determinado.
- **Sitio de disposición final:** Lugar autorizado destinado para recibir y acopiar de forma definitiva el material residual del aprovechamiento en las plantas y todo aquel RCD pétreo que por sus características físicas no pudo ser objeto de aprovechamiento.

2.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El incremento del porcentaje del polvo de aluminio mantiene la resistencia a la compresión, disminuye la densidad, mantiene el asentamiento, sin embargo aumenta la absorción del concreto, en la provincia de Huaura en el 2018.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo

El tipo de investigación que se realizara en el presente trabajo de tesis será de tipo Aplicado, son experiencias de investigación con propósitos de resolver o mejorar una situación específica o particular, para comprobar un método o modelo mediante la aplicación innovadora y creativa de una propuesta de intervención, en este caso de índole Orientadora, en un grupo, persona, institución o empresa que lo requiera. Por su parte, Boggino y Rosekrans (2004) y Cívicos y Hernández (2007) mencionan la investigación–acción y la investigación participativa como aquellas que responden a aplicaciones, de ahí que sean vistas como prácticas de investigación diferentes de la investigación práctica aplicada.

3.1.2. Enfoque

El nivel de investigación que se realizara en el presente trabajo de tesis será de nivel Experimental y de diseño experimental de tipo no transversal, consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas, según Cívicos y Hernández (2007) es un tipo de investigación que bien utiliza experimentos y los principios encontrados en el método científico. Los experimentos pueden ser llevados a cabo en el laboratorio o fuera de él. Estos generalmente involucran un número relativamente pequeño de personas y abordan una pregunta bastante enfocada. Los experimentos son más efectivos para la investigación explicativa y frecuentemente están limitados a temas en los cuales el investigador puede manipular la situación en la cual las personas se hallan. La investigación experimental se utiliza generalmente en ciencias tales como la sociología y la psicología, la física, la química, la biología y la medicina, entre otras. Los experimentos pueden ser llevados a cabo en el laboratorio o fuera de él.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Travers y Cooper (1997), entendemos por población a todos los posibles miembros de un grupo de entre los cuales se extrae una muestra. En nuestro caso, la población de estudio en el presente trabajo de investigación lo conformaron 160 probetas de concreto en estado endurecido de 10cm x 20 cm.

3.2.2. Muestra

Travers y Cooper (1997), entendemos por la muestra a todos los posibles miembros de un grupo de entre los cuales se extrae una muestra. En nuestro caso, la población de estudio en el presente trabajo de investigación lo conformaron 4 réplicas de concreto en estado endurecido de 10cm x 20 cm., con un nivel de confianza del 95%, un error absoluto de 10kg/cm² y una desviación estándar de 10kg/cm², siendo estos últimos datos obtenidos mediante pruebas pilotos por el investigador responsable, aplicando la información se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Donde:

n: tamaño de la población.

Z: Grado de confianza que se establece por el investigador. (95%)

E: Error absoluto precisión de la estimación de la proporción.

S: Desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador. Obtenida por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés.

Entonces reemplazando tenemos:

$$n = \frac{(1.96)^2(10)^2}{(10)^2} = 3.8416$$

n = 4 Replicas

Según la ACI 318-14, solo es necesario 2 probetas de concreto de 15cm x 30 cm o 3 probetas de 10cm x 20cm. Para esta investigación se realizó un diseño experimental, donde se varía la cantidad de porcentaje de polvo de aluminio en el diseño de la siguiente manera (0%,1.5%,3%,4.5%,6%), representados por los niveles siguientes: b1, b2, b3, b4, b5 y b6. En la tabla 5, se presenta la matriz de diseño.as.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES E INDICADORES

3.3.1. Variable Independiente

Concreto Ligero

Definición Conceptual.-

El concreto ligero (liviano) estructural es un concreto similar al concreto de peso normal, excepto que tiene una densidad menor. Se lo produce con agregados ligeros (concreto totalmente ligero) o con una combinación de agregados ligeros y normales.

3.3.2. Variable Dependiente

Polvo de aluminio.

Definición Conceptual.-

El polvo de aluminio es un polvo liviano, inoloro, plateado-blanco a gris. Es un material inflamable reactivo. La humedad del polvo de aluminio puede encenderse en el aire, con la formación de gas hidrógeno inflamable. Es también un polvo combustible. Cuando el polvo de aluminio entra en contacto con el agua, ácidos fuertes, bases o alcoholes fuertes, libera gas hidrógeno inflamable. Puede reaccionar violenta o explosivamente con muchos químicos orgánicos e inorgánicos. El polvo de aluminio es esencialmente no-tóxico luego de exposición de corto plazo.

Tabla 7. Operacionalización de las Variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Fuente de Verificación
Variable Independiente: Concreto ligero	Comprensión	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerza axial • Área circular 	Observación/ Fichas
	Densidad	<ul style="list-style-type: none"> • Masa y volumen al ambiente • Masa y volumen en seco 	
	Absorción	<ul style="list-style-type: none"> • Porosidad del concreto • Rugosidad del concreto 	
	Asentamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño máximo de la piedra • Relación agua – cemento 	
Variable Dependiente: Polvo de aluminio	Físico	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad aparente • Granulometría 	Observación/ Fichas
	Químico	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de aleación química • Actividad puzolanica 	

Nota: Elaboración Propia

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas a emplear

La técnica que se aplicara en el presente trabajo de investigación será:

- Observación, consiste en la consulta de distintas fuentes bibliográficas, tanto digitales como en físico, las cuales sirven como antecedentes y bases teóricas. Se hizo uso de la normatividad peruana que establece criterios adaptados de normas extranjeras, en su mayoría de Estados Unidos, para el manejo de criterios y procedimientos necesarios en la elaboración de los ensayos. Sin embargo para la obtención de antecedentes respecto al tema de investigación, colocara la fuente y si es necesario traducir investigaciones científicas de inglés a español.
- Observación directa, el comportamiento de los participantes se realiza en un laboratorio, donde la ventaja es que el fenómeno puede medirse de manera más inmediata, consiste en captar información válida y confiable de los hechos en función de los objetivos de investigación previamente establecidos. De esta manera observaremos y analizaremos el comportamiento del concreto con polvo de aluminio.

3.4.2. Descripción de los instrumentos

El instrumento que se aplicará será fichas textuales, como instrumento de investigación, que se centró en el diálogo interpersonal entre el observador y los observados, en una relación cara a cara de manera individual en tiempos de 3 días por empresa constructora, es decir, en forma directa.

3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento de datos y gráficos se hizo mediante el software aplicado a la Ingeniería Civil, y Microsoft Office, donde se plasmarán diagramas de flujo, los procesos y gráficos circulares y/o barras necesarias para

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Características de los agregados

Determinación del Contenido de Humedad del Agregado Grueso y Fino NTP 339.185

- Se pesó tres muestras de agregado fino y tres de agregado grueso en estado natural (Ph). Luego se colocaron las muestras en el horno a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, y luego se pesaron las muestras secas (Ps).
- Después se determinó el contenido de humedad del agregado grueso y fino usando la siguiente expresión:

$$W\% = \left[\frac{Ph - Ps}{Ps} \right] \times 100$$

Ph: Peso Natural del material

Ps: Peso Seco del material

Tabla 8. Clasificación de los agregados - Humedad

Clasificación	Contenido de humedad (%)
Secado al horno	Humedad = 0
Secado al aire	Humedad < Absorción
Saturados y superficialmente secos	Humedad = Absorción
Húmedos	Humedad > Absorción

Nota: (Pasquel, 1998)

Determinación del Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Fino y Agregado Grueso- NTP 400.017

- Se pesó el molde vacío. Luego el agua fue vertido en el molde, hasta llenarlo y luego se tomó el peso, esto nos sirvió para calcular el volumen del molde, inmediatamente se vertió la muestra en el molde, de agregado hasta llenarlo (En el caso del peso unitario

compactado se hizo en 3 capas iguales de material en el recipiente y cada capa se compactó uniformemente en todo el recipiente con una varilla 25 veces)

- Se enrazó la superficie. Después se pesó el molde con la muestra y mediante esta fórmula se determinó el peso unitario compactado. Los resultados se calcularon con las siguientes formulas:

$$P_{USS} = \frac{\text{Peso del agregado suelto} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$P_{UCS} = \frac{\text{Peso del agregado compactado} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

Tabla 9. Clasificación de los agregados – Peso unitario

Clasificación	Peso unitario (kg/m³)
Pesados	> 1900
Normales	1120 - 1900
Livianos	< 1120

Nota: (Pasquel, 1998)

Peso Específico y Absorción del Agregado Fino-NTP 400.022

- Se sumergió la muestra en agua por 24 horas. Luego se tomó la muestra y se colocó encima de una cocina pequeña para secarla, moviendo en ocasiones para tener un secado uniforme. En el cono, se rellenó con tres capas compactando con 25 golpes por capa con el pisón. Si al quitar el cono la muestra se derrumba 1/3 de la parte de encima, esto demostrará que el agregado habrá alcanzado su condición saturada superficialmente seca.(A)

- Se pesó la fiola con agua hasta 1000 ml.(B)

- Se colocó la muestra en la fiola antes pesada, y se colocó agua hasta 1000 ml después de colocar el agregado, se hizo rodar la fiola sobre una superficie plana, tratando de eliminar todas las burbujas de aire, durante un minuto.

- Luego se pesó la fiola con el agua y la muestra mezclada. (C)

- Por último se sacó el agua y se secó la muestra en el horno a 100°C hasta peso constante y se obtuvo su peso seco. (S)

- Luego se pasó a calcular con las siguientes formulas.

$$\text{Peso Especifico} = \frac{A}{B + S - C}$$

Donde:

A: Peso en el aire de la muestra secada en la estufa. (gr)

B: Peso de la fiola mas el agua. (gr)

C: Peso de la fiola más agua más muestra. (gr)

S: Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca SSS (gr)

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} \times 100\%$$

Donde:

A: Peso en el aire de la muestra secada en la estufa. (gr)

S: Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca SSS. (gr).

Determinación del Peso Específico y Absorción del Agregado grueso-NTP 400.022

- Se lavó la muestra de grava. Luego se sumergió dentro de agua el material por 24 horas, inmediatamente se sacó la muestra, se extendió y se secó con un paño la superficie. Se pesó en el aire en condición saturada. (B)

- Después se colocó en una cesta de alambre el material y se pesó dentro del agua a una temperatura de 20°C. (C). Finalmente se secó la muestra a peso constante a temperatura de 100°C ± 5°C, luego se dejó enfriar y se determinó su peso seco a temperatura ambiente. (A) –

Se determina el peso específico y la absorción con las siguientes fórmulas.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso en el aire de la muestra seca al horno. (gr)

B: Peso en el aire de la muestra saturada. (gr)

$$\text{Peso Especifico} = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

A: Peso en el aire de la muestra seca al horno. (gr)

B: Peso en el aire de la muestra saturada. (gr)

C: Peso en el agua de la muestra. (gr)

Tabla 10. Clasificación de los agregados – Peso específico

Clasificación	Peso unitario (kg/m ³)
Pesados	> 2.75
Normales	2.5 – 2.75
Livianos	< 2.5

Nota: (Pasquel, 1998)

Ensayo granulométrico del agregado fino-NTP 400.012

- Se pesó tres muestras de agregado fino de 850 gr cada una. Luego se pesó cada tamiz para obtener el peso de cada uno. (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y malla ciega), posteriormente se colocó los tamices de diámetro mayor a menor (desde la N°4 hasta la N°200), para luego ser colocada en la mesa vibratoria.
- Seguido se colocó la muestra en los tamices y luego se prendió la mesa vibratoria por cinco minutos.
- Se pesó cada tamiz con la muestra retenida, así se pudo obtener el peso retenido en cada tamiz.
- El módulo de finura se calculó con la siguiente formula:

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{ retenidos acumulados en las mallas } N^{\circ} 4,8,16,30,50,100}{100}$$

Tabla 11. Clasificación de la arena – Modulo de finura

Clasificación	Peso unitario (kg/m ³)
Arenas finas	0.5 – 1.5
Arenas medias	1.5 – 2.5
Arenas gruesas	2.5 – 3.5

Nota: (Huamán, 2015)

Evaluación química del agua, arena gruesa y piedra-ASTM C-1602.

- Se coloca 4 vasos de pírax de 250 ml en la mesa, hechas 150 ml de agua destilada, 150 ml de agua potable, 50 gramos de arena gruesa y piedra con agua destilada con el doble de volumen de la piedra y arena por separado. Dejar reposar por un día para otra para tomar lectura con el medidor de salinidad (ppm), conductividad (us/cm), solidos suspendidos totales (mg/l).
- Se coloca el electrodo en cada vaso de pírax y se toma nota el valor de cada parámetro registrado en la pantalla del equipo.

Tabla 12. Análisis del agua

Sector	Salinidad (p.p.m)	Conductividad (uS/cm)	Sólidos en suspensión (p.p.m.)
Agua potable			
Agua destilada			
Agua con arena gruesa			
Agua con piedra			

Nota: (Huamán, 2015)

Ensayo granulométrico del agregado grueso-NTP 400.012

- Se pesó tres muestras de agregado grueso de 800 gr cada una. - Luego se pesó cada tamiz para obtener el peso de cada uno. (1 1/4 “, 1”, 3/4”, 1/2”, 3/8”, N°4, N°6, N°200 y malla ciega).
- Después se colocó los tamices de diámetro mayor a menor (desde la 1” hasta la N°200), para luego ser colocada en la mesa vibratoria.
- Seguido se colocó la muestra en los tamices y luego se prendió la mesa vibratoria por 5 minutos.
- Finalmente cada tamiz fue pesado con la muestra retenida, así se pudo obtener el peso retenido en cada tamiz.

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{ retenido acumulados en las mallas } 1/2", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100}{100}$$

4.1.1.1. Contenido de humedad

Tabla 13. Contenido de la humedad. Arena – Piedra

Material	Muestra	Tara (g)	Tara + muestra natural (g)	Tara + muestra seca (g)	Peso de la muestra natural (g) (Ph)	Peso de la muestra seca (g) (Ps)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
Arena gruesa	AM1	136.34	135.69	79.84	79.19	136.34	0.82	0.70
	AM2	138.03	137.34	79.94	79.25	138.03	0.87	
	AM3	138.55	137.95	78.21	77.61	138.55	0.77	
	AM4	132.07	131.83	67.91	67.67	132.07	0.35	
Piedra	PM1	542.13	541.05	389.79	388.71	542.13	0.28	0.30
	PM2	544.25	543.13	386.8	385.68	544.25	0.29	
	PM3	550.02	548.82	388.95	387.75	550.02	0.31	
	PM4	532.27	531.11	366.26	365.1	532.27	0.32	

Nota: Elaboración propia

4.1.1.2. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y agregado grueso

Tabla 14. Peso unitario suelto y compacto. Arena – Piedra

Material	Muestra	Peso unitario suelto - PUSS (kg/m ³)	Peso unitario compacto - PUCS (kg/m ³)	PUSS Promedio (kg/m ³)	PUCS Promedio (kg/m ³)
Arena gruesa	AM1	1522	1670	1527	1679
	AM2	1528	1688		
	AM3	1560	1695		
	AM4	1498	1663		
Piedra	PM1	1553	1702	1552	1705
	PM2	1549	1700		
	PM3	1550	1708		
	PM4	1556	1710		

Nota: Elaboración propia

4.1.1.3. Peso específico y absorción de la arena gruesa-piedra

Tabla 15. Peso específico y absorción promedio de arena gruesa-piedra

Material	Muestra	Absorción (%)	Peso específico (kg/m ³)	Absorción Promedio (%)	Peso específico Promedio (kg/m ³)
Arena gruesa	AM1	1.71	2.45	1.63	2.51
	AM2	1.62	2.51		
	AM3	1.61	2.50		
	AM4	1.58	2.58		
Piedra	PM1	1.9	2.77	2.05	2.73
	PM2	2.1	2.79		
	PM3	1.9	2.66		
	PM4	2.3	2.70		

Nota: Elaboración propia

4.1.2. Granulometría

4.1.2.1. Agregado fino

Tabla 16. Módulo de finura promedio de la arena

Material	Muestra	Módulo de finura	Promedio
Arena gruesa	AM1	2.40	2.42
	AM2	2.42	
	AM3	2.44	
	AM4	2.42	

Nota: Elaboración propia

4.1.2.2. Agregado grueso

Tabla 17. Tamaño de la piedra

Características	Promedio
Tamaño máximo	1/2"
Tamaño máximo nominal	3/8"
Módulo de finura	7.20
Huso granulométrico	N°08

Nota: Elaboración propia

4.1.3. Ensayo químico del agua, arena gruesa y piedra

Tabla 18. Análisis del agua

Sector	Salinidad (p.p.m)	Conductividad (uS/cm)	Sólidos en suspensión (p.p.m.)
Agua potable	1000.0	1456	978
Agua destilada	0.0	28.66	5
Agua con arena gruesa	200.0	397	198
Agua con piedra	100.0	162	80

Nota: Elaboración propia

4.1.4. Resumen de la caracterización de la materia prima

Tabla 19. Características de los agregados

Propiedades físicas	Arena gruesa	Piedra	Polvo de aluminio
Contenido de humedad	0.7	0.3	-
Peso específico (gr/cm ³)	2.51	2.73	2.70
Absorción	1.63	2.05	-
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1527	1552	-
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1679	1705	-
Módulo de finura	2.4	7.20	Malla N°40 (0.42mm)
Tamaño máximo(")	-	½"	-
Tamaño máximo nominal (")	-	3/8"	-
Tamaño de partículas (mm)	-	-	0.43

Nota: Elaboración propia

4.1.5. Diseños de mezcla y dosificaciones por volumen

Tabla 20. Diseño de mezclas con diferentes porcentajes de polvo de aluminio

Material	Peso (kg/m³)				
	0.0%	1.5%	3.0%	4.5%	6.0%
Agua	249.20	249.20	249.20	249.20	249.20
Cemento	412.30	412.30	412.30	412.30	412.30
Piedra	855.10	855.10	855.10	855.10	855.10
Arena	710.60	710.60	710.60	710.60	710.60
Polvo de aluminio	0	6.10	12.20	18.30	24.40
Total	2227.2	2233.3	2239.4	2245.5	2251.6

Nota: Elaboración propia

4.1.6. Ensayos

4.1.6.1. Asentamiento

Tabla 21. Asentamiento del concreto con polvo de aluminio sin plastificante

Polvo de aluminio (%)	Asentamiento			Promedio (cm)	Promedio (Pulg)	Desviación Estándar (cm)	Coeficiente de variación (%)
0.0	10.2	10.4	10.1	10.23	4"	0.15	1.47
1.5	8.32	8.36	8.43	8.47	3 1/3"	0.06	0.67
3.0	6.67	6.71	6.89	6.76	2 3/4"	0.11	1.73
4.5	5.12	5.10	5.13	5.12	2"	0.02	0.29
6.0	4.42	4.46	4.44	4.44	1 1/4"	0.02	0.45

Nota: Elaboración propia

Tabla 22. Asentamiento frente a diferentes porcentajes de polvo de aluminio con plastificante

Polvo de aluminio (%)	Asentamiento			Promedio (cm)	Promedio (Pulg)	Desviación Estándar (cm)	Coeficiente de variación (%)
0.0	11.42	11.40	11.48	11.43	4 1/2"	0.04	0.36
1.5	10.48	10.36	10.50	10.45	4 1/3"	0.07	0.72
3.0	9.91	9.94	9.99	9.95	3 3/4"	0.04	0.41
4.5	8.48	8.57	8.96	8.67	3 1/2"	0.26	2.94
6.0	6.87	6.73	6.98	6.86	2 3/4"	0.13	1.83

Nota: Elaboración propia

4.1.6.2. Resistencia a la compresión

Tabla 23. Resistencia a compresión de probetas– curado 28 días, sin superplastificante

Polvo de aluminio (%)	Probeta	Dimensión L(mm)	Dimensión D(mm)	Área (mm ²)	Fuerza KN	Resistencia Mpa	Resistencia Kg/cm ²	Promedio (cm)	Desviación Estándar (cm)	Coefficiente de variación (%)
0.0%	a1b1	203.2	102.4	8219.03	181.66	23.13	234.54	225	8.39	3.73
	a1b2	203.3	102.3	8215.05	169.84	21.12	214.15			
	a1b3	203.3	102.4	8223.08	175.92	22.35	226.63			
	a1b4	203.2	102.5	8227.06	172.33	22.17	224.80			
1.5%	a2b1	208.6	104.5	8610.49	156.22	19.21	194.79	196	3.77	1.92
	a2b2	208.4	104.2	8577.54	156.80	19.34	196.11			
	a2b3	208.3	104.7	8614.56	154.54	18.93	191.95			
	a2b4	208.5	104.6	8614.59	157.37	19.82	200.97			
3.0%	a3b1	207.1	102.4	132.72	17.03	172.68	132.72	182	5.63	4.01
	a3b2	207.4	102.6	145.67	18.54	187.99	145.67			
	a3b3	207.5	102.5	140.62	17.98	182.32	140.62			
	a3b4	207.3	102.8	143.30	18.08	183.33	143.30			
4.5%	a4b1	205.3	104.6	8482.38	88.25	11.02	111.74	111	0.68	0.61
	a4b2	205.4	104.2	8454.06	86.53	10.89	110.42			
	a4b3	205.2	104.1	8437.72	88.13	11.01	111.64			
	a4b4	205.5	104.3	8466.29	86.62	10.91	110.63			
6.0%	a5b1	202.3	103.5	8270.53	73.03	9.34	94.71	93	2.81	3.04
	a5b2	202.5	103.4	8270.71	74.26	9.41	95.42			
	a5b3	202.4	103.3	8258.63	70.74	8.99	91.16			
	a5b4	202.6	103.6	8290.80	70.42	8.83	89.54			

Nota: Elaboración propia

Tabla 24. Resistencia a compresión de probetas– curado 28 días, con P = superplastificante 1%

Polvo de aluminio (%)	Probeta	Dimensión L(mm)	Dimensión D(mm)	Área (mm ²)	Fuerza KN	Resistencia Mpa	Resistencia Kg/cm ²	Promedio (cm)	Desviación Estándar (cm)	Coefficiente de variación (%)
0.0% + P	a1b1	203.6	102.3	8227.17	167.07	21.18	214.76	215	0.48	0.22
	a1b2	203.3	102.5	8231.11	166.65	21.16	214.56			
	a1b3	203.2	102.4	8219.03	167.93	21.24	215.37			
	a1b4	203.4	102.6	8243.19	167.97	21.26	215.57			
1.5%+ P	a2b1	208.6	104.5	8364.56	185.40	23.49	238.19	239	4.47	1.87
	a2b2	208.4	104.2	8328.09	186.05	23.70	240.32			
	a2b3	208.3	104.7	8348.31	182.51	23.06	233.83			
	a2b4	208.5	104.6	8327.99	188.88	24.12	244.57			
3.0%+ P	a3b1	202.1	102.6	8190.51	129.77	16.31	165.38	178	8.24	4.64
	a3b2	202.3	102.4	8182.63	141.81	18.01	182.62			
	a3b3	202.4	102.3	8178.68	136.90	17.77	180.19			
	a3b4	202.5	102.2	8174.72	139.17	17.98	182.32			
4.5%+ P	a4b1	203.3	103.6	8319.44	86.56	10.92	110.73	112	3.35	28.98
	a4b2	203.4	103.3	8299.43	90.22	11.48	116.41			
	a4b3	203.1	103.2	8279.17	86.47	10.89	110.42			
	a4b4	203.5	103.4	8311.55	85.04	10.72	108.70			
6.0%+ P	a5b1	202.1	102.5	8182.52	75.80	9.34	94.71	97	2.17	2.23
	a5b2	202.5	102.4	8190.72	79.24	9.46	95.92			
	a5b3	202.4	102.3	8178.68	76.62	9.69	98.26			
	a5b4	202.2	102.6	8194.56	78.24	9.81	99.47			

Nota: Elaboración propia

4.1.7. Absorción y densidad

Tabla 25. Densidad y absorción de probetas - sin superplastificante

Polvo de aluminio (%)	Promedio Absorción (%)	Promedio Densidad (kg/m ³)	Absorción		Densidad seca	
			Desviación Estándar	Coefficiente de variación	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
0.0	2.24	2282.78	0.49	0.02	4.63	0.21
1.5	3.17	1832.92	5.83	0.19	7.52	0.47
3.0	4.26	1726.21	7.92	0.36	8.91	0.62
4.5	7.01	1654.31	5.63	0.41	10.02	0.82
6.0	7.33	1548.68	5.03	0.35	9.23	0.65

Nota: Elaboración propia

Tabla 26. Densidad y absorción de probetas - con superplastificante al 1%

Polvo de aluminio (%)	Promedio Absorción (%)	Promedio Densidad (kg/m ³)	Absorción		Densidad seca	
			Desviación Estándar	Coefficiente de variación	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
0.0	0.92	2154.42	1.18	0.03	12.45	0.61
1.5	3.61	1762.37	5.43	0.36	15.28	0.89
3.0	4.15	1746.18	4.88	0.12	7.87	0.47
4.5	4.98	1698.71	8.75	0.41	10.15	0.79
6.0	5.63	1536.86	3.18	0.15	9.66	0.54

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación se utilizó cemento Tipo Ico tiene clinkers, yeso y microcaliza, que mejora el trabajo y el moderado calor de hidratación, teniendo entre sus propiedades físicas un contenido de aire de 4%, densidad 2.92 g/ml, resistencia a la compresión a los 3 días 239 kg /m², 7 días 302 kg /m², 28 días 374 kg /m², haciéndolo ideal para vigas, columnas, losas y otras obras que no se encuentren en ambientes salitrosos. Cuando se mezcla el polvo de aluminio con el cemento reacciona formando pequeños poros al concreto, por ello se optó por usar el aditivo superplastificante EUCO 37.

La caracterización de los agregados así como los ensayos realizados para obtener los resultados de las variables dependientes, cumplen con las desviaciones estándar propuestas por las normas bajo las que se rigen y complementada con la Norma ASTM C670. Por otro lado el tamaño de los agregados de la piedra es de Tamaño máximo nominal 3/8". Además se tuvo un tamaño máximo nominal de 3/8" y tamaño máximo de 1/2". El agregado fino tiene un módulo de finura de 2.40, lo cual está en el rango de 2.3 y 3.1, por lo cual es óptimo para la elaboración de concreto. Promedio de la granulometría del agregado fino se hizo el tamizado a partir de la malla N°4 ya que se trata de arena, obteniéndose el mayor porcentaje en la malla N°100 con 40,20%.

El contenido de humedad de los agregados convencionales son: 0.7% y 0.3% correspondientes al agregado fino y al agregado grueso respectivamente, su contenido de humedad de los agregados naturales dependió de las condiciones climatológicas que presentaba el lugar de donde provenían. En este caso, los agregados naturales se encontraron expuestos a temperaturas de 26 a 32° C de la provincia de Huaura en el 2018.

El peso de unitario suelto y compactado del agregado fino es de 1523 kg/m³ y 1652 kg/m³ respectivamente, eso quiere decir que 1 m³ de este agregado fino pesa 1523

kg y 1652 kg para cada tipo de peso unitario. Este peso unitario suelto está dentro del rango de 1500 kg/m^3 y 1600 kg/m^3 , su peso unitario compactado se encuentra entre $1600\text{-}1900 \text{ kg/m}^3$. El peso de unitario suelto y compactado del agregado grueso es de 1555 kg/m^3 y 1730 kg/m^3 respectivamente, eso quiere decir que 1 m^3 de este agregado fino pesa 1555 kg y 1730 kg para cada tipo de peso unitario. Este peso unitario suelto está dentro del rango de 1500 kg/m^3 y 1600 kg/m^3 , su peso unitario compactado se encuentra entre $1600\text{-}1900 \text{ kg/m}^3$. Resultados similares obtuvo Velarde (2017) el proceso de material espumoso e incorporador de aire hacen un concreto ligero con una densidad no mayor a 1900 kg/m^3 , para la presente investigación, se añadió polvo de aluminio lo que pasa de la malla N°40 (0.425mm) al 1.5%,3%,4.5% y 6% del peso del cemento, sin superplastificante y con superplastificante al 1%, se obtuvo de la empresa Química Suiza Industrial EUCO 37. El concreto se diseñó para 210 kg/cm^2 a base de Cemento Portland Compuesto Tipo ICo de la empresa Pacasmayo, arena y piedra de 3/8" de la cantera "Los Mellizos" en el distrito de Huanchaco, una relación agua/cemento constante de 0.55 y polvo de aluminio (Al) obtenido del reciclado de pistones de carros es un tipo de aluminio fundido, en el Emporio Albarracín, Urb. Palermo, Trujillo. Se conformaron probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de alto; curadas a los 28 días en una poza con hidróxido de calcio (NTP 339.183).

El peso específico de la piedra y arena es de 2.73 gr/cm^3 y 2.58 gr/cm^3 , con un porcentaje de absorción de 2.12% y 1.57% respectivamente. Lo cual corresponde con su peso específico y absorción, debido a que estas propiedades son inversamente proporcionales, mientras que el aluminio presenta un peso específico de 0.27 gr/cm^3 . Los resultados de los agregados naturales se encontraron dentro del intervalo especificado por Pasquel (1998) para agregados normales, con valores comprendidos entre los 2.5 y 2.75 gr/cm^3 .

De acuerdo a la elaboración de diseño de mezcla el resultado para un 1 m^3 de concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ de 2227.20 kg, presento un 18.5 % de cemento, 11.2% de agua, 38.4% de piedra, 31.9% de arena.

El asentamiento en la mezcla patrón fue de 4", cumpliendo con lo que se proyectó en el diseño de mezcla, sin embargo debido a la gran absorción presentada por el polvo de aluminio que iba a ocasionar una muestra seca al momento de la adición al concreto, se decidió el uso del superplastificante EUCO 37 al 1% del peso del cemento, dando un asentamiento de 4.50".

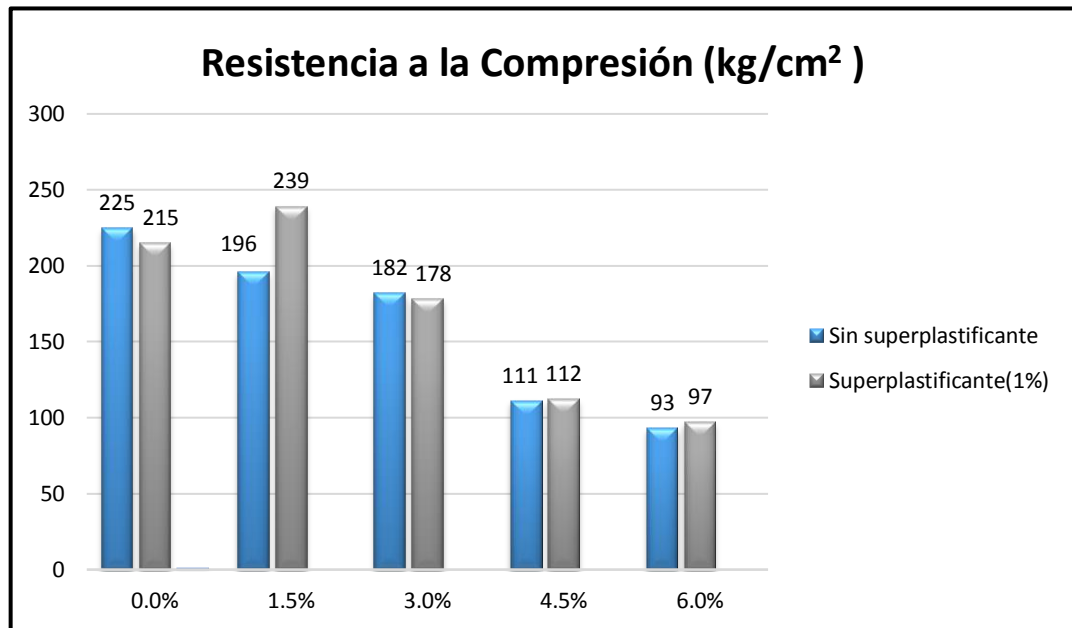
Los especímenes para los diferentes ensayos del concreto se realizaron bajo la norma ASTM C192, con unas dimensiones de 100 x 200 mm (4x8 in), cumpliendo con lo especificado en esta norma, donde se indica que el diámetro del cilindro debe ser al menos 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Se retiró los moldes a las 25 horas después de moldeados debido que a las 24 horas las probetas aun no presentaban la solidez adecuada debido al uso del plastificante, sin embargo se cumplió con lo estipulado en esta norma estando dentro del rango de 24 ± 8 h.

En cuanto al ambiente de curado los especímenes de ensayo tuvieron agua libre sobre su superficie completa en todo momento como se indica en la ASTM C192. Además de incorporar al agua cal, buscando subir el PH hasta un rango 13 o 14 como indica la ASTM C31, para evitar la pérdida de cal en el concreto.

Un concreto convencional tiene las siguientes características: Resistencia a la compresión 210 kg/cm² a los 28 días, tamaño máximo de agregado grueso (1", 3/4", 1/2"), asentamiento entre 3"- 4", peso unitario 2200-2400 kg/m³.

Los cilindros elaborados para ser ensayados a resistencia a compresión fueron capeados con mortero de azufre calentándolo a una temperatura de 140° C y dejándolo endurecer por 2 horas como se describe en la ASTM C617. Los resultados indican que se alcanzó una resistencia de 224 kg/cm² a 28 días). Sin embargo esta resistencia vuelven a caer a medida que se va añadiendo el polvo de aluminio al 3% del peso del cemento, esto se puede apreciar en las figuras 19 y 20. A pesar de ello, podemos encontrar resistencias que superan o igualan a la resistencia para la cual fue diseñada, en las probetas que se añade polvo de aluminio al 1.5% con superplastificante al 1% aumenta en la probeta patrón, la resistencia promedio a la compresión es de 239 kg/cm².

Figura 2. Resistencia a la compresión a los 28 días de curado



Nota: Elaboración propia

En el caso de concreto con polvo de aluminio sin superplastificante las resistencias a las compresión van disminuyendo: Polvo de aluminio al 0.0%-225 kg/cm², al 1.5%-196 kg/cm², al 3.0%-182 kg/cm², al 4.5%-111 kg/cm² y al 6.0%-93 kg/cm² frente polvo de aluminio con superplastificante al 1% las resistencias a las compresión van aumentando progresiva y significativamente: al 0.0%-215 kg/cm², al 1.5%-239 kg/cm², al 3.0%-178 kg/cm², al 4.5%-112 kg/cm² y al 6.0%-97 kg/cm².

5.2. CONCLUSIONES

- En el presente trabajo de investigación, se ha concluido de forma general que el incremento del porcentaje del polvo de aluminio mantiene la resistencia a la compresión, disminuye la densidad, mantiene el asentamiento, sin embargo aumenta la absorción del concreto, en la provincia de Huaura en el 2018.
- Existe influencia del polvo de aluminio en la disminución del asentamiento en estado fresco del concreto, bajo la norma NTP 339.035.

- Existen efectos que tiene el polvo de aluminio en la resistencia a la compresión de una losa de concreto aplicado para losas, bajo la norma NTP 339.034.
- Existen efectos del polvo de aluminio en la absorción de una losa de concreto aplicado para losas, bajo la norma ASTM C-642.
- Existe relación entre la carga muerta con un concreto convencional y ligero en una losa aligerada.

5.3. RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar agregado fino de río lavado y redondeado para el mejor acomodo de partículas entre el agregado fino y el polvo de aluminio.
- El Concreto ligero no necesita vibrado como el concreto de peso normal, sin embargo, se recomienda golpear con un martillo de goma el molde para homogenizar la mezcla.
- Se recomienda fabricar los bloques y almacenarlos, cerca del lugar donde se realizarán los ensayos correspondientes para evitar la manipulación innecesaria que provoque diversas alteraciones en los resultados.
- Se recomienda realizar una investigación netamente de Concreto Ligero a base de Polvo de Aluminio mezclando otros aditivos para obtener mejor resultados.
- Se recomienda hacer ensayos que impliquen demostrar las ventajas del Concreto Ligero a base de Polvo de Aluminio.

CAPÍTULO VI

FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, R. (2014). *Determinación de los pesos unitarios*. Recuperado el 02 de diciembre de 2017, de <http://documents.tips/documents/peso-unitario-leshdocx.html>
- Absalón V. y Salas R. (2010). *Influencia en el diseño de mezcla de agregados de diferente procedencia en el Estado de Mérida*. Universidad de los Andes, Mérida. Venezuela.
- Agudelo, S. (2013). *Implementación del sistema de gestión de la calidad bajo la NORMA ISO 9001-2008 en la constructora GENAB S.A.S*. Bogotá.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) Capitulo C. Tema: *Concreto*. Edición 2000.
- Arias, A. (2009) *la gestión de la calidad: CONCEPTOS BÁSICOS*. España
- Begum, R.A., Siwar, C., Pereira, J.J., Jaafar, A.H. (2006). *A benefit cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimization: the case of Malaysia*. Resources, Conservation and Recycling 2006 (48): 86–98.
- Begum, R.A., Siwar, C., Pereira, J.J., Jaafar, A.H. (2007). *Factors and values of willingness to pay for improved construction waste management – a perspective of Malaysia contractors*. Waste Management 27 (12): 1902–1909.
- Begum, R.A., Siwar, C., Pereira, J.J., Jaafar, A.H. (2009). *Attitude and behavioral factors in waste management in the construction industry of Malaysia*. Resources, Conservation and Recycling 53: 321–328

- Bergsdal, H. (2007). *Projection of construction and demolition waste in Norway*. Recuperado el 4 de Marzo de 2018
- Bio Intelligence service. (2011). *Final Report Task 2 – Management of C&D waste*. Report to DG ENV European Commission
- Bossink, A.G., Brouwers, H.J.H. (1996). *Construction waste: quantification and source evaluation*. Journal of Construction Engineering and Management 122 (1): 55–60.
- Boggino, N. y Rosekrans, K. (2004). *Investigación-acción: Reflexión crítica sobre la práctica educativa*. Rosario: Homo Sapiens.
- Bureau Veritas (2010). *Introducción a los modelos ISO 9001. Planificación del SGC*. Lima
- Camisón Cesar, Cruz Sonia, Gonzáles Tomás (2006). *Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid.
- Cívicos, A. y Hernández, M. (2007). *Algunas reflexiones y aportaciones en torno a los enfoques teóricos y prácticos de la investigación en trabajo social*. Revista Acciones e investigaciones sociales, 23, 25-55.
- CENAPRED (s.f) *Seguridad en las construcciones*. Recuperado de: <http://www.cenapred.unam.mx/es/PreguntasFrecuentes/faqpopo3.html>
- Chávez, R (2012) *Tecnología de los Materiales* [en línea] Recuperado el 06 de septiembre de 2017, de: <https://es.scribd.com/doc/113952973/Consistencia-Del-Concreto-Ensayo>
- Contreras, M. (2009). *Planta de tratamiento integral de residuos de la construcción y demolición*. Santiago de Chile.

- Córdova, M. (2003). *Estadística descriptiva e inferencial* (Vol. V). Lima. Recuperado el 16 de Marzo de 2018
- Czischke, J. (2006). *Análisis comparativo de la etapa i y ii, en la construcción de una obra en proceso I de implementación de un plan de calidad*. Chile.
- Dominguez, L., & Martinez, E. (2007). *Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas*. Redalyc, 43.
- Elias, X. (2009). *Reciclaje de residuos industriales*. Madrid: Diaz de Santos. European
- Formoso, C., Soilbelman, L., & De Casare, C. (2002). *Material and waste building industry: Main causes and prevention. Journal of construction engineering and management*. Recuperado el 27 de Diciembre de 2017
- García, L. (2004). *Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales*. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado el 22 de Abril de 2018
- García, S. (2012). *Utilización de hormigón reciclado (rca) como árido para microaglomerados asfálticos en frío destinados a tratamientos de mantención de pavimentos*.
- González O. C. (2016). *Sistema de gestión de calidad teoría y practica bajo la NORMA ISO 2015*. Colombia.
- Guarin, N., Montenegro, L., Walteros, L., & Reyes, S. (2015). *Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en Brasil y Colombia*.
- Hao, J.L., Hills, M.J., Huang, T. (2007). *A simulation model using system dynamic method for construction and demolition waste management in Hong Kong*. *Construction Innovation* 7 (1): 7–21.

- Hao, J.L., Hills, M.J., Tam, V.W.Y. (2008). *The effectiveness of Hong Kong's construction waste disposal charging scheme*. *Waste Management and Research* 26 (6), 553– 558.
- Hassan L. Ahzahar N, Fauzi, Eman J. (2012). *Waste Management Issues in the Northern Region of Malaysia* *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 42: 175-181
- Instituto de la Construcción y Gerencia (2015). *Manual de la construcción*. Lima: Perú
- Kosmatka and Panarese, (1998) *Design and Control of Concrete Mixtures*, Portland Cement Association, Skokie, Ill, 13th Ed, 1988.
- Martel, G. (2008). *Caracterización de residuos de la construcción y demolición de edificaciones y su aprovechamiento*. Ciudad de México, México: UNAM. Recuperado el 17 de Enero de 2018
- Maycox A. (2003). *The village initiative project: achieving household waste minimization in the rural locale*. *Chartered Institution of Wastes Management (CIWM)*. *Scientific and Technical Review* 4:10–7
- Neville, A., (1999) *Tecnología del Concreto*, 1ª edición. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., México, D.F
- Osorio, D (2013) *Resistencia Mecánica del concreto y resistencia a compresión* Recuperado el 06 de diciembre de 2017, de: <http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>
- Pasquel (1993) *Tecnología del Concreto*. Edición 1 Lima – Perú.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto*. (2ª. ed.). Lima, Perú.

- Sabino, C. (1996). *El proceso de investigación*. Colombia: Cometa de Papel.
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. (5ª. ed.). Bogotá, Colombia.
- Sánchez, R. (2003). *Avances en la calidad en la construcción en el Perú y su proyección internacional*. Perú.
- Segura, J. (2007) *Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogotá*. En la Revista Tecnológica ESPOL.
- Solminihaq, H., & Thenoux, G. (2003). *Procesos y técnicas de construcción*. México: Alfaomega. Recuperado el 11 de Febrero de 2018
- Thompson, J. (1990). *Determining impact significance in EIA: a review of 24 methodologies*. Recuperado el 22 de Abril de 2018
- Tamayo, A (2001). *Auditoría de Sistemas – Una visión práctica*, Colombia: UNCSM
- Villegas, N., Souza, J., & Sacapuca, L. (2013). *El desarrollo de infraestructura como indicador de crecimiento de un país*. Iguazu: FLAE.

6.2. FUENTES HEMEROGRÁFICAS

- Berasategui L., F. Parés y L. G. Renart (2003) *Caso Imaginarium. M-1173*, IESE Business
- Borges, F. (2009) *Influencia de los ciclos hielo–deshielo en la resistencia del concreto (caso Tunja)*, 2005, Recuperado el 22 de diciembre de 2017. Consultado en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242009000300010&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

- Omran A, Mahmood A, Aziz A, Robinson Gm. (2009). *Investigating household's attitudes toward recycling of solid waste in Malaysia: a case study*. International Journal of Environmental Resources 3:275–88.
- Osmani, M. (2011). *Construction Waste*. En *Waste A Handbook for Management*. Pages 207–218. Elsevier press.
- Osmani, M., Glass J., Price, A.D.F. (2006). *Architect and Contractor Attitudes to Waste Minimization*. In: *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. Waste and Resource Management 159 (2):65–72.
- Osmani, M., Glass J., Price, A.D.F. (2008). *Architects perspectives on construction waste reduction by design*. Waste Management 28: 1147-1158
- Ostrom E. (1990). *Governing the commons. The evolution of institutions for collective action*. New York: Cambridge University Press
- Osorio M. Lc, et al. (2011). *La gestión ambiental y la inclusión social, condiciones para lograr la competitividad en micro y pequeñas industria (MyPI)*. Instituto de Estudios Ambientales –IDEA. Universidad Nacional de Colombia. ISBN 978-958- 719-758-1. 206p.
- Reacción Química cemento-aluminio, *Empresa Aircrete Europe*, Recuperado el 11 de diciembre del 2017. Consultado en: <http://www.aircrete-europe.com/es/concreto-celular- autoclavado/the-history-of-aac-es.html>
- School Villoria, P. (2014). *Sistema de gestión de residuos de construcción y demolición en obras de edificación residencial*. Buenas prácticas en la ejecución de obra. Madrid, España.
- Sosa, E., & Najar, C. (2016). *Reutilización de residuos sólidos en la producción de pavimentos rígidos de bajo costo en el distrito de Juliaca - Puno*. Revista científica Investigación Andina.

Yañez, A. (2008). *Impacto ambiental y metodologías de análisis*. Universidad autónoma de México. México: Universidad autónoma de México. Recuperado el 22 de abril de 2018

6.3. FUENTES DOCUMENTALES

American Concrete Institute, 211.1-91 (2002), *Práctica estándar para seleccionar el proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo*.

American Concrete Institute 213R-03 (2003) *Guide for Structural Lightweight-Aggregate Concrete*.

American Concrete Institute Committee 308R. (2001) *Guide to Curing Concrete*.

Bazán, I. (2018) *Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao (estudio de caso)*, (tesis pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú: Lima

Bazán, I. (2018) *Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao (estudio de caso)*”, (tesis pregrado) Universidad Católica del Perú: Lima.

Bueno, C., et al. (2014). *Caracterización cuantitativa y cualitativa de los residuos de la construcción sólida para nuevas construcciones de edificios*. Recuperado el 7 de Marzo de 2018, de http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2013/trabajos/COA41_TC.pdf

Burgos, D. (2010). *Guía para la gestión y tratamiento de residuos y desperdicios de proyectos de construcción y demolición*. Valdivia: Universidad austral de Chile. Recuperado el 19 de Diciembre de 2017

Carhuamaca, E. & Mundaca, K. (2014) *Sistema de gestión de calidad para la ejecución del casco estructural de la torre de 5 pisos del Proyecto Los Parques*

de San Martín de Porres (tesis pregrado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas: Lima.

Carrillo y., López C. (2015) *Diseño de concreto estructural ligero adicionando desperdicios de las ladrilleras del distrito de Santa – 2015*. (tesis pregrado) Universidad Nacional de San Agustín

Comisión Europea. (2011). *European Comission*. Obtenido de http://ec.europa.eu/index_en.htm

Condori, Y. (2014). *Reutilización de Agregados en la Producción del Concreto para Edificaciones en la Ciudad de Juliaca*. Lima. Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/84>

Conesa, V. (2010). *Guía metodológica de evaluación ambiental*. Madrid: Mundi - Prensa. Conoma. (17 de Enero de 2010). Fundación Conoma. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017, de www.conama.org

Fernández, L. (2014) *Diseño de un sistema integral de gestión de la calidad, medio ambiente y riesgos laborales* (tesis posgrado) Universidad politécnica de Valencia: España.

González, E. (2016). *Ministerio de ambiente y desarrollo sustentable Argentina*. Obtenido de <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/descargas/gaudiano01.pdf>

INEI. (2014). INEI. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/housing/>

Lazo J. (2017) *Diseño de concreto celular para diferentes densidades, análisis de sus propiedades y sus aplicaciones* (tesis pregrado) Universidad Nacional del Santa

Libera, B. (2007). *Biblioteca virtual de salud de Cuba*. Recuperado el 6 de enero de 2018, de BVSCUBA: http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol15_3_07/aci08307.htm

Luna, D. (2012). *Universidad nacional autónoma de México*. Recuperado el 02 de Febrero de 2018, de UNAM: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2398/Tesis.pdf?sequence=1>

Martínez, I. (2016) *Producción de concretos ligeros con agregados vitrocerámicos elaborados con lodos de plantas potabilizadoras*. (tesis pregrado) Universidad Autónoma de México

Memorias Foro Internacional ISO 9000. *versión 2000*. Fabio Tobón Londoño, Director Ejecutivo Icontec.

Mundaca R. (2013) *Determinación de la influencia de las nanomoléculas de sílice en el concreto frente a un factor que afecta su durabilidad*. (tesis pregrado) Universidad Austral de Chile

Norma ISO 9000:2000. *Sistemas de gestión de la calidad*. Fundamentos y vocabulario.

Norma ISO 9001:2000. *Sistemas de gestión de la calidad*. Requisitos.

Norma ISO 9004:2000. *Sistemas de gestión de la calidad*. Directrices para la mejora del desempeño.

Publicación especializada en calidad. “*Gestión de la Calidad ISO 9000 para empresas de Construcción*” Fabio Moreno Pinzón – Luis Fernando Botero Botero

Publicación especializada en calidad. “*Experiencias sobre aplicación de sistemas de calidad en empresas constructoras de Sudamérica*”.

Sierra J. (2014) *Análisis comparativo entre bloques de concreto tradicional y bloques de concreto alivianado con poliestireno* (tesis pregrado) Universidad Internacional del Ecuador

Sika (s.f) Curado del concreto, Sika informaciones técnicas.

Velarde, A. (2017). *Evaluación del polvo de aluminio fundido sobre el asentamiento, compresión, densidad, absorción en un concreto ligero, Trujillo-2017*. (tesis pregrado) Universidad Privada del Norte

6.4. FUENTES ELECTRÓNICAS

http://www.dino.com.pe/download/?file=100600_Control_de_Calidad_de_Concreto.pdf

http://www.fomin-events.com/pppamericas/2013/_upload/panelistas/2_0GIFQ.pdf

<http://www.portafolio.co/negocios/empresas/construccion-sostenible-ecologica-necesaria-mundo-35448>

http://www.unicon.com.pe/repositorioaps/0/0/jer/concreconve/Ficha%20T%C3%A9cnica%20Concreto%20Convencional%20rev_1.pdf

ANEXO

ANEXO N° 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL POLVO DE ALUMINIO SOBRE EL ASENTAMIENTO EN UN CONCRETO LIGERO, EN LA PROVINCIA DE HUAURA – 2018

Problema	Objetivos	Hipótesis	variables	Indicadores	Metodología
<p>Problema General</p> <p>¿Cómo influye el polvo de aluminio fundido sobre el asentamiento, compresión, densidad y absorción en un concreto ligero, en la provincia de Huaura en el año 2018?</p> <p>Problema Específicos</p> <p>1) ¿Cómo influye el polvo de aluminio en la disminución del asentamiento en estado fresco del concreto, bajo la norma NTP 339.035?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar la influencia del polvo de aluminio fundido sobre el asentamiento, compresión, densidad y absorción en un concreto ligero, en la provincia de Huaura en el año 2018.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>1) Determinar la influencia del polvo de aluminio en la disminución del asentamiento en estado</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>El incremento del porcentaje del polvo de aluminio mantiene la resistencia a la compresión, disminuye la densidad, mantiene el asentamiento, sin embargo aumenta la absorción del concreto, en la provincia de Huaura en el 2018.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Concreto Ligero.</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compresión X₁ • Densidad X₂ • Absorción X₃ • Asentamiento X₅ 	<p>X_{1.1}. Fuerza axial</p> <p>X_{1.2}. Área circular</p> <p>X_{2.1}. Masa y volumen al ambiente</p> <p>X_{2.2}. Masa y volumen en seco</p> <p>X_{3.1}. Porosidad del concreto</p> <p>X_{3.2}. Rugosidad del concreto</p>	<p>Población :</p> <p>160 replicas</p> <p>Muestra:</p> <p>4 replicas</p> <p>Nivel de Investigación:</p> <p>Experimental</p> <p>Tipo de Investigación:</p> <p>Aplicada</p>

<p>2) ¿Cuál es el efecto que tiene el polvo de aluminio en la resistencia a la compresión de una losa de concreto aplicado para losas, bajo la norma NTP 339.034?</p> <p>3) ¿Cuál es el efecto del polvo de aluminio en la absorción de una losa de concreto aplicado para losas, bajo la norma ASTM C-642?</p> <p>4) ¿Cuál es la carga muerta con un concreto convencional y ligero en una losa aligerada?</p>	<p>fresco del concreto, bajo la norma NTP 339.035.</p> <p>2) Determinar el efecto que tiene el polvo de aluminio en la resistencia a la compresión de una losa de concreto aplicado para losas, bajo la norma NTP 339.034.</p> <p>3) Determinar el efecto del polvo de aluminio en la absorción de una losa de concreto aplicado para losas, bajo la norma ASTM C-642.</p> <p>4) Analizar la carga muerta con un concreto convencional y ligero en una losa aligerada.</p>		<p>Variable Dependiente:</p> <p>Polvo de aluminio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Físico Y_1 • Químico Y_2 	<p>X_{4.1}. Tamaño máximo de la piedra</p> <p>X_{4.2}. Relación agua - cemento</p> <p>Y_{1.1}. Densidad aparente</p> <p>Y_{1.2}. Granulometría</p> <p>Y_{2.1}. Tipo de aleación química</p> <p>Y_{2.2}. Actividad puzolanica</p>	<p>Método de investigación:</p> <p>Prospectivo</p> <p>Diseño:</p> <p>Experimental</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Para medir la variable X e Y:</p> <p>Observación/ Fichas</p>
---	--	--	---	--	--

