



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

TESIS

**COMPARACIÓN ENTRE EL CONCRETO
CONVENCIONAL Y EL CONCRETO CON BARITA EN
POLVO COMO SUSTITUYENTE DEL AGREGADO FINO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autora:

Bach. MONDRAGÓN CASTILLO KARINA SOFÍA

Pimentel, 2016

**COMPARACIÓN ENTRE EL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL
CONCRETO CON BARITA EN POLVO COMO SUSTITUYENTE
DEL AGREGADO FINO**

Aprobación de la tesis

M. Sc. Ing. Coronado Zuloeta,
Omar

Presidente del jurado de tesis

Ing. Marín Bardales, Noé

Secretario del jurado de tesis

Mg TC Ing. Mondragón Castañeda,
Carlos Ernesto

Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto de investigación en primer lugar a Dios por darme el conocimiento y la disponibilidad para realizarlo.

A mis padres por su cariño, cooperación y apoyo incondicional siempre en todo momento.

A mi abuela Perpetua que con sus consejos y dedicación me motivo a seguir adelante y lograr mis metas.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi casa de estudios la Universidad Señor de Sipán por haberme albergado en sus aulas durante el transcurso de mi carrera profesional y a mis docentes que con su paciencia y dedicación me impartieron sus conocimientos.

Agradezco también a mi asesor metodólogo Ing. Zuloaga Cachay y así mismo a mi asesor especialista Ing. Mondragón Castañeda por haberme guiado y brindado sus conocimientos en el proceso de realización del presente estudio.

A los técnicos del LEM – USS:
Wilson Olaya y Miguel Ángel Ruiz
por la absolución de mis dudas en
el LEM.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación problemática	17
1.1.1. A nivel internacional.....	18
1.1.2. A nivel nacional.....	18
1.1.3. A nivel local.....	19
1.2. Formulación del problema	19
1.2.1. Problema general.....	19
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. Delimitación de la investigación	20
1.4. Justificación e importancia de la investigación.....	20
1.5. Limitaciones de la investigación	21
1.6. Objetivos de la investigación	21
1.6.1. Objetivo general.....	21
1.6.2. Objetivos específicos	22

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudios	24
2.1.1. A nivel internacional.....	24
2.1.2. A nivel nacional	25
2.1.3. A nivel local.....	25
2.2. Estado del arte.....	26
2.3. Base teórica científicas.....	27
2.3.1. Estudio de los materiales	27
2.3.1.1. Cemento portland	27
2.3.1.1.1. Propiedades físicas del cemento	28
2.3.1.1.2. Propiedades químicas del cemento.....	29
2.3.1.2. Barita	29
2.3.1.2.1. Características físicas de la barita	30
2.3.1.2.2. Características químicas de la barita.....	31
2.3.1.3. Agregado fino de barita	31
2.3.1.4. Agregado fino y grueso convencional.....	32
2.3.1.4.1. Agregado fino convencional	32
2.3.1.4.2. Agregado grueso convencional	33
2.3.1.5. Agua	33
2.3.2. Dosificación del concreto convencional y con barita	33
2.3.2.1. Dosificación del concreto convencional, Método ACI – 211	33
2.3.2.1.1. Datos de la Obra.....	34
2.3.2.1.2. Datos de los materiales	34
2.3.2.2. Dosificación para concreto con barita, Método ACI – 211	35
2.3.3. Propiedades del concreto convencional y con barita	35
2.3.3.1. Concreto fresco	35
2.3.3.1.1. Peso unitario.....	35
2.3.3.1.2. Revenimiento.....	36
2.3.3.1.3. Contenido de aire	37
2.3.3.1.4. Temperatura	37
2.3.3.2. Concreto en rigidez.....	37

2.3.3.2.1. Tiempo de fraguado.....	37
2.3.3.3. Concreto endurecido	38
2.3.3.3.1. Resistencia a la compresión.....	38
2.3.3.3.2. Resistencia a la tracción.....	38
2.4. Definición de la terminología.....	39

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Diseño de investigación	42
3.1.1. Tipo de investigación	42
3.1.2. Diseño de investigación.....	42
3.2. Población y muestra.....	43
3.2.1. Población	43
3.2.1.1. Cantidades y modalidades	43
3.2.1.1.1. Concreto curado	43
3.2.1.1.2. Concreto sin curar	44
3.2.2. Muestra.....	44
3.3. Hipótesis	48
3.3.1. Hipótesis general.....	48
3.3.2. Hipótesis específicas	48
3.4. Variables.....	48
3.4.1. Variable dependiente.....	48
3.4.2. Variable independiente	48
3.5. Operacionalización de variables	49
3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	50
3.6.1. Métodos de investigación.....	50
3.6.2. Técnicas de recolección de datos.....	50
3.6.3. Instrumentos de recolección de datos	50
3.6.3.1. Ensayos con el agregado fino, agregado grueso y fino de barita	50
3.6.3.2. Ensayos con el concreto.....	51
3.6.3.2.1. Concreto fresco	51
3.6.3.2.2. Concreto en rigidez.....	51
3.6.3.2.3. Concreto endurecido	51

3.7. Procedimiento para la recolección de datos	52
3.7.1. Concreto fresco	53
3.7.2. Concreto en rigidez	53
3.7.3. Concreto endurecido	53
3.8. Análisis estadístico e interpretación de datos	53
3.9. Principios éticos	53
3.10. Criterios de rigor científico	53

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados en tablas y gráficos	55
4.1.1. Resultados de los ensayos del concreto en estado fresco	55
4.1.1.1. Peso unitario (NTP 339.046 / ASTM C 138).....	55
4.1.1.2. Revenimiento (NTP 339.035 / ASTM C 143).....	56
4.1.1.3. Contenido de aire (NTP 339.083 / ASTM C 231)	57
4.1.1.4. Temperatura (NTP 339.184 / ASTM C 1064)	57
4.1.2. Resultados de los ensayos del concreto en rigidez	58
4.1.2.1. Tiempo de fraguado (NTP 339.082).....	58
4.1.3. Resultados de los ensayos del concreto en estado endurecido	60
4.1.3.1. Resistencia a la compresión (NTP 339.034 / ASTM C 39).....	60
4.1.3.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral (NTP 399.084 / ASTM C 496).....	63
4.1.4. Diseños de mezclas finales	66
4.2. Contrastación de hipótesis	66
4.3. Discusión de resultados	71
4.3.1. Discusión de los resultados del concreto en estado fresco	71
4.3.1.1. Peso unitario	71
4.3.1.2. Revenimiento.....	71
4.3.1.3. Contenido de aire	72
4.3.1.4. Temperatura.....	72
4.3.2. Discusión de los resultados del concreto en rigidez	73
4.3.2.1. Tiempo de fraguado	73

4.3.3. Discusión de los resultados del concreto en estado endurecido ..	74
4.3.3.1. Resistencia a la compresión.....	74
4.3.3.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral	75
4.3.4. Discusión de los Diseños de mezclas finales	76
4.3.4.1. Relación A/C para concreto convencional y con barita	76
4.3.4.2. Consumo de cemento en concreto convencional y con barita	77
4.3.4.3. Consumo de agua en concreto convencional y con barita	77
4.3.4.4. Consumo de arena en concreto convencional y con barita	78
4.3.4.5. Consumo de barita en concreto convencional y con barita	78
4.3.4.6. Consumo de piedra en concreto convencional y con barita.....	79

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones	81
6.1.1. Conclusión general	81
6.1.2. Conclusiones específicas	81
6.1.3. Comparativa con otro estudio	83
6.1.3.1. Comparativa 1: Resistencia a la compresión.....	83
6.1.3.2. Comparativa 2: Resistencia a la tracción por compresión diametral ...	85
6.2. Recomendaciones	86
REFERENCIA.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Propiedades físicas del cemento Portland tipo V	28
Tabla N° 2 Propiedades químicas del cemento Portland tipo V	29
Tabla N° 3 Composición química de la barita	31
Tabla N° 4 Peso unitario del concreto	36
Tabla N° 5 Ensayos con el agregado fino, agregado grueso y agregado fino de barita.....	45
Tabla N° 6 Ensayos para el concreto convencional y con barita	46
Tabla N° 7 Operacionalización de variables	49
Tabla N° 8 % de aire del concreto convencional y con barita para a/c de 0.5.....	57
Tabla N° 9 Temperatura del concreto convencional y con barita para a/c de 0.5	57
Tabla N° 10 Resistencia a la compresión % a los 28 días para a/c de 0.5 – curado	62
Tabla N° 11 Resistencia a la compresión % a los 28 días para a/c de 0.5 - sin curado.....	62
Tabla N° 12 Resistencia a la tracción % a los 28 días para a/c de 0.5 – curado.....	65
Tabla N° 13 Resistencia a la tracción % a los 28 días para a/c de 0.5 - sin curado.....	65
Tabla N° 14 Peso unitario para a/c de 0.5	66
Tabla N° 15 Resistencia a la compresión a los 28 días para a/c de 0.5 – curado.....	67
Tabla N° 16 Resistencia a la compresión a los 28 días para a/c de 0.5 - sin curado	68
Tabla N° 17 Resistencia a la tracción a los 28 días para a/c de 0.5 – curado.....	69
Tabla N° 18 Resistencia a la tracción a los 28 días para a/c de 0.5 - sin curado	69
Tabla N° 19 Revenimiento para a/c de 0.5	70
Tabla N° 20 Relaciones agua/cemento por resistencia especificada.....	76
Tabla N° 21 Cemento en bolsa por m3 de concreto por resistencia especificada.....	77
Tabla N° 22 Agua en litros por m3 de concreto por resistencia especificada	77
Tabla N° 23 Arena en kg por m3 de concreto por resistencia especificada.....	78
Tabla N° 24 Barita en kg por m3 de concreto por resistencia especificada.....	78
Tabla N° 25 Piedra en kg por m3 de concreto por resistencia especificada.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Cemento tipo V Pacasmayo	27
Figura N° 2 Rocas de barita	32
Figura N° 3 Molienda de barita.....	32
Figura N° 4 Diagrama de flujo	52
Figura N° 5 Peso unitario del concreto convencional y con barita para a/c 0.5.....	55
Figura N° 6 Revenimiento del concreto convencional y con barita para a/c de 0.5.....	56
Figura N° 7 Tiempo de fraguado del concreto convencional para a/c de 0.5	58
Figura N° 8 Tiempo de fraguado del concreto con barita 100% para a/c de 0.5	59
Figura N° 9: Resistencia a la compresión a los 7 días para a/c de 0.5.....	60
Figura N° 10: Resistencia a la compresión a los 14 días para a/c de 0.5.....	60
Figura N° 11: Resistencia a la compresión a los 28 días para a/c de 0.5.....	61
Figura N° 12: Resistencia a la tracción a los 7 días para a/c de 0.5.....	63
Figura N° 13: Resistencia a la tracción a los 14 días para a/c de 0.5.....	63
Figura N° 14: Resistencia a la compresión a los 28 días para a/c de 0.5.....	64
Figura N° 15: Resistencia a la compresión a los 28 días (MPa)	83
Figura N° 16: Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)	84
Figura N° 17: Resistencia a la tracción a los 28 días (MPa)	85
Figura N° 18: Resistencia a la tracción a los 28 días (kg/cm ²)	85

RESUMEN

El presente estudio denominado “Comparación entre el concreto convencional y el concreto con barita en polvo como sustituyente del agregado fino” tiene como objetivo determinar las propiedades en estado fresco, rígido y endurecido del concreto convencional y concreto con barita a diferentes porcentajes para compararlos y determinar las variaciones que se producen con el fin tener un mayor conocimiento del comportamiento de la barita como agregado en el concreto.

De los resultados obtenidos se pudo concluir que el peso unitario del concreto aumenta a medida que aumenta el porcentaje de barita en el que partir de un concreto con 70% de barita como sustituyente del agregado fino para una a/c de 0.5, se puede considerar como un concreto pesado según el Manual de Tecnología del Concreto. También se pudo apreciar que la presencia de barita aumenta la trabajabilidad en la mezcla en estado fresco mientras que el contenido de aire y la temperatura no presentan una variación significativa.

Además se determinó que la resistencia a la compresión y tracción a los 28 días para los distintos porcentajes de barita como sustituyente del agregado fino disminuyen en un promedio de 22% y 14% respectivamente comparando un concreto curado con uno sin curar para una a/c de 0.50.

PALABRAS CLAVES: Concreto pesado, alta densidad, barita en polvo, friabilidad, blindaje contra la radiación, propiedades del concreto.

ABSTRACT

this thesis called "Comparison between conventional concrete and concrete with barite powder as a substituent of fine aggregate" aims to determine the properties in cool, rigid and hardened conventional concrete and concrete with barite at different percentages to compare and determine variations that occur in order to have a better understanding of the behavior of barite as aggregate in concrete.

The design of conventional concrete and barite was by ACI method for the specified compression resistance of 210 kg/cm², 240 kg/cm² and 280 kg/cm². For each design barite mixed with a percentage of absolute volume of fine aggregate by conventional fine aggregate barite that are 0%, 5%, 40%, 70% and 100% it was replaced.

From the results it was concluded that the unit weight of the concrete increases with increasing the percentage of barite in which from a concrete with 70% barite as a substituent of fine aggregate for an a/c 0.5, may be considered as a heavy concrete according to the manual of concrete technology. It was also seen that the presence of barite increases the workability in the mixture while fresh air content and temperature have no significant variation.

Furthermore it was determined that the compressive strength and tensile at 28 days for the different percentages of barite as substituent fine aggregate decreased by an average of 22% and 14% respectively comparing a cured concrete with one uncured for a/c 0.50.

KEY WORDS: heavy concrete, high-density barite powder, friability, radiation shielding, concrete properties.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se puede apreciar un interés sobre el tema de diseñar concretos pesados o de alta densidad debido al blindaje que se sabe otorgan estos contra la radiación además de ello los concretos pesados se utilizan en distintos campos de estudio desde centrales nucleares, salas de rayos x, fabricación de contrapesos para puentes hasta bóvedas y cajas fuertes según los diferentes usos para lo cual se requiera, viendo esta aplicabilidad en un concreto de alta densidad en la presente tesis se ha planteado diseñar un concreto pesado para uso general.

En busca de un agregado de alta densidad, se eligió la barita por ser un mineral no contaminante con cierta accesibilidad en el departamento de Lambayeque.

En el presente proyecto de investigación se pretende estudiar las propiedades del concreto con barita en estado fresco, rígido y endurecido y compararlas con las de un concreto convencional para determinar las variaciones que se producen. Determinando así si es viable diseñar un concreto con barita de manera que sus propiedades sean lo más adecuadas posibles.

En busca de este propósito se ha desarrollado el presente trabajo de investigación el cual se encuentra dividido en los siguientes capítulos:

En el capítulo I, Se da a conocer la necesidad de diseñar un concreto pesado capaz de ofrecer protección contra la radiación utilizando materiales no contaminantes además se detallan claramente los objetivos tanto general y específicos.

En el capítulo II, Se detallan los componentes, la dosificación y las propiedades del concreto convencional y con barita.

COMPARACIÓN ENTRE EL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL CONCRETO CON BARITA EN POLVO
COMO SUSTITUYENTE DEL AGREGADO FINO

En el capítulo III, se establece el tipo y diseño de investigación, incluyendo su población y muestra, para luego plantear la solución con la descripción de la Hipótesis, referida en la operacionalización de las variables.

En el capítulo de IV, Se detalla los resultados en tablas y gráficos además de discutir los resultados.

En el capítulo V, Se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I:

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación problemática

Los concretos pesados o de alta densidad se utilizan en distintos campos de estudio desde centrales nucleares, salas de rayos x, debido a la protección contra la radiación que se sabe puede otorgar, en la fabricación de contrapesos debido a lo pesado que pueden llegar a ser dependiendo de la densidad de los agregados que lo componen y hasta en bóvedas y cajas fuertes según los diferentes usos para lo cual se requiera, viendo la aplicabilidad que puede tener un concreto de alta densidad en la presente tesis se ha planteado diseñar un concreto para uso general, utilizando como agregado fino la barita en diferentes porcentajes de sustitución.

Si bien el concreto convencional proporciona un determinado blindaje contra la radiación para generar una misma atenuación se necesitarían espesores mayores en comparación con los concretos pesados (Alvarez Paz, 2007).

Al utilizar concretos pesados se evita la reducción de espacios en ambientes que disponen de pequeñas áreas.

Dirección General de Desarrollo Minero (2013) afirma que:

El principal uso de la barita en México y en el mundo es en la perforación de pozos petroleros, en promedio el 95% de la producción se destina a esta actividad; por lo consiguiente, la producción de barita depende directamente de los planes de exploración de ésta industria. El 5% restante lo consume la industria de la pintura (pintura para automóviles) y las salas de rayos X. (p.i)

Si bien es cierto que un pequeño porcentaje de la producción mundial de barita es utilizada en el industria de la construcción para

la elaboración de concretos pesados se ha demostrado a través de investigaciones su capacidad de blindaje frente a las radiaciones.

Cabe recordar que el problema presentado es general pero las soluciones son particulares. El estudio en este campo no está acabado y se requiere conocer cada caso en particular.

1.1.1. A nivel internacional:

Teniendo en cuenta la aplicabilidad que tienen los concretos pesados o de alta densidad dentro de la construcción.

Corporación Moctezuma (2016) señala que: “Se han fabricado concretos pesados, cada uno diseñado con la dosificación necesaria de acuerdo con las diferentes resistencias, las mezclas son verificadas por un equipo técnico y certificadas de acuerdo con las instituciones oficiales”. Proporciona la siguiente información sobre el concreto pesado:

“Peso volumétrico de 2,500 a 2,800 kg/m³.

Ventajas: Cumple con las pruebas del Centro de Energía Nuclear
Colocación y compactación convencional

Usos: Bunkers anti radioactivos, estructuras de concreto de Centrales Nucleoeléctricas” (Corporación Moctezuma, 2016).

1.1.2. A nivel nacional:

El Instituto Peruano de Energía Nuclear ha edificado en la meseta de Huarangal, el Centro Nuclear de Investigaciones del Perú en donde se ha construido con concreto pesado el Block del Reactor RP-10.

IPEN (2005) afirma que para la instalación del conducto de irradiación N° 5 del reactor nuclear RP-10 en el blindaje se usaron materiales densos (concreto, plomo) para blindar de los rayos gamma y materiales livianos para blindar neutrones (parafina, LiF,

Polietileno. Este concreto pesado se ha diseñado para actuar como elemento estructural y de blindaje biológico contra la acción de radiaciones nucleares.

1.1.3. A nivel local:

De la revisión del Expediente Técnico del Hospital Regional de Lambayeque, en las especificaciones técnicas para el tarrajeo de muros y cielo raso se especifica el uso de barita para atenuar la radiación en salas de rayos x (Gobierno Regional de Lambayeque, 2008).

1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la diferencia de las propiedades en estado fresco, rígido y endurecido del concreto convencional y el concreto con barita?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cuál es la diferencia entre el peso unitario del concreto convencional y el concreto con barita?

¿Cuál es la diferencia entre la resistencia a la compresión del concreto convencional y el concreto con barita?

¿Cuál es la diferencia entre la resistencia a la tracción del concreto convencional y el concreto con barita?

¿Cuál es la diferencia entre el revenimiento del concreto convencional y el concreto con barita?

1.3. Delimitación de la investigación

En la presente tesis se estudió el comportamiento de la barita en el concreto determinando y comparando las propiedades en estado fresco, rígido y endurecido; entre un concreto convencional y un concreto con barita, además de analizar las variaciones que se producen en sus propiedades.

Se realizaron diseños de mezclas de concreto para tres resistencias especificadas a la compresión a los 28 días de 210, 240 y 280 kg/cm² con diferentes proporciones de barita 0%,5%,40%,70% y 100% como sustituyente del agregado fino.

La barita proviene de la cantera La Garza, Nueva Arica; el agregado fino de la cantera La Victoria, Pátapo y el agregado grueso de la cantera Tres Tomas, Mesones Muro.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

La investigación planteada contribuye a generar un conocimiento de las propiedades del concreto cuando se emplea barita de la cantera La Garza, los resultados del estudio permitieron contar con un nuevo material para ser utilizado en diferentes estructuras donde se requiera de un concreto pesado.

Tecnológico: Se buscó proponer un material alternativo al plomo, a los minerales de hierro como la magnetita, limonita, hematita y agregados artificiales como el fósforo de hierro además de partículas de acero como subproducto industrial.

Social: Es un estudio de trascendencia social ya que son beneficiados con el resultado de la investigación las personas que concurren a los hospitales o clínicas donde hay ambientes expuestos a radiaciones, como profesionales de la salud, técnicos y pacientes por la protección biológica contra los efectos de las radiaciones nucleares. También cuando se requieren paredes de bóvedas y cajas fuertes, en pisos industriales, en elementos, que sirven de contra-peso y en la fabricación de contenedores para desechos radiactivos.

Ambiental: Es muy importante contar con un material que sirva de blindaje contra las radiaciones evitando daños irreparables en los seres humanos. El desarrollo de esta investigación ocasiono un impacto ambiental leve por la acumulación de residuos sólidos no contaminantes como resultado de los ensayos.

1.5. Limitaciones de la investigación

Tuvo como principal limitación que laboratorio no conto con un equipo de medición de radiaciones.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Determinar las diferencias de las propiedades en estado fresco, rígido y endurecido entre en concreto convencional y el concreto con barita.

1.6.2. Objetivos específicos

1.6.2.1. Objetivo específico 1

Comparar en el concreto fresco las propiedades entre el concreto convencional y el preparado con barita.

1.6.2.2. Objetivo específico 2

Comparar en el concreto rígido las propiedades entre el concreto convencional y el preparado con barita.

1.6.2.3. Objetivo específico 3

Comparar en el concreto endurecido las propiedades entre el concreto convencional y el preparado con barita, sin curar y con curado hasta el día de su rotura (7, 14 y 28 días).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudios

2.1.1. A nivel internacional

Una investigación realizada en Turquía por la Universidad Suleyman Demirel estudio el efecto de la barita en las propiedades físicas y mecánicas del concreto bajo el ciclo de congelación y descongelación. Dicha investigación fue presentada por Akkurt, Altindag, Basyigit, & Kilincarslan (2008) quien concluye que:

Existe una similitud entre el peso unitario y la resistencia a la compresión, en términos del efecto sobre el porcentaje de barita utilizada en el concreto antes y después del ciclo de congelación y descongelación. También debe tenerse en cuenta que con el fin de proteger el concreto con barita contra ciclo F-T el % de barita a utilizarse no deberá ser mayor al valor medio del agregado total presente en el concreto. (p.1796)

Un estudio similar se realizó en España por la Universidad Politécnica de Cataluña, UPC-Barcelona, presentado por Gonzales Ortega, Cavalaro, & Aguado (2015) quien afirmo que:

El objetivo principal de este estudio fue evaluar la friabilidad del agregado barita durante el proceso de mezcla y su influencia en las propiedades del concreto fresco y endurecido. Se estudiaron tres tipos de agregados: barita (en dos estados, seca y húmeda), piedra caliza y EAF escoria, (...). Los resultados muestran que el proceso de mezcla modifica la curva granulométrica de la barita en una medida mayor que en el caso de los otros agregados. Esto también tiene repercusión en las propiedades del concreto, que muestra una mayor facilidad de trabajo, así como más pobre resistencia a la compresión y módulo de elasticidad. El estudio proporciona pautas importantes para el diseño, la producción y el uso de barita como un agregado para el concreto. (p.169)

2.1.2. A nivel nacional

Otra investigación titulada “Atenuación de los rayos x para diagnóstico empleando placas de concreto normal y pesado con baritina”, elaborada en la Universidad Nacional de Ingeniería - UNI, presentada por (Gonzales Robles (2010) afirmo que:

En el Perú para el cálculo del espesor del blindaje de concreto normal (densidad 2.3 - 2.4 g/cm³), se emplea el reporte número 147 del Consejo Nacional de Protección Radiológica y Medidas (NCRP 147) y cuando se emplea concreto con baritina se calcula indirectamente con el reporte NCRP 147 y las tablas del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). Pero estos valores no han sido verificados experimentalmente considerando las condiciones del Perú. Así que se bombardeó con rayos X a placas de concreto normales y mortero con baritina para diferentes espesores. Se utilizó un equipo de rayos X con una diferencia de potencial de 100 kV, una cámara de ionización (detector) que calcule la cantidad de rayos X que atraviesan las placas de concreto y mortero con baritina.

Con los resultados del ensayo experimental se determinó una curva para el cálculo de espesores de mortero con baritina, que al compararlo con la normatividad peruana que emplea como base el reporte NCRP 147 y las tablas del NIST, obtuvo que estas cumplen hasta un cierto valor, espesor de 1.8 cm para la relación C/B=1/4 (densidad 3.20 g/cm³) y de 1.9 cm para la relación C/B=1/6 (densidad 3.30 g/cm³). Por lo tanto para el cálculo de espesores de mortero con baritina (densidad 3.20 - 3.30 g/cm³) se debe emplear las curvas obtenidas en la tesis. (p.5)

2.1.3. A nivel local:

Se tiene como experiencia que en la construcción del “Hospital Regional de Lambayeque”, en las salas de rayos X, se ha empleado barita. Se trata del tarrajeo con mortero con barita en muros y cielo raso en dichas salas. A las

salas ubicadas en el primer piso, se les colocó mortero con barita en el piso.

El Gobierno Regional de Lambayeque (2008) concluyó en las Especificaciones Técnicas de Arquitectura del proyecto que este tartajeo comprendió 3 capas: capa base, capa aislante y capa final.

La primera capa fue la capa base, se realizó un tarrajeo de 1 cm de espesor, la proporción de la mezcla fue 1:4 = Cemento: Arena

La segunda capa fue la capa aislante de radiaciones se empleó la proporción 1:1:4 = Cemento: Arena: Barita, el espesor no será menor de 2 cm.

La tercera capa fue la capa final se hizo con la proporción 1:5 = Cemento: Arena Fina de 1 cm de espesor como máximo, se realizó convenientemente con el fin de obtener una superficie perfectamente terminada.

2.2. Estado del arte

El estudio titulado “Barita en polvo como sustitución de la arena en el concreto: efecto sobre algunas propiedades mecánicas”, se investigó el uso de polvo de barita de Túnez en la composición del concreto y la sustitución parcial o total de la arena.

Saidani, Ajam, & Ben Ouezdou (2015) afirmaron que:

El efecto de la relación de barita en las propiedades físicas y mecánicas tales como resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, la densidad, contracción, hinchazón, y el módulo elástico se han medido y comparado con el concreto ordinario como control. Aunque la resistencia a la tracción se ha reducido hasta el 50%, se ha demostrado que es posible producir un concreto a base de barita con un efecto menor sobre los

principales parámetros mecánicos: la resistencia a la compresión a los 28 días ha disminuido solamente por 10% y el módulo elástico a un año de edad en un 20%.(p.287)

Este estudio demuestra la viabilidad de la sustitución parcial o total de arena silícea por polvo de barita en la composición del concreto ordinario con efectos menores sobre las propiedades mecánicas en el concreto (Saidani, Ajam, & Ben Ouezdou, 2015, p.294).

2.3. Base teórica científicas

2.3.1. Estudio de los materiales

2.3.1.1. Cemento portland

El cemento que se utilizó en la presente tesis fue del tipo V, fabricado por Cementos Pacasmayo S.A.A, conforme a la NTP 334.009 y ASTM C-150.



Figura N° 1: Cemento tipo V Pacasmayo

2.3.1.1.1. Propiedades físicas del cemento

Tabla N° 1

Propiedades Físicas del Cemento Portland Tipo V

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C 150
Contenido de Aire	%	10	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Especifica	cm ² /g	3070	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.15	No especifica
Resistencia Compresión:			
Resistencia Compresión a 3 días	MPa (kg/cm ²)	21.7 (221)	Mínimo 8.0 (Mínimo 82)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (kg/cm ²)	27.4 (280)	Mínimo 15.0 (Mínimo 153)
Resistencia Compresión a 28 días	MPa (kg/cm ²)	37.9 (387)	Mínimo 21.0 (Mínimo 214)
Tiempo de Fraguado Vicat:			
Fraguado Inicial	min	195	Mínimo 45
Fraguado Final	min	345	Mínimo 375

Fuente: Empresa Cementos Pacasmayo

2.3.1.1.2. Propiedades químicas del cemento

Cementos Pacasmayo, reportó para el cemento tipo V los siguientes resultados

Tabla N° 2

Propiedades químicas del cemento Portland tipo V

Composición química		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C 150
MgO	%	2.1	Máximo 6.0
SO ₃	%	1.9	Máximo 2.3
C ₃ A	%	2	Máximo 5
C ₄ AF + 2(C ₃ A)	%	21	Máximo 25
Perdida por ignición	%	1.5	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.53	Máximo 0.75

Fuente: Empresa Cementos Pacasmayo

2.3.1.2. Barita

La barita es un mineral no metálico cuya fórmula química es BaSO₄.

Es conocida también como baritina o espato pesado, siendo unas de sus principales características el ser un material inerte, no tóxico y que tiene un alto peso específico, llegando a ser de hasta 4.5gr/cc, siendo ésta última característica de donde proviene su nombre que es de la palabra griega *baros* que significa pesado. (Prodexa, 2015)

En la industria de la construcción se utiliza como blindaje, agregado en concretos de alta densidad para la radiación en torno a unidades de rayos X en los hospitales, centrales eléctricas, nucleares y las instalaciones nucleares de investigación (Dirección General de Desarrollo Minero, 2013, p.25).

2.3.1.2.1. Características físicas de la barita

La barita es el más común de los minerales que contienen bario; se encuentra a veces en grandes cantidades como vetas o capas; también como mineral de ganga en varias vetas minerales en cristales y grupos de cristales. Generalmente está asociada con minerales de plomo, cobre, hierro, zinc, plata, níquel, cobalto, manganeso, etc. También se encuentra asociado con la fluorita, cuarzo, calcita, dolomita, siderita, etc. Por sus características se encuentra asociada a una cantidad considerable de otros minerales. (Dirección General de Desarrollo Minero, 2013, p.3)

En el Informe Perfil de Mercado de la Barita realizado en México y elaborado por La Dirección General de Desarrollo Minero (2013) se afirma que la barita presenta las siguientes características físicas:

Color: La barita, es un mineral que se encuentra en la naturaleza como masas cristalinas de color blanco, verdosas, grisáceas o rojizas. Su color es muy variado; blanco, blanco amarillento, gris, azul, rojo o café, café oscuro; transparente a translúcido a opaco.

Brillo: El brillo de la barita puede ser incrementado a través del blanqueamiento con ácido sulfúrico.

Dureza: Dureza varía de 2.5 a 3.5

Peso específico: Peso específico de 4.3 a 4.6.

2.3.1.2.2. Características químicas de la barita

Los polvos de barita natural son químicamente inertes, de fácil dispersión, baja abrasión y excelente resistencia contra el calor y la corrosión (Dirección General de Desarrollo Minero, 2013, p.1).

Tabla N° 3

Composición química de la barita

Composición química promedio	
CaO	0.26%
SiO ₂	5.03%
Al ₂ O ₃	1.26%
Fe ₂ O ₃	0.63%
SO ₃	31.26%
MgO	0.07%
K ₂ O	0.29%
Na ₂ O	0.17%
Mn ₂ O ₃	0.05%
BaO	59.89%
BaSO ₄	91.15%

Fuente: Empresa Mexicana Prodexa

2.3.1.3. Agregado fino de barita

El agregado fino de barita proveniente de la desintegración artificial de rocas de barita extraídas de la cantera “La Garza”, ubicada en el límite del distrito de Nueva Arica con el distrito de Chépén.

Las dimensiones de la rocas de barita extraídas variaban entre 10 y 30 cm, por lo que se procedió a reducir su tamaño en la chancadora Piedra Azul ubicada en el distrito de Picsi provincia de Ferreñafe llegándose a

COMPARACIÓN ENTRE EL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL CONCRETO CON BARITA EN POLVO COMO SUSTITUYENTE DEL AGREGADO FINO

tamaños máximos de $\frac{1}{2}$ " , luego manualmente se chanco hasta lograr tamaños que pasen el tamiz $\frac{1}{4}$ pulg.



Figura N° 2: Rocas de barita



Figura N° 3: Molienda de barita

2.3.1.4. Agregado fino y grueso convencional

2.3.1.4.1. Agregado fino convencional

El Agregado Fino proviene de la Cantera “Pampa De Burros - La Victoria”, Distrito de Patapo, Provincia de Chiclayo.

Se denomina así al material que pasa el tamiz $\frac{3}{4}$ " y queda retenido en el tamiz 200.

2.3.1.4.2. Agregado grueso convencional

El Agregado Grueso proviene de la Cantera Tres Tomas, Distrito de Manuel Mesones Muro, Provincia de Ferreñafe.

Desde un tamaño máximo nominal de este caso 3/4" hasta quedar retenido en la malla N° 4.

2.3.1.5. Agua (NTP 339.088 / ASTM C 1602)

El agua empleada fue agua potable del laboratorio de la USS

2.3.2. Dosificación del concreto convencional y con barita

2.3.2.1. Dosificación del concreto convencional, empleando el Método del Comité 211-ACI

Respecto a la dosificación del concreto (Montejo Fonseca, Montejo Piratova, & Montejo Piratova, 2013) , consideran que se requiere tomar en cuenta aspectos de resistencia mecánica, durabilidad y puesta en obra, entre otros, para lograr establecer en primera instancia una dosificación y luego se pasa a realizar los ajustes con mezclas de prueba en laboratorio, hasta encontrar las características buscadas.

Se elaboró un diseño de mezcla convencional para concreto normal, según la metodología del Comité 211-ACI, este consiste en seguir una secuencia de pasos de forma ordenada y determinar la cantidad de los materiales básicos (cemento, aire, grava y arena) en peso y en volumen para 1 m³ de concreto.

El procedimiento propuesto por el ACI permite dosificar mezclas de concreto de peso normal, de peso pesado y concreto masivo, con el uso de tablas específicas e información adicional.

Antes de dosificar una mezcla de concreto, además de conocer los datos de la obra o estructura que se va a construir y de las condiciones de transporte y colocación, también se debe conocer las propiedades de los materiales con los que se va a preparar la mezcla.

2.3.2.1.1. Datos de la obra

Los datos que se deben conocer en la obra según ACI 211:

- Máxima relación agua /cemento
- Tamaño máximo nominal del agregado
- Asentamiento (consistencia) recomendado
- Mínimo contenido de cemento
- Dimensión mínima del elemento a construir
- Espaciamiento del acero de refuerzo
- Condiciones a las que estará expuesta la estructura
- Resistencia a la compresión mínima

2.3.2.1.2. Datos de los materiales

Se debe conocer las propiedades de los materiales componentes del concreto a utilizar:

- La granulometría (NTP 400.012)
- Módulo de fineza (NTP 400.012)
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso (NTP 400.012)
- El peso específico de los agregados (Arena - N.T.P. 400.021 / Piedra - N.T.P. 400.022)
- La absorción de los agregados (Arena - N.T.P. 400.021 / Piedra - N.T.P. 400.022)
- El peso unitario de los agregados (N.T.P. 400.017)

La humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer la mezcla (N.T.P. 339.185)

El peso específico del cemento (NTP 334.009 / ASTM C 150)

2.3.2.2. Dosificación para concreto con barita, empleando el Método del Comité 211-ACI

Las mezclas de concreto pesado se elaboraron sustituyendo el 5%, 40%, 70% y 100% del volumen absoluto de la arena obtenida en la mezcla de concreto normal por barita, utilizando la siguiente ecuación se determinó la barita a utilizar para cada tipo de mezcla de concreto pesado:

$$V \text{ absoluto de barita} = V \text{ absoluto de arena} \times \% \text{ sustitución} / 100$$

Obtenido el volumen absoluto de barita a utilizar en cada mezcla, se procedió a determinar su peso en kilogramos:

$$\text{Peso de barita (kg)} = \text{Vol absoluto de barita} \times \text{Peso Sólido de barita}$$

2.3.3. Propiedades del concreto convencional y con barita

2.3.3.1. Concreto fresco

2.3.3.1.1. Peso unitario (NTP 339.046 / MTC E714-2000 / ASTM C 138)

El Instituto de Ingeniería UNAM (1994) afirmó que:

Una característica importante del concreto es su peso unitario, por que es índice de propiedades que a su vez influyen decisivamente en el empleo que se le da. Como es evidente, dicha característica del concreto depende principalmente del peso específico de los agregados que lo integran.(p.70)

Tabla N° 4

Peso unitario del concreto

Clase de concreto	Peso unitario (kg/m²)	Uso común
Peso normal	2200 - 2550	Uso no estructural y estructural , desde muy baja hasta muy alta resistencia (desde menos de 70 hasta 1200 kg/cm ² , e inclusive mas)
Pesado	2600 - 5500	Blindaje contra radiaciones, contrapesos para puentes levadizos, y otras aplicaciones especiales, diversos requisitos de resistencia.

Fuente: Manual de Tecnología del concreto, sección 1. pág. 70

2.3.3.1.2. Revenimiento (NTP 339.035 / MTC E 705 –2000 / ASTM C 143)

De acuerdo con Asocreto (2010) :

El ensayo de revenimiento es una medida de la consistencia del concreto , que se refiere al grado de fluidez de la mezcla, esto indica que tan seca o fluida esta cuando se encuentra en estado plastico y no constituye por si misma una medida directa de la trabajabilidad.(p.102)

La variación de la trabajabilidad en relación al tiempo es afectada por las condiciones de humedad del agregado, debido a que se presenta absorción del agua de mezcla en los poros de este, cuando se mezcla seco o con menor contenido de humedad a la absorción. (Asocreto, 2010, p.101)

2.3.3.1.3. Contenido de aire (NTP 339.083 / MTC E 706 –2000 / ASTM C 231)

Asocreto (2010) concluyo: “El contenido de aire de un concreto sin agentes inclusores normalmente esta entre el 1% y 2% del volumen de la mezcla” (p.112).

2.3.3.1.4. Temperatura (NTP 339.184/ ASTM C 1064)

Según el Instituto de Ingenieria UNAM (1994) quien refirió: “la variación de la temperatura del concreto al ser mezclado, puede ser una causa importante de cambio en la consistencia de las mezclas y un obstáculo para lograr una adecuada uniformidad en la calidad del concreto” (p.95).

El Comite ACI 305 (2007) afirmo para el concreto fresco una temperatura máxima permisible de 35°C (95°F), a menos que se especifique lo contrario, o que sea aceptada un temperatura permisible más alta por el Arquitecto y/o Ingeniero, en base a su experiencia de campo o pruebas previas en la construcción utilizando una mezcla de concreto similar donde se halla utilizado con éxito a una temperatura superior especifica.

2.3.3.2. Concreto en rigidez

2.3.3.2.1. Tiempo de fraguado (NTP 339.082 / ASTM C 403)

Según el Instituto de Ingenieria UNAM (1994):

El fraguado inicial se define por una resistencia a la penetración igual a 35 kg/cm² y representa el estado en el concreto deja de ser moldeable. Cuando la resistencia a la penetración llega a 280kg/cm² se considera que el concreto se encuentra en fraguado final, y que a partir de este comienza propiamente de adquisición de resistencia mecánica. (p, 187)

El Instituto de Ingeniería UNAM (1994) concluyo que cuando aumenta la temperatura el tiempo de fraguado disminuye pero no a la velocidad con que aumenta el tiempo de fraguado cuando la temperatura disminuye.

2.3.3.3. Concreto endurecido

2.3.3.3.1. Resistencia a la compresión (NTP 339.034 / MTC E 704 – 2000 / ASTM C 39)

Según Asocreto (2010) afirmo:

Dentro de los factores que inciden en la resistencia el mas importante es la relacion agua/cemento. Sin embargo, para una mezcla trabajable, bien dosificada y en condiciones normales de mezclado, curado y metodos de ensayos , ademas de la influencia de la a/c , intervienen otros elementos como el tipo y calidad de cemento, las caracteristicas del agregado, el tipo y la cantidad de aditivos, el fraguado y la edad.(p.120)

De acuerdo con Montejo Fonseca, Montejo Piratova, & Montejo Piratova (2013) quienes concluyeron que cuando no hay un curado húmedo a edades tempranas, la resistencia a edades posteriores es baja y el desarrollo, lento; además no es posible obtener mayores resistencias, cuando se aplica un curado a destiempo.

2.3.3.3.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral (NTP 339.084 / ASTM C 496)

Montejo Fonseca et al. (2013) afirmaron:

Por su naturaleza el concreto es bastante débil a esfuerzos a tracción, por lo tanto, esta propiedad no se tiene en cuenta en el diseño de estructuras normales. La tracción tiene que ver con el agrietamiento del concreto, a causa de la contracción inducida por el fraguado o por los

cambios de la temperatura, ya que estos factores generan esfuerzos internos de tracción. (p.241)

Según Harmsen (2005):

La resistencia del concreto a la tracción es mucho menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente entre un 8% y 15% de esta. Para la determinación de este parámetro no se suele usar ensayos directos debido a las dificultades que se presentan sobre todo por los efectos secundarios que generan los dispositivos de carga. (p.25)

En la presente tesis se realizó por método indirecto la llamada prueba brasilera o Split-test consiste en cargar lateralmente el cilindro estándar, a lo largo de uno de sus diámetros hasta que se rompa. El procedimiento está especificado en la norma ASTM C 496 (Harmsen, 2005).

2.4. Definición de la terminología

Barita: Es un mineral de la clase de los sulfatos y del tipo AXO₄. Químicamente es el sulfato de bario (BaSO₄). Frecuentemente aparece junto con la calcita y el cuarzo. Por lo general se le encuentra en alguna solución sólida dependiendo de la combinación. La barita forma parte del grupo mineralógico conformado también por la celestita, anglesita y anhidrita.

Barita en polvo: Se entiende como agregado fino de barita que ha pasado la malla N° 4

Blindaje biológico: Se denomina blindaje biológico a un espesor de material interpuesto entre una fuente de radiación ionizante y el punto receptor, con el objeto de atenuar dicha radiación.

Friabilidad: En agregados capacidad de desmenuzarse fácilmente. Las condiciones de humedad determinan la friabilidad. Si aumentamos el contenido de humedad del suelo, decrece la coherencia de estos suelos duros, volviéndose friables.

Protección Radiológica: Es una disciplina que estudia los efectos de las dosis producidas por las radiaciones ionizantes y los procedimientos para proteger a los seres vivos de sus efectos nocivos, siendo su objetivo principal los seres humanos.

Resistencia al congelamiento y deshielo: Determina la durabilidad al congelamiento y deshielo del concreto se puede determinar a través de ensayos de laboratorio ASTM C 666 (Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing), AASHTO 161 (Norma de método de ensayo acelerado para la resistencia a congelamiento y deshielo).

A través del ensayo ASTM se calcula un factor de durabilidad que refleja el número de ciclos de congelación y deshielo necesario para producir una cierta cantidad de deterioro.

CAPÍTULO III:

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Cuantitativa

3.1.2. Diseño de investigación

Tipo de diseño de investigación: Cuasi-experimental

Tipo de hipótesis: Diferencia de grupos sin atribuir causalidad

En el diseño experimental del tipo cuasi-experimental se empleó el diseño con pos-prueba únicamente y grupo de control, incluye varios niveles de la variable independiente.

La variable independiente se representa con la letra x, que en este caso x representa al % de barita.

Las variables dependientes se representan con la O de observación porque estas se miden, que en este caso presentan a las propiedades del concreto en estado fresco, rígido y endurecido.

Los grupos se representan con la G y cuando son seleccionados al azar se les anticipa una R de random.

$$RG_1 - O_1$$

$$RG_2 - X_2 - O_2$$

$$RG_3 - X_3 - O_3$$

$$RG_4 - X_4 - O_4$$

$$RG_5 - X_5 - O_5$$

Se prepararon mezclas de concreto para diferentes grupos:

El grupo RG_1 contiene en volumen 100% de arena y 0% de barita.

El grupo RG_2 contiene en volumen 95% de arena y 5% de barita.

El grupo RG_3 contiene en volumen 60% de arena y 40% de barita.

El grupo RG_4 contiene en volumen 30% de arena y 70% de barita.

El grupo RG_5 contiene en volumen 0% de arena y 100% de barita.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

En total se prepararon 25 tandas de ensayo cuyas cantidades y modalidades paso a detallar:

3.2.1.1. Cantidades y modalidades

3.2.1.1.1. Concreto curado

Se consideraron 3 resistencias a la compresión especificadas a los 28 días, a conseguir:

$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$F'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$

$F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Se varió la presencia de barita como sustituyente del agregado fino en 0% (muestra patrón), 5%, 40%, 70%, 100%.

Se midió la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

3.2.1.1.2. Concreto sin curar

Se consideraron 3 resistencias a la compresión especificadas a los 28 días a conseguir:

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$F'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Se varió la presencia de barita como sustituyente del agregado fino en 0% (muestra patrón), 5%, 40%, 70%, 100%.

Se midió la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

3.2.2. Muestra

De cada tanda de ensayo se sacaron muestras representativas para determinar las propiedades del concreto en estado fresco, rígido y endurecido dichos ensayos y muestras representativas están detalladas en las tablas N° 22 y N° 23.

COMPARACIÓN ENTRE EL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL CONCRETO CON BARITA EN POLVO
COMO SUSTITUYENTE DEL AGREGADO FINO

Tabla N° 5

Ensayos con el agregado fino, agregado grueso y agregado fino de barita

ENSAYOS	CANTIDAD	SUB-TOTAL
AGREGADO FINO		6
Ensayo Contenido de humedad	1	
Ensayo Peso específico de masa	1	
Ensayo Grado de absorción %	1	
Ensayo Peso unitario suelto	1	
Ensayo Peso volumétrico varillado	1	
Ensayo Análisis granulométrico por tamizado	1	
AGREGADO GRUESO		6
Ensayo Contenido de humedad	1	
Ensayo Peso específico de masa	1	
Ensayo Grado de absorción %	1	
Ensayo Peso unitario suelto	1	
Ensayo Peso volumétrico varillado	1	
Ensayo Análisis granulométrico por tamizado	1	
AGREGADO FINO DE BARITA		6
Ensayo Contenido de humedad	1	
Ensayo Peso específico de masa	1	
Ensayo Grado de absorción %	1	
Ensayo Peso unitario suelto	1	
Ensayo Peso volumétrico varillado	1	
Ensayo Análisis granulométrico por tamizado	1	
TOTAL DE ENSAYOS CON LOS AGREGADOS:		18

Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN ENTRE EL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL CONCRETO CON BARITA EN POLVO
COMO SUSTITUYENTE DEL AGREGADO FINO

Tabla N° 6

Ensayos para el concreto convencional y con barita

ENSAYOS	CANTIDAD	SUB-TOTAL
CONCRETO EN ESTADO FRESCO		
(f'c = 210 kg/cm² , f'c = 240 kg/cm² , f'c = 280 kg/cm²)		
Ensayo Peso unitario		15
Concreto con barita al 0%	3	
Concreto con barita al 5%	3	
Concreto con barita al 40%	3	
Concreto con barita al 70%	3	
Concreto con barita al 100%	3	
Ensayo Revenimiento		15
Concreto con barita al 0%	3	
Concreto con barita al 5%	3	
Concreto con barita al 40%	3	
Concreto con barita al 70%	3	
Concreto con barita al 100%	3	
Ensayo Contenido de aire		15
Concreto con barita al 0%	3	
Concreto con barita al 5%	3	
Concreto con barita al 40%	3	
Concreto con barita al 70%	3	
Concreto con barita al 100%	3	
Ensayo Temperatura		15
Concreto con barita al 0%	3	
Concreto con barita al 5%	3	
Concreto con barita al 40%	3	
Concreto con barita al 70%	3	
Concreto con barita al 100%	3	
CONCRETO EN ESTADO RIGIDO		
(f'c = 210 kg/cm² , f'c = 240 kg/cm² , f'c = 280 kg/cm²)		
Ensayo Tiempo de Fraguado		4
Concreto con barita al 0%	2	
Concreto con barita al 100%	2	

COMPARACIÓN ENTRE EL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL CONCRETO CON BARITA EN POLVO
COMO SUSTITUYENTE DEL AGREGADO FINO

CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO : curado y sin curar

(f'c = 210 kg/cm² , f'c = 240 kg/cm² , f'c = 280 kg/cm²); (7 , 14 y 28 días)

Ensayo de Resistencia a la compresión		100
Concreto con barita al 0%	20	
Concreto con barita al 5%	20	
Concreto con barita al 40%	20	
Concreto con barita al 70%	20	
Concreto con barita al 100%	20	
Ensayo de Resistencia a la Tracción		100
Concreto con barita al 0%	20	
Concreto con barita al 5%	20	
Concreto con barita al 40%	20	
Concreto con barita al 70%	20	
Concreto con barita al 100%	20	

TOTAL DE ENSAYOS CON EL

CONCRETO: 264

Fuente: Elaboración propia

3.3. Hipótesis

3.3.1. Hipótesis general

Las propiedades del concreto convencional y con barita en estado fresco, rígido y endurecido se diferencian significativamente de acuerdo al porcentaje de barita presente en la mezcla de concreto.

3.3.2. Hipótesis específicas

El concreto convencional tiene un peso unitario menor que el concreto con barita.

El concreto convencional es más resistente a la compresión que el concreto con barita.

El concreto convencional es más resistente a la tracción que el concreto con barita.

El concreto convencional tiene un revenimiento menor que el concreto con barita.

3.4. Variables

3.4.1. Variable dependiente

Propiedades del concreto en estado fresco, rígido y endurecido

3.4.2. Variable independiente

El porcentaje de barita en la dosificación del concreto.

3.5. Operacionalización de variables

Tabla N° 7

Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumento	
	Peso unitario	Ensayo Peso Unitario de Producción (Rendimiento) y Contenido de Aire (Gravimétrico) del Concreto	Observación	Formato LEM	Balanza
Variable dependiente	Resistencia a la compresión	Ensayo Resistencia a la Compresión Testigos Cilíndricos	Observación	Formato LEM	Máquina de ensayo-Prensa hidráulica
Propiedades del concreto en estado fresco, rígido y endurecido	Resistencia a la tracción	Ensayo Estándar para la Resistencia a la Tracción Indirecta de Probetas de Concreto Cilíndricas	Observación	Formato LEM	Máquina de ensayo-Prensa hidráulica
	Revenimiento	Ensayo revenimiento del Concreto (Slump)	Observación	Formato LEM	Wincha

COMPARACIÓN ENTRE EL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL CONCRETO CON BARITA EN POLVO
COMO SUSTITUYENTE DEL AGREGADO FINO

Variable Independiente	Proporción	Porcentajes por volumen	Observación	Formato LEM	Balanza
Porcentaje de barita en la dosificación del concreto		0%			
		5%			
		40%			
		70%			
		100%			

Fuente: Elaboración propia

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Métodos de investigación

Empírico

3.6.2. Técnicas de recolección de datos

Observación

3.6.3. Instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron los formatos de los ensayos que se detallan a continuación:

3.6.3.1. Ensayos con el agregado fino, agregado grueso y fino de barita

Formato del Ensayo Contenido de humedad (N.T.P. 339.185)

Formato del Ensayo Peso específico de masa (Arena - N.T.P. 400.021 /
Piedra - N.T.P. 400.022)

Formato del Ensayo Grado de absorción % (Arena - N.T.P. 400.021 /
Piedra - N.T.P. 400.022)

Formato del Ensayo Peso unitario suelto (N.T.P. 400.017)

Formato del Ensayo Peso volumétrico varillado (N.T.P. 400.017)

Formato del Ensayo Análisis granulométrico por tamizado (N.T.P.
400.012)

3.6.3.2. Ensayos con el concreto

3.6.3.2.1. Concreto fresco

Formato del Ensayo Peso unitario (NTP 339.046 / MTC E714-2000 /
ASTM C 138)

Formato del Ensayo Revenimiento (NTP 339.035 / MTC E 705 –2000 /
ASTM C 143)

Formato del Ensayo Contenido de aire (NTP 339.083 / MTC E 706 –
2000 / ASTM C 231)

Formato del Ensayo Temperatura (NTP 339.184/ ASTM C 1064)

3.6.3.2.2. Concreto en rigidez

Formato del Ensayo Tiempo de fraguado (NTP 339.082 / ASTM C 403)

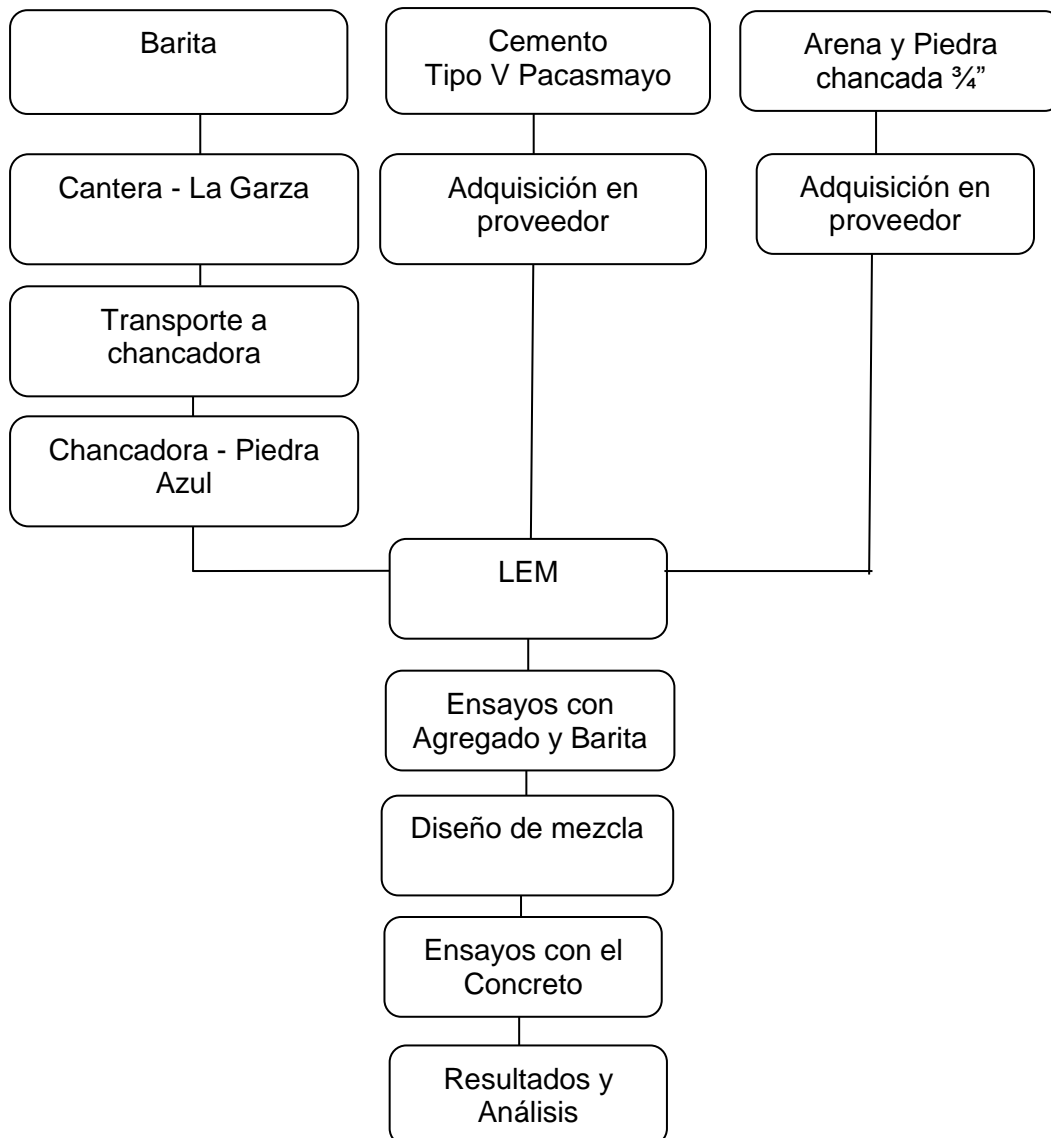
3.6.3.2.3. Concreto endurecido

Formato del Ensayo Resistencia a la compresión (NTP 339.034 / MTC
E 704 – 2000 / ASTM C 39)

Formato del Ensayo Resistencia a la tracción por compresión diametral
(NTP 339.084 / ASTM C 496)

3.7. Procedimiento para la recolección de datos

Grafica N° 4: Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración Propia

Se realizó siguiendo las normas técnicas NTP, MTC y ASTM.

3.7.1. Concreto fresco

Peso unitario (NTP 339.046 / MTC E714-2000 / ASTM C 138)

Revenimiento (NTP 339.035 / MTC E 705 –2000 / ASTM C 143)

Contenido de aire (NTP 339.083 / MTC E 706 –2000 / ASTM C 231)

Temperatura (NTP 339.184/ ASTM C 1064)

3.7.2. Concreto en rigidez

Tiempo de fraguado (NTP 339.082 / ASTM C 403)

3.7.3. Concreto endurecido

Resistencia a la compresión (NTP 339.034 / MTC E 704 – 2000 / ASTM C 39)

Resistencia a la tracción por corte diametral (NTP 339.084 / ASTM C 496)

3.8. Análisis Estadístico e Interpretación de datos

Se utilizó la estadística descriptiva e inferencial.

3.9. Principios éticos

Esta investigación cumplió con el objetivo general planteado, con transparencia y confidencialidad.

3.10. Criterios de rigor científico

Se aplicó el principio de la fiabilidad de los resultados ya que se siguió rigurosamente el procedimiento señalado en las NTP, ASTM y MTC de tal manera que pueda ser replicado en otros escenarios.

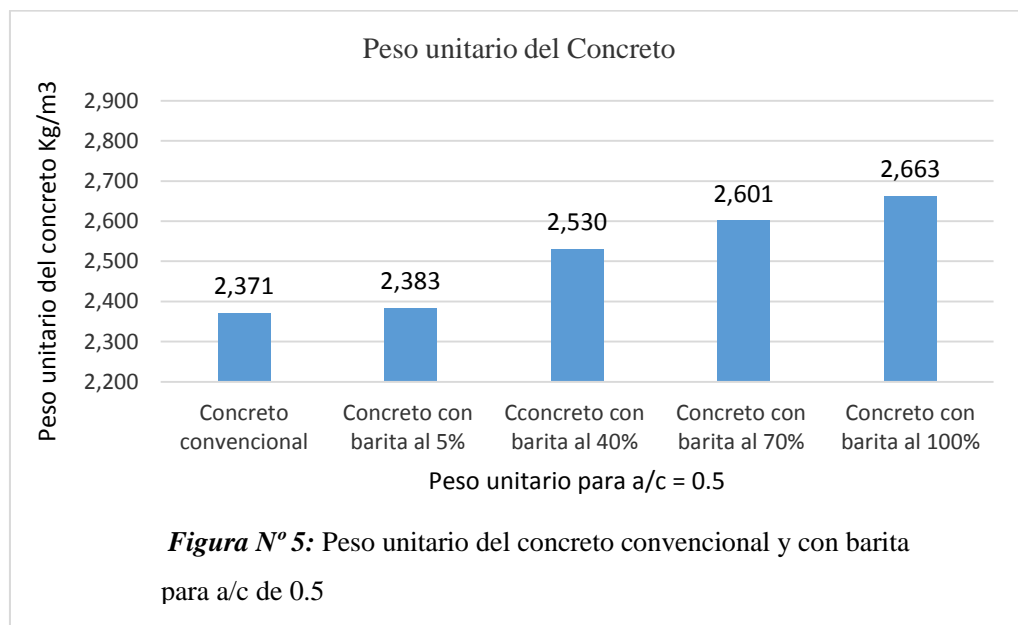
CAPÍTULO IV:
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS
RESULTADOS

4.1. Resultados en tablas y gráficos

Con el propósito de encontrar la verdadera relación A/C que corresponde a las resistencias en compresión especificadas de 210, 240 y 280 kg/cm², en primer lugar se han diseñado mezclas de concreto para relaciones A/C de 0.4, 0.5 y 0.6, luego de obtenidos los resultados de resistencias en compresión, se ha elaborado graficas de relación a/c & resistencia a la compresión, las que aparecen en el anexo E ; en dichas gráficas se obtuvo la relación a/c verdadera, que junto con el agua corregida ha permitido ajustar las mezclas de concreto para finalmente lograr tener los diseños de mezcla que parecen en el anexo F.

4.1.1. Resultados de los ensayos del concreto en estado fresco

4.1.1.1. Peso unitario (NTP 339.046 / MTC E714-2000 / ASTM C 138)



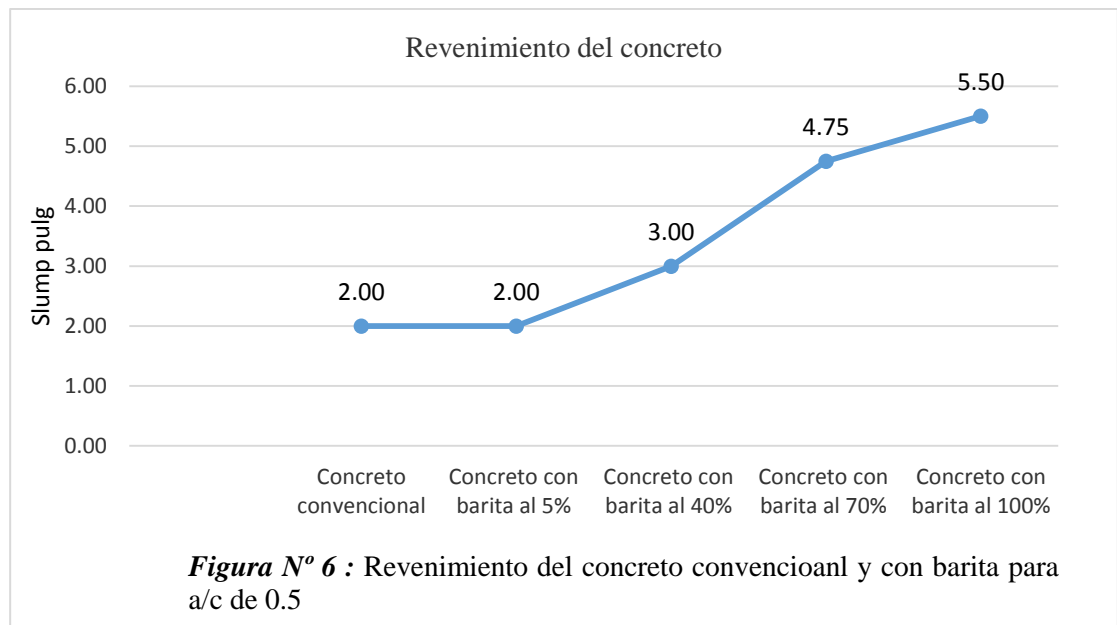
Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 5 se puede apreciar que el peso unitario del concreto fresco, aumenta a medida que el porcentaje de barita como sustituyente

del agregado fino aumenta. Este mismo comportamiento se aprecia en los resultados de los ensayos de peso unitario para las relaciones agua / cemento 0.4 y 0.6.

De la Figura N° 5 también se puede concluir que el peso unitario con 100% barita como sustituyente del agregado fino aumenta en un 12% comparado con el concreto convencional en este caso particular para una a/c de 0.5.

4.1.1.2. Revenimiento (NTP 339.035 / MTC E 705 –2000 / ASTM C 143)



Fuente: Elaboración propia

De la Figura N° 6, se aprecia que el asentamiento en el cono de Abrams aumenta a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de barita en la mezcla.

Este mismo comportamiento se observa en los resultados de los ensayos de revenimiento para las relaciones agua / cemento 0.4 y 0.6.

4.1.1.3. Contenido de aire (NTP 339.083 / MTC E 706 –2000 / ASTM C 231)

Tabla N° 8

% de aire del concreto convencional y con barita para a/c de 0.5

MEZCLA	a/c	% de aire
Concreto convencional	0.5	2.2
Concreto con barita al 5%	0.5	2.2
Concreto con barita al 40%	0.5	2.3
Concreto con barita al 70%	0.5	2.4
Concreto con barita al 100%	0.5	2.5

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N° 8 se muestra que el porcentaje de aire atrapado en el concreto aumenta levemente a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de barita. Este mismo comportamiento se aprecia en los resultados de los ensayos de contenido de aire para las relaciones agua / cemento 0.4 y 0.6.

4.1.1.4. Temperatura (NTP 339.184/ ASTM C 1064)

Tabla N° 9

Temperatura del concreto convencional y con barita para a/c de 0.5

MEZCLA	a/c	Temperatura °C
Concreto convencional	0.5	29.0
Concreto con barita al 5%	0.5	28.0
Concreto con barita al 40%	0.5	29.0
Concreto con barita al 70%	0.5	30.0
Concreto con barita al 100%	0.5	30.0

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N° 9 se puede notar que la temperatura del concreto en estado fresco con barita 0%,5%,40%,70% y 100% como sustituyente del agregado fino se mantiene entre 28 y 30 ° C.

Este mismo rango se aprecia en los resultados de los ensayos de temperatura para las relaciones agua / cemento 0.4 y 0.6.

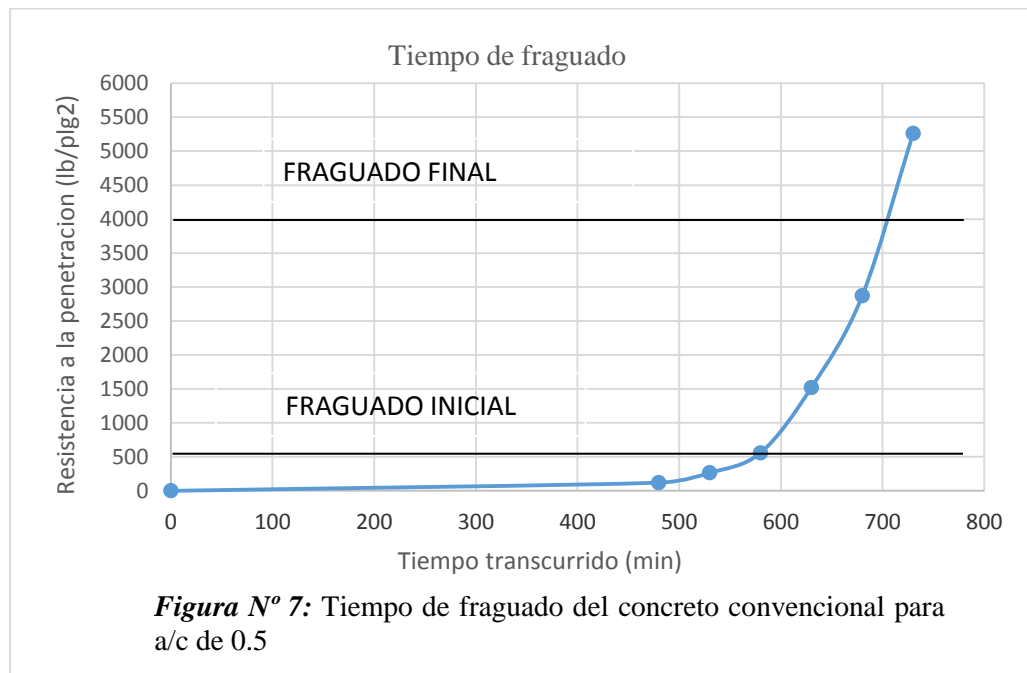
4.1.2. Resultados de los ensayos del concreto en rigidez

4.1.2.1. Tiempo de fraguado (NTP 339.082)

Material: Concreto Convencional, a/c = 0.5

Cemento: Pacasmayo Tipo V

T: 33°C



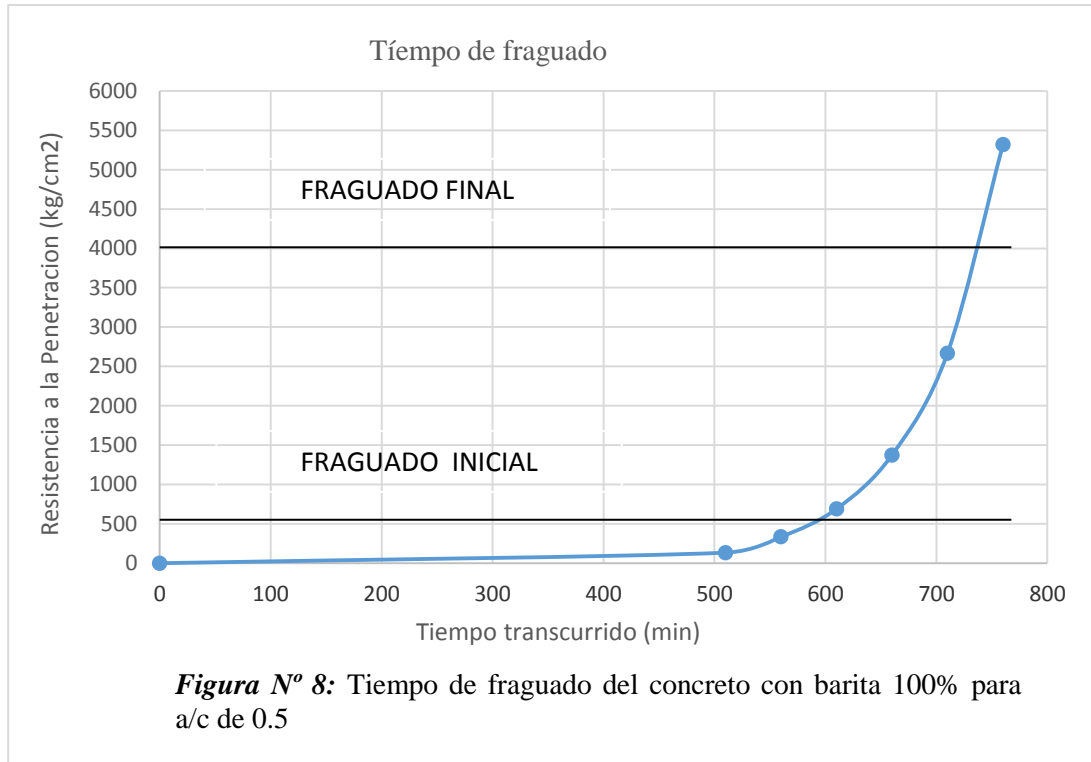
Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 7 se observa que el fraguado inicial ocurre a los 580 min y el fraguado final a los 700 min para un concreto convencional con a/c de 0.5 a una temperatura de 33°C

Material: Concreto con barita 100 %, a/c = 0.5

Cemento: Pacasmayo Tipo V

T: 33°C

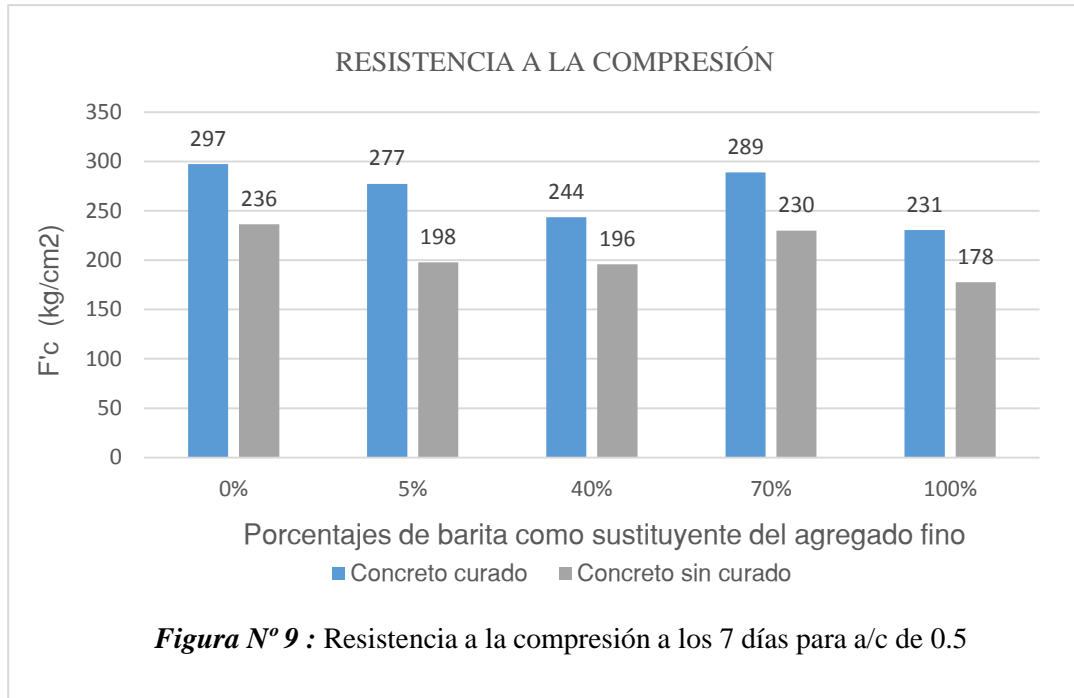


Fuente: Elaboración propia

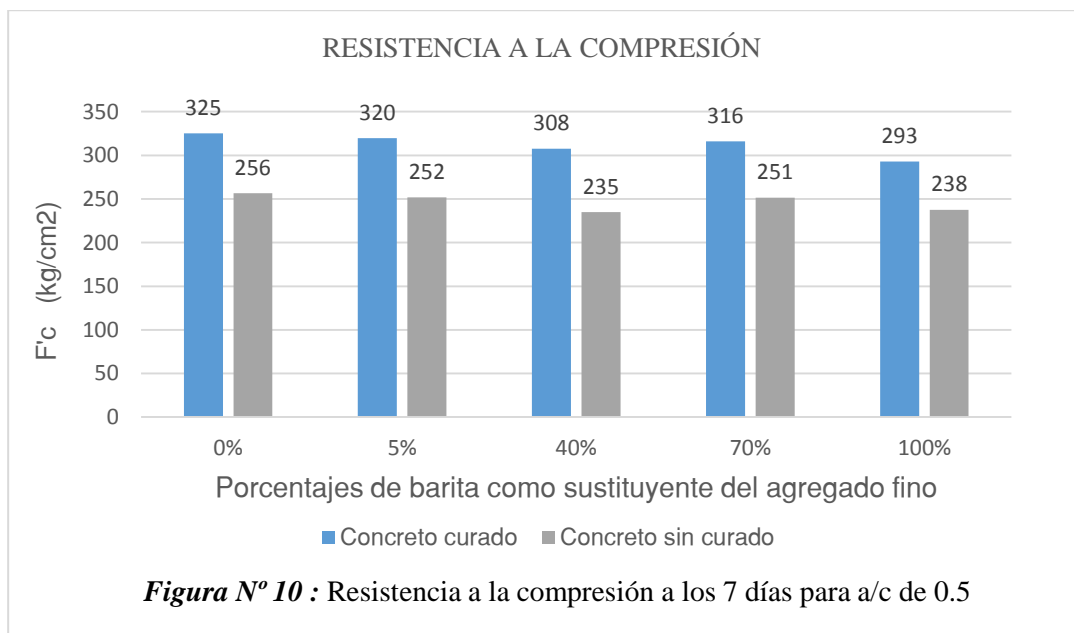
En la Figura N° 8 se observa que el fraguado inicial ocurre a los 590 min y el fraguado final a los 730 min para un concreto con barita 100% con a/c de 0.5 a una temperatura de 33° C.

4.1.3. Resultados de los ensayos del concreto en estado endurecido

4.1.3.1. Resistencia a la compresión (NTP 339.034 / ASTM C 39)

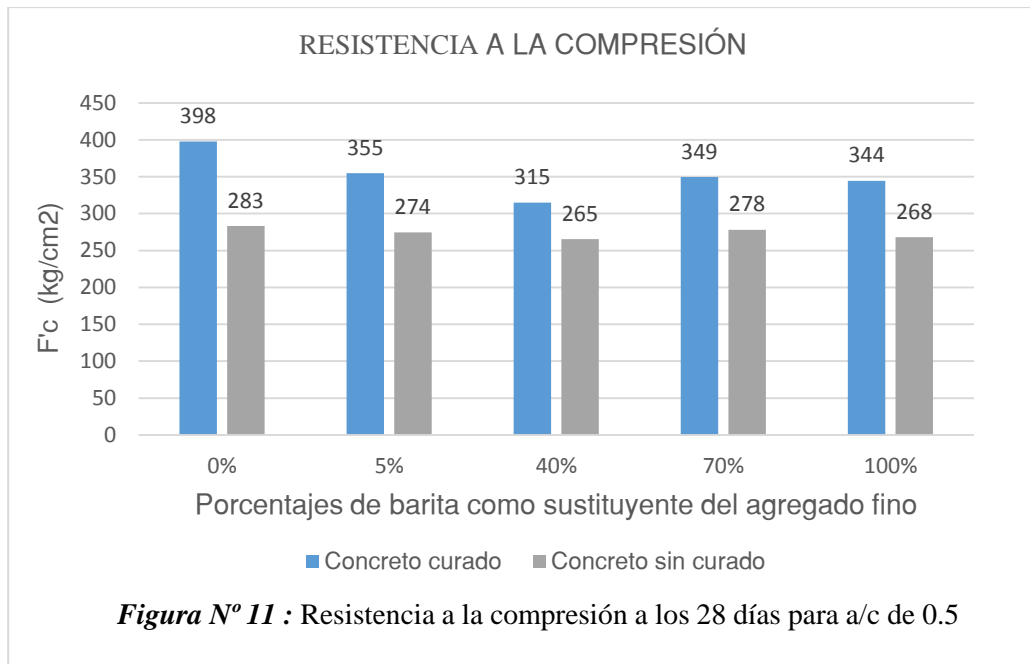


Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN ENTRE EL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL CONCRETO CON BARITA EN POLVO
COMO SUSTITUYENTE DEL AGREGADO FINO



Fuente: Elaboración propia

En las Figuras N° 9, N° 10 y N° 11 se puede apreciar que la resistencia a la compresión para un concreto curado y sin curar a los 7, 14 y 28 días disminuye a medida que aumenta el porcentaje de barita hasta el 40 %, posteriormente la resistencia a la compresión aumenta para el porcentaje de barita 70% y disminuye nuevamente para el porcentaje de barita 100% como sustituyente del fino para a/c de 0.5.

Este mismo comportamiento se aprecia en los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión para las relaciones agua / cemento 0.4 y 0.6.

Tabla N° 10

Resistencia a la compresión % a los 28 días para a/c de 0.5 - curado

MEZCLA	a/c	F'c (%)
Concreto convencional	0.5	100
Concreto con barita al 5%	0.5	89
Concreto con barita al 40%	0.5	79
Concreto con barita al 70%	0.5	88
Concreto con barita al 100%	0.5	87

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 10 se puede apreciar que la resistencia a la compresión del concreto con barita 100% como sustituyente del fino a los 28 días disminuye en un 13% comparado con la resistencia a la compresión del concreto convencional, en este caso particular para un concreto curado con a/c de 0.5.

Tabla N° 11

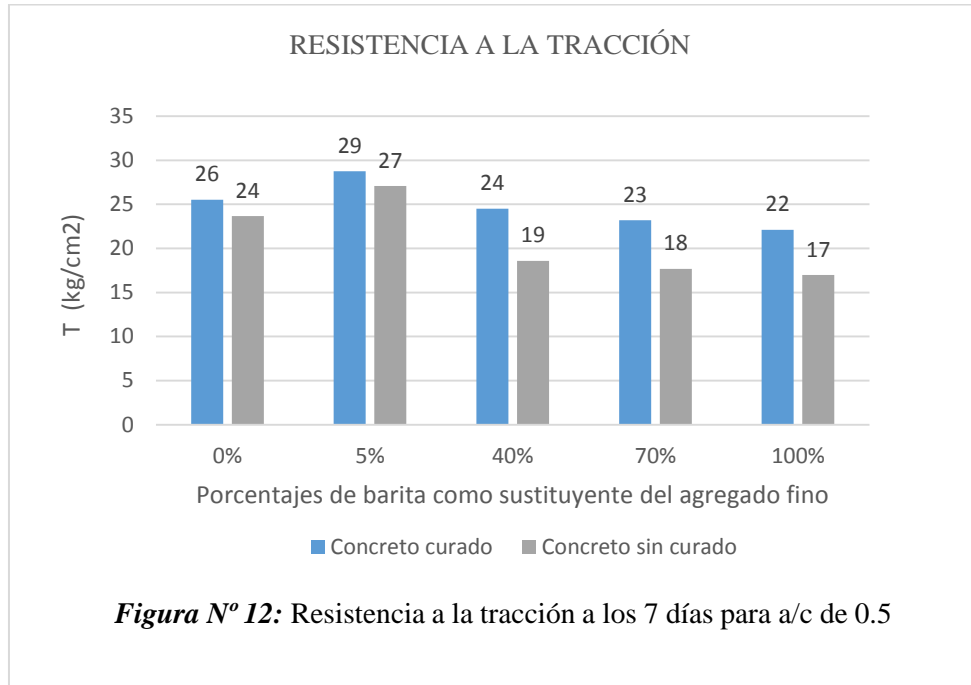
Resistencia a la compresión % a los 28 días para a/c de 0.5 - sin curado

MEZCLA	a/c	F'c (%)
Concreto convencional	0.5	100
Concreto con barita al 5%	0.5	97
Concreto con barita al 40%	0.5	94
Concreto con barita al 70%	0.5	98
Concreto con barita al 100%	0.5	95

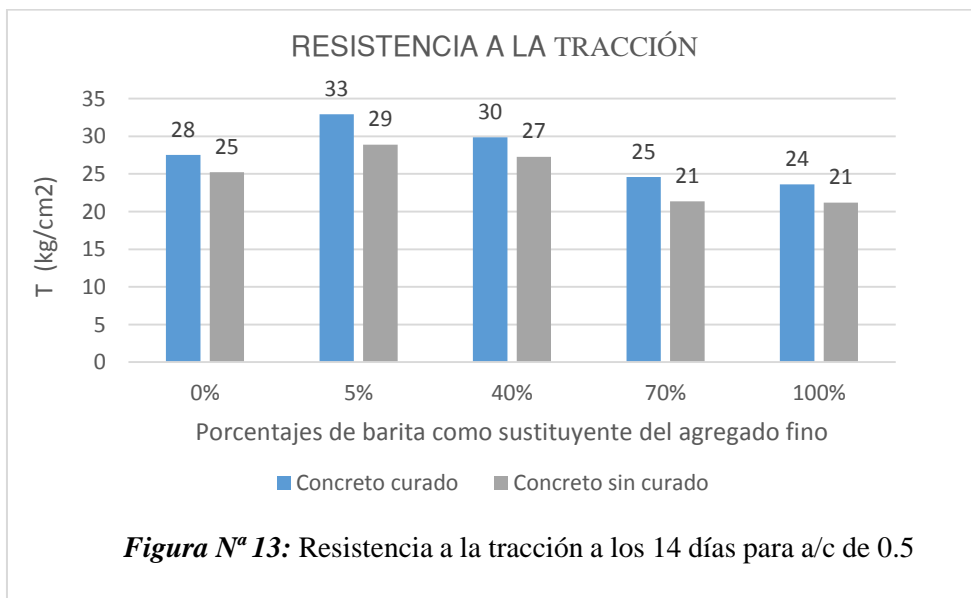
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 11 se puede apreciar que la resistencia compresión del concreto con barita 100% a los 28 días disminuye en un 5% comparado con la resistencia a la compresión del concreto convencional, en este caso particular para un concreto sin curado para a/c de 0.5.

**4.1.3.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral (NTP 399.084 –
ASTM C 496)**

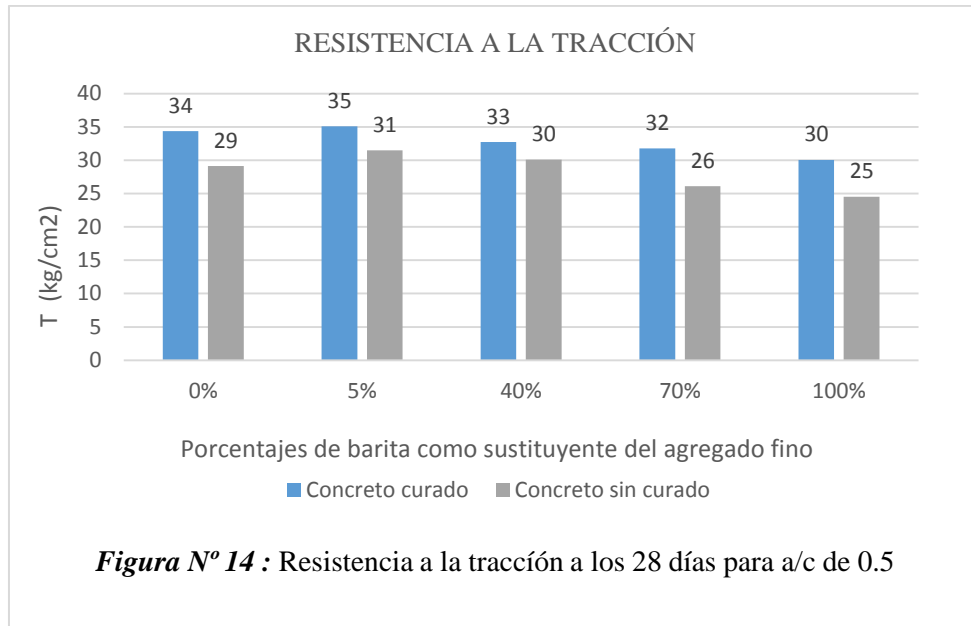


Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN ENTRE EL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL CONCRETO CON BARITA EN POLVO
COMO SUSTITUYENTE DEL AGREGADO FINO



Fuente: Elaboración propia

En las Figuras N° 12, N° 13 y N° 14 se observa que la resistencia a la tracción por compresión diametral para un concreto curado y sin curar a los 7, 14 y 28 días para a/c de 0.5 no tiene un comportamiento lineal es decir que este varía de acuerdo al porcentaje de barita.

De la Figura N° 14 se aprecia que la resistencia a la tracción varía levemente con relación al concreto convencional hasta un concreto con barita 40%, posteriormente disminuye para un concreto con barita 70 % y 100% habiendo una pequeña diferencia entre estas últimas para a/c de 0.5

Este mismo comportamiento se aprecia en los resultados de los ensayos de resistencia a la tracción por compresión diametral para las relaciones agua / cemento 0.4 y 0.6.

También se puede apreciar que la resistencia a la tracción a los 28 días para un concreto curado es mayor en un promedio de 14 % comparado con un concreto sin curado en este caso particular para a/c de 0.5.

Tabla N° 12

Resistencia a la tracción % a los 28 días para a/c de 0.5 - curado

MEZCLA	a/c	T (%)
Concreto convencional	0.5	100
Concreto con barita al 5%	0.5	102
Concreto con barita al 40%	0.5	95
Concreto con barita al 70%	0.5	93
Concreto con barita al 100%	0.5	87

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 12 se puede apreciar que la resistencia tracción del concreto con 100% barita como sustituyente del fino a los 28 días disminuye en un 13 % comparado con la resistencia del concreto convencional, ambos curados, en este caso particular para a/c de 0.5.

Tabla N° 13

Resistencia a la tracción % a los 28 días para a/c de 0.5 - sin curado

MEZCLA	a/c	T (%)
Concreto convencional	0.5	100
Concreto con barita al 5%	0.5	108
Concreto con barita al 40%	0.5	103
Concreto con barita al 70%	0.5	90
Concreto con barita al 100%	0.5	84

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 13 se puede apreciar que la resistencia a la tracción con 100% barita como sustituyente del fino a los 28 días disminuye en un 16 % comparado con el concreto convencional ambos sin curado en este caso particular para a/c de 0.5.

4.1.4. Diseños de Mezcla Finales

Los diseños de Mezcla Finales se encuentran detallados en el anexo F tanto para las resistencias especificadas 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm² así como para las tres relaciones a/c las cuales son 0.4 , 0.5 y 0.6.

4.2. Contrastación de hipótesis

En la presente investigación se han trabajado con tres relaciones agua / cemento las cuales son 0.4, 0.5 y 0.6. Sin embargo se ha tomado como muestra representativa los ensayos realizados con a/c 0.5 para realizar la contratación de hipótesis. Los ensayos con a/c 0.4 y 0.6 se encuentran detallados en el anexo.

4.2.1. Contrastación hipótesis 1

a) Formulación

El concreto convencional tiene un peso unitario menor que el concreto con barita.

b) Peso unitario

Tabla N° 14

Peso unitario para a/c de 0.5

MEZCLA	a/c	Volumen	Peso	Peso unitario del Concreto Kg/m ³
		molde m ³	muestra kg	
Concreto convencional	0.5	0.0071	16.896	2371
Concreto con barita al 5%	0.5	0.0071	16.981	2383
Concreto con barita al 40%	0.5	0.0095	23.965	2530
Concreto con barita al 70%	0.5	0.0071	18.533	2601
Concreto con barita al 100%	0.5	0.0071	18.977	2663

Fuente: Elaboración Propia

c) Comentario

En la Tabla N° 14 se observa que el peso unitario aumenta a medida que el porcentaje de barita aumenta,

Por lo tanto se acepta la hipótesis alterna ya que esto se cumple en las tres relaciones agua/cemento las cuales son 0.4 ,0.5 y 0.6.

4.2.2. Contrastación hipótesis 2

a) Formulación

El concreto convencional es más resistente a la compresión que el concreto con barita.

b) Resistencia a la compresión

Tabla N° 15

Resistencia a la compresión a los 28 días para a/c de 0.5 - curado

MEZCLA	a/c	F'c
Concreto convencional	0.5	398
Concreto con barita al 5%	0.5	355
Concreto con barita al 40%	0.5	315
Concreto con barita al 70%	0.5	349
Concreto con barita al 100%	0.5	344

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 16

Resistencia a la compresión a los 28 días para a/c de 0.5 - sin curado

MEZCLA	a/c	F'c
Concreto convencional	0.5	283
Concreto con barita al 5%	0.5	274
Concreto con barita al 40%	0.5	265
Concreto con barita al 70%	0.5	278
Concreto con barita al 100%	0.5	268

Fuente: Elaboración Propia

c) Comentario

De la Tabla N° 15 se concluye que la resistencia a la compresión para un concreto convencional a los 28 días es mayor que para un concreto con barita en los porcentajes 5%,40%, 70% y 100% como sustituyente del fino para a/c de 0.5.

De la Tabla N° 16 se concluye de igual forma que la resistencia a la compresión para un concreto convencional a los 28 días es mayor que para un concreto con barita en los porcentajes 5%,40%,70% y 100% como sustituyente del fino para a/c de 0.5.

Por lo tanto se acepta la hipótesis alterna ya que esto se cumple en las tres relaciones agua/cemento las cuales son 0.4 ,0.5 y 0.6.

4.2.3. Contrastación hipótesis 3

a) Formulación

El concreto convencional es más resistente a la tracción que el concreto con barita.

b) Resistencia a la tracción por compresión diametral

Tabla N° 17

Resistencia a la tracción a los 28 días para a/c de 0.5 - curado

MEZCLA	a/c	T (%)
Concreto convencional	0.5	34
Concreto con barita al 5%	0.5	35
Concreto con barita al 40%	0.5	33
Concreto con barita al 70%	0.5	32
Concreto con barita al 100%	0.5	30

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 18

Resistencia a la tracción a los 28 días para a/c de 0.5 - sin curado

MEZCLA	a/c	T (%)
Concreto convencional	0.5	29
Concreto con barita al 5%	0.5	31
Concreto con barita al 40%	0.5	30
Concreto con barita al 70%	0.5	26
Concreto con barita al 100%	0.5	25

Fuente: Elaboración Propia

c) Comentario

De las Tabla N° 17 se observa que la resistencia a la tracción de un concreto convencional a los 28 días es menor que en un concreto con barita al 5 % en este caso particular para un concreto curado, utilizando a/c de 0.5

De la Tabla N° 18 se observa que la resistencia a la tracción de un concreto convencional es menor que en un concreto con barita al 5% y

40% en este caso particular para un concreto sin curado, utilizando a/c de 0.5.

Por lo tanto se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula

4.2.4. Contrastación hipótesis 4

a) Formulación

El concreto convencional tiene un revenimiento menor que el concreto con barita.

b) Revenimiento

Tabla N° 19

Revenimiento para a/c de 0.5

MEZCLA	a/c	Asentamiento pulg
Concreto convencional	0.5	2.00
Concreto con barita al 5%	0.5	2.00
Concreto con barita al 40%	0.5	3.00
Concreto con barita al 70%	0.5	4.75
Concreto con barita al 100%	0.5	5.50

Fuente: Elaboración Propia

c) Comentario

En la Tabla N° 19, se observa que el revenimiento aumenta a medida que el porcentaje de barita aumenta.

Por lo tanto se acepta la hipótesis alterna ya que esto se cumple para las tres relaciones agua/cemento las cuales son 0.4 ,0.5 y 0.6.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Discusión de los resultados del concreto en estado fresco

4.3.1.1. Peso unitario

El Instituto de Ingeniería UNAM (1994) refiere a la clase de concreto pesado con peso unitario en el intervalo de 2600 a 5500 kg/m³.

Relacionado los pesos unitarios obtenidos en la investigación permite establecer que a partir de la incorporación del 70% de barita como sustituyente del agregado fino, este concreto se considera como concreto pesado.

4.3.1.2. Revenimiento

Si tomamos en cuenta que el agregado fino en estudio tiene un porcentaje de absorción de 1.47 % y la barita cuenta con 1.00%, el revenimiento del concreto incrementa con el aumento de barita, debido a un menor nivel de absorción en comparación con el agregado fino al que sustituye.

La variación de la trabajabilidad en relación al tiempo es afectada por las condiciones de humedad del agregado, debido a que se presenta absorción del agua de mezcla en los poros de este, cuando se mezcla seco o con menor contenido de humedad a la absorción. (Asocreto, 2010, p.101)

Sin embargo en este caso el contenido de humedad del agregado fino y grueso convencional eran 1.93 % y 0.57% respectivamente debido a que estos se encontraban húmedos por las lluvias estacionales del verano al momento del ensayo sumado a ello que el porcentaje de absorción del agregado barita es menor en 0.47% comparado al

agregado fino convencional por lo que se obtiene una mezcla con un mayor asentamiento y por ende mayor trabajabilidad.

4.3.1.3. Contenido de Aire

El contenido de aire atrapado aumenta levemente a medida que incrementa el porcentaje de barita como sustituyente del agregado fino, si comparamos una mezcla de concreto convencional con una mezcla de concreto con 100% barita como sustituyente del fino, este aumenta solo en un porcentaje de 10%.

Asocreto (2010) concluyo: “El contenido de aire de un concreto sin agentes inclusores normalmente esta entre el 1% y 2% del volumen de la mezcla” (p.112).

Por lo que se afirma que las pequeñas variaciones en el contenido de aire no son relevantes.

4.3.1.4. Temperatura

Comparando los valores de temperatura en las diferentes dosificaciones se permite establecer que esta no varía por la presencia de barita.

Los resultados presentan pequeñas fluctuaciones debido a factores externos como la temperatura del ambiente al momento de realizar el ensayo.

El Comite ACI 305 (2007) afirmo para el concreto fresco una temperatura máxima permisible de 35°C (95°F),

Por lo que se concluye que la temperatura obtenida en los ensayos está dentro del rango aceptable.

4.3.2. Discusión de los resultados del concreto en estado rígido

4.3.2.1. Tiempo de fraguado del concreto

Es posible definir dos estados de rigidez en el concreto que se designan como fraguado inicial y fraguado final.

Según el Instituto de Ingeniería UNAM (1994):

El fraguado inicial se define por una resistencia a la penetración igual a 35 kg/cm² y representa el estado en el concreto deja de ser moldeable. Cuando la resistencia a la penetración llega a 280kg/cm² se considera que el concreto se encuentra en fraguado final, y que a partir de este comienza propiamente de adquisición de resistencia mecánica. (p, 187)

En el presente estudio, se ha obtenido:

Para un concreto convencional con a/c de 0.5 a una temperatura de 33°C que el fraguado inicial ocurre a los 580 min y el fraguado final a los 700 min.

Para un concreto con barita 100% como sustituyente de agregado fino con a/c de 0.5 a una temperatura de 33° C. el fraguado inicial ocurre a los 590 min y el fraguado final a los 730 min.

Por lo que se concluye que no se presentan variaciones significativas entre el tiempo de fraguado de un concreto convencional y el de un concreto con barita 100% como sustituyente del agregado fino.

Cabe recordar que el tiempo de fraguado se ve influenciado por el tipo de cemento empleado en este caso el tipo V tiene un mayor tiempo de fraguado que el tipo I.

4.3.3. Discusión de los resultados del concreto en estado endurecido.

4.3.3.1. Resistencia a la compresión

De los ensayos se observó que la resistencia a la compresión disminuye a medida que aumenta el porcentaje de barita hasta el 40 %, posteriormente la resistencia a la compresión aumenta para el porcentaje de barita 70% y disminuye nuevamente para el porcentaje de barita 100% como sustituyente del fino, según se apreció en las Figuras N° 9, N° 10 y N° 11.

Esto debido a que según el Instituto de Ingeniería UNAM (1994) quien considera que la resistencia mecánica del concreto que potencialmente este puede desarrollar depende de la resistencia individual de los agregados, pasta de cemento endurecida y la adherencia entre pasta y agregados a los que se suma el comportamiento integral se sus componentes.

Además se sabe que cuando las partículas de los agregados son duras y resistentes, la resistencia mecánica del concreto tiene a ser gobernada por la pasta de cemento y por la adherencia de esta con los agregados.

De acuerdo con Montejo Fonseca, Montejo Piratova, & Montejo Piratova (2013) quienes concluyeron que cuando no hay un curado húmedo a edades tempranas, la resistencia a edades posteriores es baja y el desarrollo, lento; además no es posible obtener mayores resistencias, cuando se aplica un curado a destiempo.

Por lo que en la presente tesis se aprecia que la resistencia a la compresión a los 28 días para los distintos porcentajes de barita como sustituyente del agregado fino disminuye en un promedio de 22%

comparando un concreto curado con uno sin curado para una a/c de 0.50.

4.3.3.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral

En las Figuras N° 12 , N° 13 y N° 14 se observó que la resistencia a la tracción por compresión diametral para un concreto curado y sin curado a los 7, 14 y 28 días para a/c de 0.5 no tiene un comportamiento lineal es decir que este varía de acuerdo al porcentaje de barita.

De la Figura N° 14 se apreció que la resistencia a la tracción a los 28 días para un concreto curado y sin curar varia levemente con relación al concreto convencional hasta un concreto con barita 40%, posteriormente disminuye para un concreto con barita 70 % y 100% habiendo una pequeña diferencia entre estas últimas para a/c de 0.5.

Este mismo comportamiento se aprecia en los resultados de los ensayos de resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días para las relaciones agua / cemento 0.4 y 0.6

Montejo Fonseca et al. (2013) afirmaron:

Por su naturaleza el concreto es bastante débil a esfuerzos a tracción, por lo tanto, esta propiedad no se tiene en cuenta en el diseño de estructuras normales. La tracción tiene que ver con el agrietamiento del concreto, a causa de la contracción inducida por el fraguado o por los cambios de la temperatura, ya que estos factores generan esfuerzos internos de tracción. (p.241)

Sumado a ello la barita tiene la propiedad de ser frágil lo que produce un concreto con barita con una resistencia a la tracción menor que para un concreto convencional a excepción del concreto con barita 5% que es levemente mayor para una a/c de 0.5

4.3.4. Discusión de los Diseños de mezclas finales

4.3.4.1. Relación A/C para concreto convencional y con barita

Tabla N° 20

Relaciones agua/cemento por resistencia especificada

Resistencia especificada (kg/cm ²)	a/c del concreto convencional	Barita como sustituyente de la arena en el concreto			
		Porcentaje			
		5%	40%	70%	100%
280	0.54	0.49	0.45	0.48	0.49
240	0.59	0.56	0.49	0.53	0.52
210	0.62	0.60	0.53	0.55	0.55

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 20 se observa que para todas las resistencias especificadas, la relación agua/cemento del concreto convencional resulta mayor cuando se compara con el concreto donde la barita actúa como sustituyente del concreto, lo que indica que su presencia disminuye la resistencia del concreto, requiriéndose por tanto mayor consumo de cemento, para el mismo nivel de resistencia.

4.3.4.2. Consumo de cemento en concreto convencional y con barita

Tabla N° 21

Cemento en bolsa por m³ de concreto por resistencia especificada

Resistencia especificada (kg/cm ²)	Concreto convencional	Barita como sustituyente de la arena en el concreto			
		Porcentaje			
		5%	40%	70%	100%
280	9.6	11	12.1	10.7	10.4
240	8.6	9.4	11	9.5	9.7
210	8.1	8.6	9.9	9.1	9.1

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 21 se aprecia que según la resistencia especificada, el consumo de cemento resulta mayor en el concreto con barita, que en el concreto convencional; existiendo un máximo consumo cuando la barita reemplaza en 40% a la arena.

4.3.4.3. Consumo de agua en concreto convencional y con barita

Tabla N° 22

Agua en litros por m³ de concreto por resistencia especificada

Resistencia especificada (kg/cm ²)	Concreto convencional	Barita como sustituyente de la arena en el concreto			
		Porcentaje			
		5%	40%	70%	100%
280	220	229	232	218	217
240	215	224	228	215	214
210	214	220	224	213	212

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 22 se observa que comparando el consumo de agua de mezclado entre el concreto convencional y el concreto con barita existen pequeñas variaciones que van desde -1.3% hasta 5.5% para el concreto de resistencia especificada 280 kg/cm², siendo la máxima variación cuando la barita sustituye a la arena en 40%.

4.3.4.4. Consumo de arena en concreto convencional y con barita

Tabla N° 23

Arena en kg por m³ de concreto por resistencia especificada

Resistencia especificada (kg/cm ²)	Concreto convencional	Barita como sustituyente de la arena en el concreto			
		Porcentaje			
		5%	40%	70%	100%
280	815	784	555	330	0
240	856	847	588	346	0
210	868	877	605	352	0

Fuente: Elaboración Propia

Según los propósitos de esta investigación, el volumen absoluto de arena ha sido reemplazado por su equivalente en barita; por lo que en la Tabla N° 23 se aprecia una disminución del consumo de arena, en la medida que incrementa la presencia del sustituyente.

4.3.4.5. Consumo de barita en concreto convencional y con barita.

Tabla N° 24

Barita en kg por m³ de concreto por resistencia especificada

Resistencia especificada (kg/cm ²)	Concreto convencional	Barita como sustituyente de la arena en el concreto			
		Porcentaje			
		5%	40%	70%	100%
280	0	41	370	770	1195
240	0	45	392	807	1225
210	0	46	403	821	1252

Fuente: Elaboración Propia

Según lo indicado en el diseño de la investigación, se han realizado reemplazos de barita en el volumen absoluto de la arena que corresponde al concreto convencional, lo que arroja los resultados mostrados en la Tabla N° 24.

4.3.4.6. Consumo de piedra en concreto convencional y con barita.

Tabla N° 25

Piedra en kg por m³ de concreto por resistencia especificada

F u e	Resistencia especificada (kg/cm ²)	Concreto convencional	Barita como sustituyente de la arena en el concreto			
			Porcentaje			
			5%	40%	70%	100%
n	280	921	861	861	832	810
t	240	915	855	857	825	804
e	210	912	851	845	822	797

Fuente: elaboración propia

Se aprecia en la Tabla N° 25, que en todas las resistencias especificadas, el consumo de piedra del concreto convencional resulta mayor cuando se compara con el concreto donde la barita actúa como sustituyente de la arena, debido al elevado módulo de fineza de la barita, que la caracteriza como “arena gruesa”, requiriendo por tanto menor presencia de agregado grueso.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

6.1.1. Conclusión general

Las propiedades del concreto convencional y con barita en estado fresco, rígido y endurecido se diferencian de acuerdo al porcentaje de barita presente en la mezcla de concreto.

6.1.2. Conclusiones específicas

Se ha diseñado mezclas de concreto para resistencias a la compresión especificadas de 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm², de consistencia plástica, que cubren la mayoría de concretos normalmente fabricados en Perú

En el concreto fresco

De los resultados obtenidos se pudo concluir que el peso unitario del concreto aumenta a medida que aumenta el porcentaje de barita, a partir de un concreto con 70% de barita como sustituyente del agregado fino se puede considerar como un concreto pesado. También se pudo apreciar que la presencia de barita aumenta la trabajabilidad en la mezcla en estado fresco, mientras que el contenido de aire y la temperatura no presentan una variación significativa.

En el concreto en rigidez

Se comparó el tiempo de fraguado entre el concreto convencional y el concreto con barita 100% como sustituyente de arena, ambos para a/c de 0.5 y se determinó de acuerdo a los ensayos de tiempo de fraguado, que la barita no influye en esta propiedad ya que este tiempo depende del tipo de cemento y las condiciones climáticas.

En el concreto endurecido

Se compararon las propiedades entre el concreto convencional y con barita, curado y sin curado hasta el día de rotura (7, 14 y 28 días).

Se encontró que la resistencia a la compresión disminuye a medida que aumenta el porcentaje de barita hasta el 40 %, posteriormente la resistencia a la compresión aumenta para el porcentaje de barita 70% y disminuye nuevamente para el porcentaje de barita 100% como sustituyente del fino; además se concluye que la resistencia a la compresión para un concreto con barita curado, es mayor que para un concreto con barita sin curado.

De los ensayos de resistencia a la tracción se concluye que este no tiene un comportamiento lineal, es decir se comporta de manera distinta por cada porcentaje de barita donde la resistencia a la tracción a los 28 días para un concreto curado y sin curar varía levemente con relación al concreto convencional hasta un concreto con barita 40% posteriormente disminuye para el concreto con barita 70% y 100% habiendo una pequeña diferencia entre estas últimas se puede apreciar que la resistencia a la tracción para un concreto con barita curado es mayor que para un concreto con barita sin curado.

6.1.3. Comparativa con otro estudio

En la presente tesis se ha visto necesario realizar una comparativa con otro estudio similar, para dar a conocer de una forma más completa el comportamiento de la barita en el concreto.

La comparación se realiza con el estudio hecho por Khaled Saidani, Lasaad Ajam, Mongi Ben Ouezdou en el 2015, denominado ““barite powder as sand substitution in concrete: Effect on some mechanical properties””.

6.1.3.1. Comparativa 1 : Resistencia a la compresión

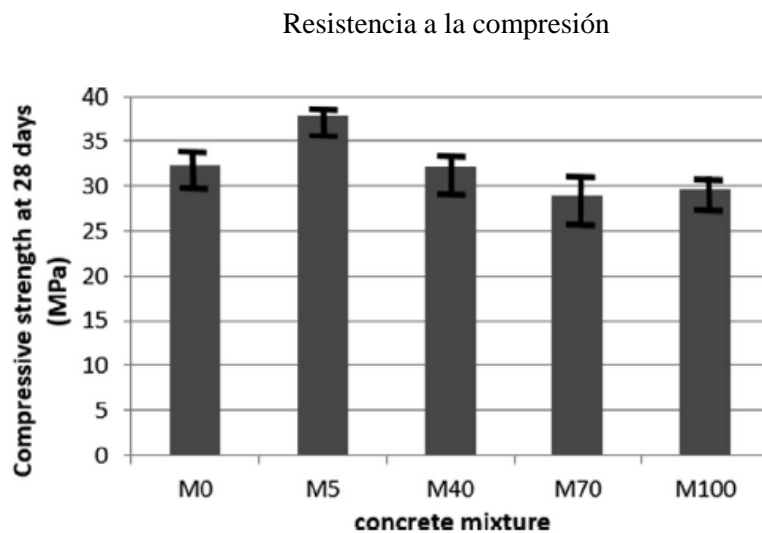


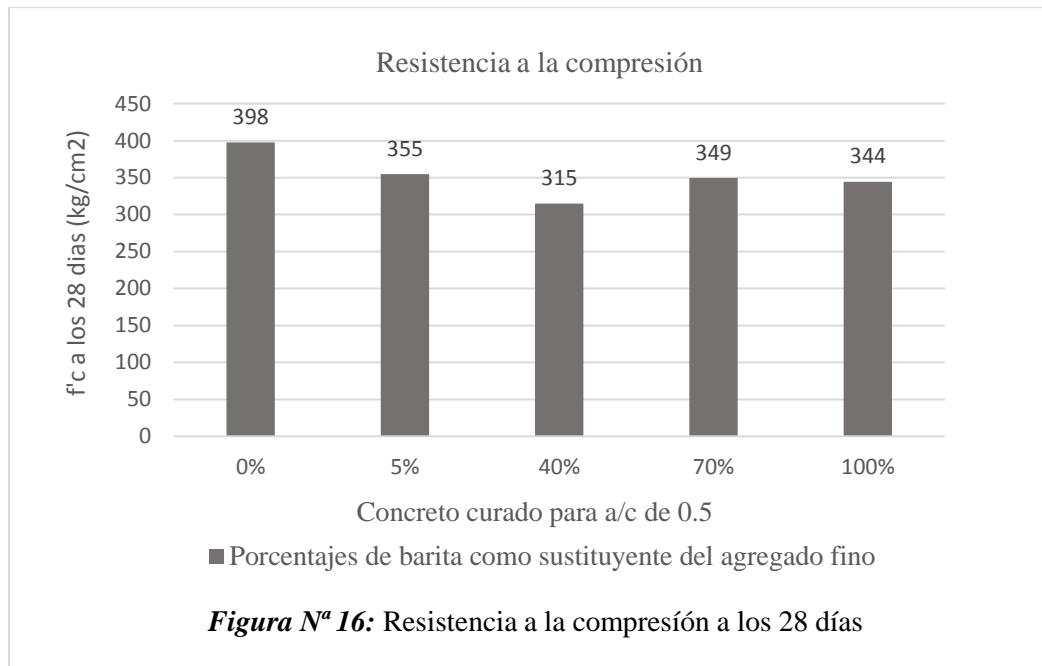
Figura N° 15: Resistencia a la compresión a los 28 días (MPa)

Fuente: Barite powder as sand substitution in concrete: Effect on some mechanical properties

Saidani, Ajam, & Ben Ouezdou (2015) afirma de la Figura N° 15 :

La resistencia a la compresión es máxima para la mezcla M5 donde hay un aumento del 17% en comparación con la muestra de referencia. Más allá de 5%, la resistencia a la compresión disminuye en sólo el 10% en comparación con M0. (p.290)

COMPARACIÓN ENTRE EL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL CONCRETO CON BARITA EN POLVO
COMO SUSTITUYENTE DEL AGREGADO FINO



Fuente: Elaboración propia

En el presente estudio, de la Figura N^o 16 se observa que la resistencia a la compresión es máxima para el concreto convencional y mínima para el concreto con barita 40%, habiéndose encontrado que para el concreto con barita 70% la resistencia a la compresión disminuye solo en 12 % con respecto al concreto convencional.

Conclusión: Como se puede apreciar en ambos estudios el comportamiento de la resistencia a la compresión no es lineal sino que presenta variaciones, estas se deben a la granulometría de los agregados y la barita, y a la forma como se densifican dentro del concreto.

6.1.3.2. Comparativa 2 : Resistencia a la tracción por compresión diametral

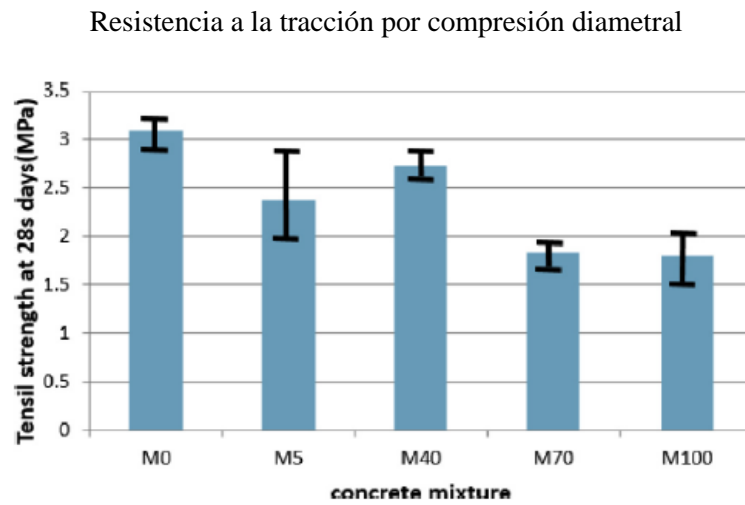


Figura N°17: Resistencia a la tracción a los 28 días (MPa)

Fuente: Barite powder as sand substitution in concrete: Effect on some mechanical properties

Saidani, Ajam, & Ben Ouezdou (2015) afirma de la Figura N° 17 :
La incorporación de la barita en el concreto provoca una reducción de la resistencia a la tracción de hasta 53%. Esta considerable disminución se explica por la friabilidad de barita.

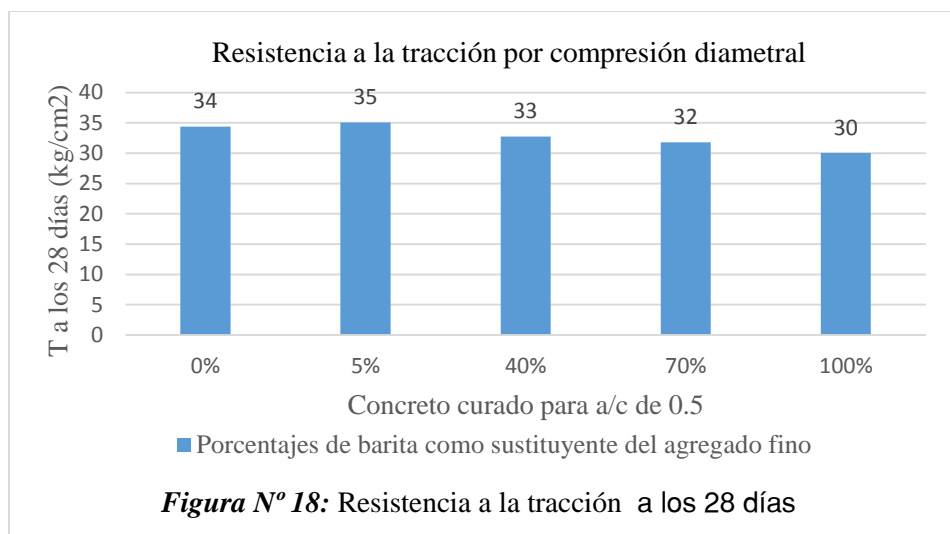


Figura N° 18: Resistencia a la tracción a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

En el presente estudio, de la Figura N° 18, se observa que la resistencia a la tracción para un concreto convencional y con barita varía levemente.

Conclusión: En ambos estudios se observa que la resistencia a la tracción no tiene un comportamiento lineal y se ve afectado por el porcentaje de barita.

6.2. Recomendaciones

Respecto a las propiedades de durabilidad del concreto con barita, sería útil analizar su comportamiento en determinadas condiciones. Así se podrían realizar estudios para analizar su reacción frente al ataque de sulfatos, cloruros y dióxido de carbono, además determinar la resistencia frente al fuego.

Teniendo como base los diseños de mezcla y conociendo el comportamiento de la barita como agregado fino en el concreto se recomienda para una investigación futura, determinar los espesores de concreto con barita requeridos frente a radiaciones.

REFERENCIA

- Akkurt, I., Altindag, R., Basyigit, S., & Kilincarslan, S. (2008). Efecto del porcentaje de barita en las propiedades físicas y mecánicas del concreto bajo el ciclo F-T. *Materials and Design*, 29, 1793–1795.
- Alayón Buitrago, Y. L., & Álvarez Briceño, E. J. (2008). *Caracterización de mezclas de concreto pesado elaboradas con mineral de hierro como agregado fino*. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Alvarez Paz, M. (2007). *Consideraciones de diseño en relación al hormigón pesado*. Tesis, Universidad de Politécnica Calaluña, Barcelona. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/4377>
- Asocreto. (2010). *Tecnología del concreto- Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas*. Colombia.
- Cementos Pacasmayo. (2 de 11 de 2015). *Cementos Pacasmayo S.A.A*. Obtenido de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/wp-content/uploads/2015/02/Tipo-V-Enero-2015.pdf>
- Comite ACI 305. (Marzo de 2007). Specification for Hot Weather Concreting. 1-8. U.S.A.
- Corporación Moctezuma. (2016). *Concretos Moctezuma*. Obtenido de Concretos Moctezuma:
<http://www.cmoctezuma.com.mx/concretos/producto/24/concreto-pesado.htm#.V1MMN9I97IU>
- Dirección General de Desarrollo Minero. (2013). *Perfil de Mercado de la Barita*. Mexico.
- Gobierno Regional de Lambayeque. (2008). *Especificaciones Técnicas de Arquitectura*. Expediente Técnico, Lambayeque.
- Gonzales Ortega, M., Cavalaro, S., & Aguado, A. (2015). Influencia de la friabilidad de la barita en el proceso de mezcla y propiedades mecánicas del concreto. *Construction and Building Materials*, 74, 169-175.
- Gonzales Robles, J. C. (2010). *Atenuación de los rayos x para diagnóstico empleando placas de concreto normal y pesado con baritina*. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima.
- Harmsen, T. E. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima, Perú: Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Instituto de Ingeniería UNAM. (1994). *Manual de tecnología del concreto*. Mexico, Mexico: Limusa Noriega Editores.

IPEN. (2005). *Informe Científico Tecnológico*. Científico, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Lima, Lima.

Montejo Fonseca, A., Montejo Piratova, F., & Montejo Piratova, A. (2013). *Tecnología y Patología del Concreto Armado* (Primera ed.). Bogotá, Bogotá, Colombia.

Prodexa. (2 de 11 de 2015). *Compañía Prodexa*. Obtenido de <http://www.prodexa.com.mx/barita.htm>

Saidani, K., Ajam, L., & Ben Ouezdou, M. (2015). Barita en polvo como sustitución de la arena en el concreto: Efecto sobre algunas propiedades mecánicas. *Construction and Building Materials*, 95, 287-295.