

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



**“EFECTO DE LA ADICIÓN DE CAL EN LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DE UN CONCRETO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

JUAN FRANCISCO PACCO MESCCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PROMOCION: 2008-II

PUNO – PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA

**“EFECTO DE LA ADICIÓN DE CAL EN LA RESISTENCIA A LA
 COMPRESIÓN DE UN CONCRETO”**

TESIS PRESENTADA POR:


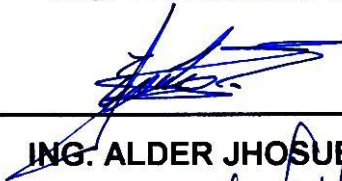
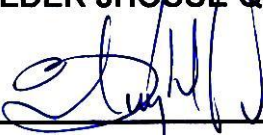

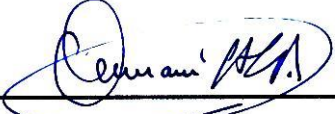
JUAN FRANCISCO PACCO MESCCO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 22 DE ENERO DEL 2016

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

| | | |
|--------------------------|---|---|
| PRESIDENTE | : |  _____ ING. VALERIANO CONDORI APAZA |
| PRIMER MIEMBRO | : |  _____ ING. ALDER JHOSUE QUISPE PANCA |
| SEGUNDO MIEMBRO | : |  _____ ING. VICTOR RAUL BANEGAS LAYME |
| DIRECTOR DE TESIS | : |  _____ ING. ARTURO JOELS VENTURA MAMANI |
| ASESOR | : |  _____ ING. M.SC. LUIS ALBERTO MAMANI HUANCA |

PUNO – PERÚ

Área: Ciencias Sociales

Tema: Gestión y Gerencia de Vías

2016

DEDICATORIA

A LA MEMORIA DE MI SEÑOR. PADRE REYMUNDO PACCO, CON INMENSO CARIÑO, que en paz descanse; a mi Sra. Madre NATY, quien con amor y abnegación me enrubó mi vida hacia mi formación profesional.

Con mucho cariño y amor a mi esposa Nery Edita Torres; y a mi hijo Waizu Amaru Duarte quienes, con su alegría y amor, me dieron valor moral y psicológico, para la realización del presente trabajo de investigación.

*UN APRECIO FRATERNAL;
A mis hermanos: Geronima, Carmen, Felipe, Richart, Marco y Jhon, por sus alientos en los momentos más difíciles, durante mis estudios, así como en la culminación de la elaboración del presente proyecto.*

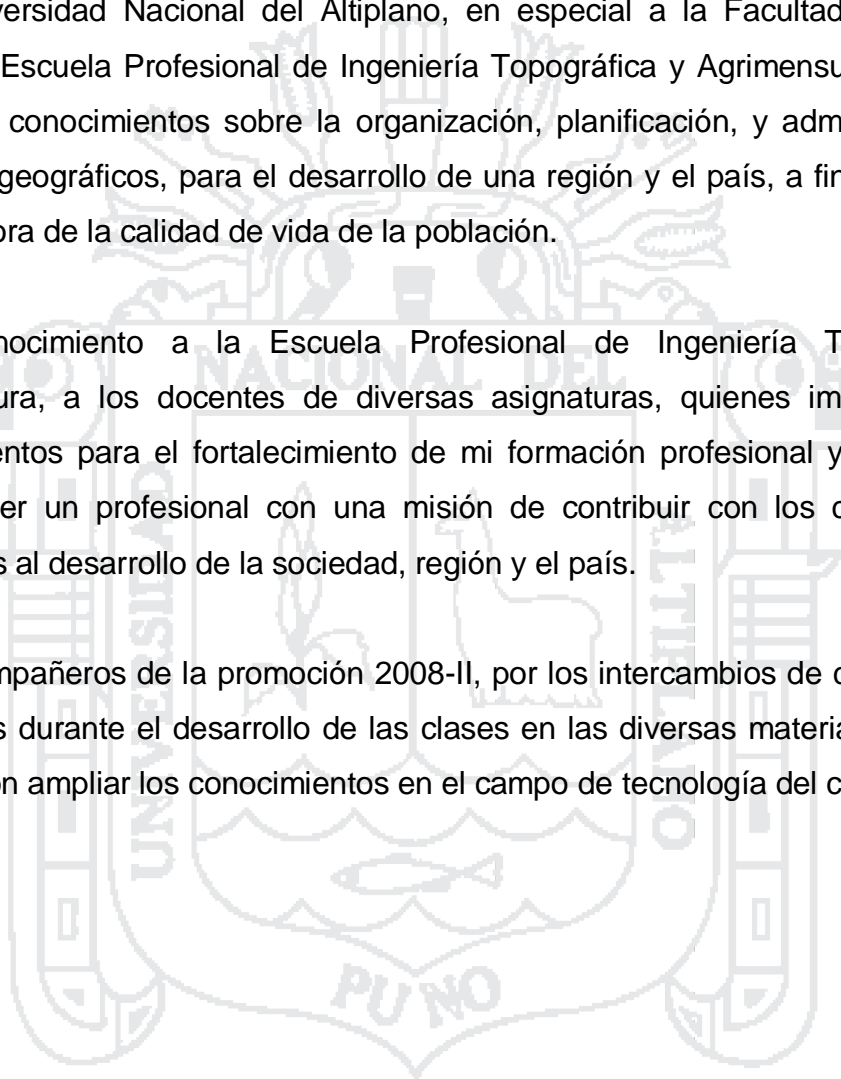
Juan Francisco

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, desde allí partió los conocimientos sobre la organización, planificación, y administración de espacios geográficos, para el desarrollo de una región y el país, a fin de contribuir en la mejora de la calidad de vida de la población.

Un reconocimiento a la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y agrimensura, a los docentes de diversas asignaturas, quienes impartieron sus conocimientos para el fortalecimiento de mi formación profesional y que hoy me permite ser un profesional con una misión de contribuir con los conocimientos adquiridos al desarrollo de la sociedad, región y el país.

A mis compañeros de la promoción 2008-II, por los intercambios de conocimientos impartidos durante el desarrollo de las clases en las diversas materias, lo que me permitieron ampliar los conocimientos en el campo de tecnología del concreto.



ÍNDICE

Pág.

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 11 |
| ABSTRACT | 12 |
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| CAPÍTULO I | |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 15 |
| 1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 16 |
| 1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO..... | 19 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL..... | 19 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | 19 |
| CAPÍTULO II | |
| MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN | |
| 2.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL | 20 |
| 2.1.1. MINERAL CAL | 20 |
| 2.1.2. APLICACIONES DE LA CAL VIVA..... | 21 |
| 2.1.3. EL CONCRETO | 21 |
| 2.1.4. COMPONENTES DEL CONCRETO | 22 |
| 2.1.5. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO FRESCO | 23 |
| 2.1.6. REOLOGÍA..... | 24 |
| 2.1.7. TRABAJABILIDAD | 24 |
| 2.1.8. CONO DE ABRAMS..... | 25 |
| 2.1.9. RETRACCIÓN..... | 26 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.1.10. | AGREGADOS | 26 |
| 2.1.11. | NIVELES DE CALIDAD | 27 |
| 2.1.12. | CLASIFICACIÓN | 27 |
| 2.1.13. | REQUISITOS DE CALIDAD | 28 |
| 2.1.14. | GRANULOMETRÍA | 28 |
| 2.1.15. | TAMAÑO MÁXIMO..... | 29 |
| 2.1.16. | SEGREGACIÓN..... | 30 |
| 2.1.17. | MÓDULO DE FINURA..... | 31 |
| 2.1.18. | IMPUREZAS | 31 |
| 2.1.19. | PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN..... | 31 |
| 2.1.20. | HUMEDAD | 31 |
| 2.1.21. | EL CEMENTO | 32 |
| 2.1.22. | CLASIFICACIÓN. TIPOS DE CEMENTOS..... | 32 |
| 2.1.23. | CEMENTO PORTLAND CON ADICIONES..... | 33 |
| 2.1.24. | CALIDAD DEL CEMENTO | 34 |
| 2.1.25. | TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO | 34 |
| 2.1.26. | RESISTENCIAS MECÁNICAS | 35 |
| 2.1.27. | FINURA..... | 35 |
| 2.1.28. | AGUA PARA CONCRETO | 36 |
| 2.1.29. | AGUA DE MEZCLADO..... | 37 |
| 2.1.30. | AGUA DE CURADO..... | 38 |
| 2.1.31. | DISEÑO DE MEZCLAS..... | 38 |
| 2.1.32. | PREPARACIÓN Y MEZCLADO DEL CONCRETO | 39 |
| 2.1.33. | MANEJO DEL CONCRETO | 40 |
| 2.1.34. | TRANSPORTE | 41 |
| 2.1.35. | COLOCACIÓN O VACIADO..... | 41 |
| 2.1.36. | COMPACTACIÓN | 42 |

| | | |
|-----------|----------------------------------|----|
| 2.1.37. | CURADO..... | 42 |
| 2.1.38. | DESENCOFRADO | 42 |
| 2.1.39. | CONCRETO ENDURECIDO | 43 |
| 2.1.39.1. | PESO UNITARIO | 43 |
| 2.1.39.2. | RESISTENCIAS MECÁNICAS | 43 |
| 2.1.39.3. | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN..... | 44 |
| 2.2. | HIPÓTESIS | 44 |
| 2.2.1. | GENERAL | 44 |
| 2.2.2. | ESPECIFICO..... | 44 |

CAPÍTULO III
MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

| | | |
|--------|--|----|
| 3.1. | METODOLOGÍA DEL TRABAJO..... | 45 |
| 3.1.1. | MÉTODO DEL ACI PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS | 45 |
| 3.1.2. | ENSAYOS A REALIZARSE EN EL CONCRETO FRESCO..... | 46 |
| 3.1.3. | ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO..... | 46 |
| 3.1.4. | CURADO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO | 46 |
| 3.1.5. | ENSAYOS REALIZADOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO..... | 47 |
| 3.2. | TIPO DE INVESTIGACIÓN | 47 |
| 3.3. | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 47 |
| 3.3.1. | TIPO DE INVESTIGACIÓN | 47 |
| 3.3.2. | NIVEL DE INVESTIGACIÓN | 47 |
| 3.3.3. | MÉTODO DE INVESTIGACIÓN | 47 |
| 3.4. | POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 48 |
| 3.4.1. | POBLACIÓN | 48 |
| 3.4.2. | MUESTRA..... | 48 |
| 3.5. | VARIABLES DE ANÁLISIS..... | 48 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.5.1. | VARIABLES INDEPENDIENTE (X) | 48 |
| 3.5.2. | VARIABLE DEPENDIENTE (Y) | 48 |
| 3.5.3. | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 48 |
| 3.6. | TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 49 |
| 3.6.1. | MATERIALES E INSTRUMENTOS | 49 |
| 3.6.2. | EQUIPOS DE INGENIERÍA..... | 50 |
| 3.7. | TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE DATOS | 50 |
| 3.8. | TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS..... | 50 |

CAPÍTULO IV

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

| | | |
|--------|--|----|
| 4.1. | ÁMBITO DE ESTUDIO | 52 |
| 4.1.1. | UBICACIÓN POLÍTICA | 53 |
| 4.1.2. | UBICACIÓN GEOGRÁFICA..... | 53 |
| 4.1.3. | CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA EN ESTUDIO | 53 |
| 4.2. | RECURSOS..... | 53 |
| 4.2.1. | RECURSOS HUMANOS..... | 54 |
| 4.3. | RECURSOS FINANCIEROS..... | 54 |

CAPÍTULO V

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

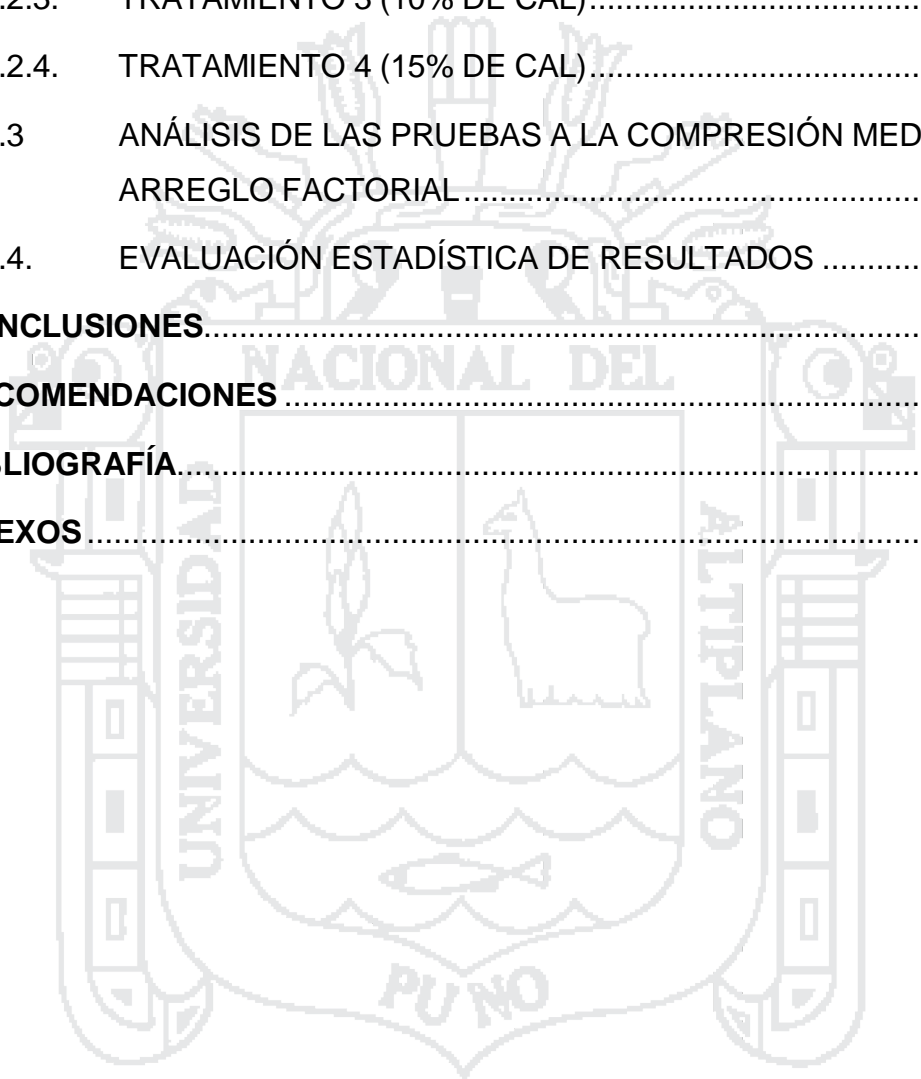
| | | |
|--------|---|----|
| 5.1. | CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO..... | 55 |
| 5.2. | DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... | 55 |
| 5.2.1. | DATOS GENERALES | 55 |
| 5.3. | MATERIALES EMPLEADOS..... | 56 |
| 5.4. | HERRAMIENTAS EMPLEADAS | 60 |

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

| | | |
|------|---------------------------------------|----|
| 6.1. | PROPORCIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA | 62 |
|------|---------------------------------------|----|

| | | |
|------------------------------|---|----|
| 6.2. | RESISTENCIA DEL CONCRETO A DIFERENTES PROPORCIONES DE CAL | 64 |
| 6.2.1. | TRATAMIENTO 1 (0% DE CAL)..... | 65 |
| 6.2.2. | TRATAMIENTO 2 (5% DE CAL)..... | 66 |
| 6.2.3. | TRATAMIENTO 3 (10% DE CAL)..... | 67 |
| 6.2.4. | TRATAMIENTO 4 (15% DE CAL)..... | 68 |
| 6.3 | ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS A LA COMPRESIÓN MEDIANTE EL ARREGLO FACTORIAL..... | 69 |
| 6.4. | EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE RESULTADOS | 71 |
| CONCLUSIONES | | 76 |
| RECOMENDACIONES | | 77 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 78 |
| ANEXOS | | 79 |

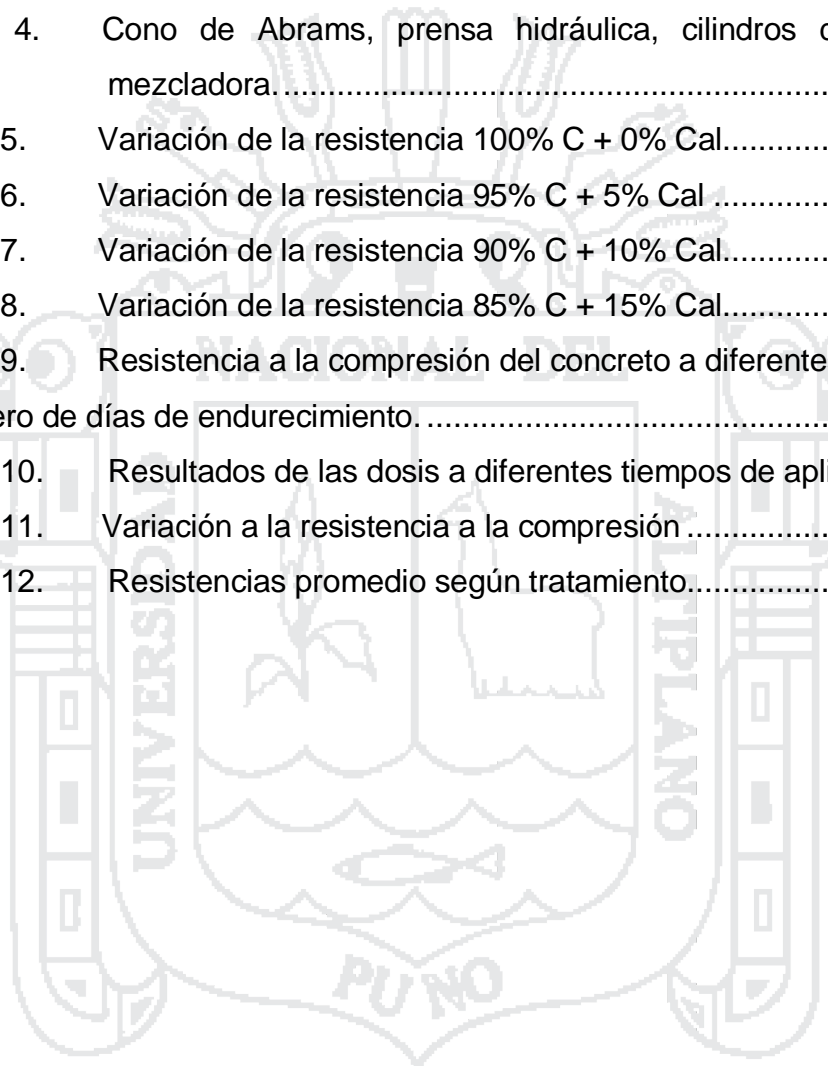


INDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Cantidades Admisibles máximos de sustancia de agua en el concreto..... | 36 |
| Tabla 2. Recursos financieros utilizados en la investigación. | 54 |
| Tabla 3. Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados del río Cutimbo..... | 58 |
| Tabla 4. Pesos específicos de los agregados del río Cutimbo..... | 58 |
| Tabla 5. Peso unitario suelto de los agregados del río Cutimbo. | 59 |
| Tabla 6. Cantidad de probetas utilizadas en los ensayos | 60 |
| Tabla 7. La proporción de mezcla en volumen para un $f'c = 210 \text{ kg. /cm}^2$...64 | 64 |
| Tabla 8. La proporción en peso de los componentes del concreto: | 64 |
| Tabla 9. Concreto adicionado con un 5.00 % de Cal..... | 64 |
| Tabla 10. Concreto adicionado con un 10.00 % de Cal..... | 64 |
| Tabla 11. Concreto adicionado con un 15.00 % de Cal..... | 64 |
| Tabla 12. Valores de resistencia para un concreto normal (T1). | 65 |
| Tabla 13. Valores de resistencia para un concreto normal (T2). | 66 |
| Tabla 14. Valores de resistencia para un concreto normal (T3). | 67 |
| Tabla 15. Valores de resistencia para un concreto normal (T4). | 68 |
| Tabla 16. Resultados de las pruebas a la compresión de concreto y para diferentes dosis de cal | 69 |
| Tabla 17. Resultados promedios de los diferentes tratamientos | 71 |
| Tabla 18. Resumen de tratamientos | 72 |
| Tabla 19. Análisis de varianza. | 72 |
| Tabla 20. Resumen de Resultados a la compresión axial, según tratamientos. 73 | |
| Tabla 21. Rangos estandarizados significativos mínimos. | 73 |
| Tabla 22. Diferencia de promedios de grupos..... | 74 |

INDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Cono de Abrahams | 25 |
| Figura 2. Diagrama de uso del concreto | 40 |
| Figura 3. Vista Aérea de la ciudad de Puno. | 52 |
| Figura 4. Cono de Abrams, prensa hidráulica, cilindros de concreto y mezcladora..... | 61 |
| Figura 5. Variación de la resistencia 100% C + 0% Cal..... | 66 |
| Figura 6. Variación de la resistencia 95% C + 5% Cal | 67 |
| Figura 7. Variación de la resistencia 90% C + 10% Cal..... | 68 |
| Figura 8. Variación de la resistencia 85% C + 15% Cal..... | 69 |
| Figura 9. Resistencia a la compresión del concreto a diferentes dosis de Cal y número de días de endurecimiento..... | 70 |
| Figura 10. Resultados de las dosis a diferentes tiempos de aplicación. | 71 |
| Figura 11. Variación a la resistencia a la compresión | 74 |
| Figura 12. Resistencias promedio según tratamiento..... | 75 |



RESUMEN

La presente investigación denominado “EFECTO DE LA ADICIÓN DE CAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO”, se encuentra ubicada en la ciudad, distrito, provincia y departamento de Puno. El uso de la Cal como adición al concreto, suscita interrogantes, cuyas respuestas permiten conocer consecuencias, como: el ahorro económico que supone la reducción del empleo de cemento y los cambios estructurales motivados por la adición. Sin embargo, la importancia relativa de los cambios de composición y microestructurales en las propiedades mecánicas y la durabilidad del material no están completamente claras. Este trabajo estudia la influencia de la Cal y las propiedades del cemento en el comportamiento mecánico y resistencia de los concretos. Se propone estudiar el uso de la Cal como sustituto parcial del cemento en distintas proporciones. Por un lado, se investigará la influencia Cal en las propiedades de concreto y la proporción óptima en diseño de mezclas, y su influencia al concreto fresco y en su resistencia al concreto endurecido empleando diferentes proporciones de Cal para los concretos estructurales, determinado así el diseño de mezcla adecuado, su resistencia y variación de consistencia en el concreto fresco y endurecido. La metodología a emplearse es el método del ACI para el diseño de mezclas, ensayos de Cono de Abrams para el concreto fresco, ensayo de probetas cilíndricas de concreto endurecido usando diferentes proporciones de Cal, y el diseño estadístico diseño completamente al azar para las comparaciones. Con este proyecto de investigación se pretende conocer la proporción óptima y adecuada de Cal adicionado en la elaboración de los concretos y diseño de mezclas en el distrito, provincia y departamento de Puno.

ABSTRACT

The present investigation called "EFFECT OF CAL ADDITION ON RESISTANCE TO COMPRESSION OF A CONCRETE", is located in the city, district, province and department of Puno. The use of lime as an addition to concrete raises questions, whose answers allow us to know the consequences, such as: the economic savings of reducing cement employment and the structural changes caused by the addition. However, the relative importance of compositional and microstructural changes in the mechanical properties and durability of the material are not completely clear. This work studies the influence of lime and cement properties on the mechanical behavior and strength of concretes. It is proposed to study the use of lime as a partial substitute for cement in different proportions. On the one hand, it will be investigated the influence Cal in the concrete properties and the optimum proportion in design of mixtures, and its influence on the fresh concrete and its resistance to the hardened concrete using different proportions of Cal for the structural concretes, thus determined the design of suitable mix, its strength and consistency variation in the fresh and hardened concrete. The methodology to be used is the ACI method for the design of mixtures, Abrams Cone tests for fresh concrete, test of cylindrical specimens of hardened concrete using different proportions of Cal, and the statistical design completely randomized design for comparisons. With this research project we intend to know the optimal and adequate proportion of Cal added in the elaboration of concretes and design of mixtures in the district, province and department of Puno.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se han realizado esfuerzos para mejorar la calidad y la durabilidad de los concretos aminorando al mismo tiempo los costos de producción. Es conocido que la adición de diferentes minerales puede contribuir a mejorar las características de los concretos. Entre estas se destaca el cambio de resistencia del concreto. La reducción de la dosis de cemento en las mezclas de hormigón abarata los costos del material, disminuye la contaminación asociada a la producción de cemento.

Desde el punto de vista económico, la vida útil de las infraestructuras se encuentra limitada por el deterioro de los materiales de construcción, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta. La penetración del agua y de las sustancias disueltas en ésta, pueden causar el deterioro del concreto armado. La durabilidad de los concretos dependerá en gran medida de la capacidad del mismo para resistir estos ataques.

La mayoría de los procesos químicos y físicos que influyen en la durabilidad de las estructuras de concreto, están condicionados por el transporte a través de los poros y las grietas. La variedad de composición química y propiedades físicas de la Cal hace difícil predecir de forma general la modificación de las características de los concretos. Por esta razón, el Instituto Americano del Concreto (ACI por sus siglas en inglés) recomienda el análisis de los concretos adicionados y la realización de ensayos de caracterización de los concretos con adición de Cal.

En la actualidad la incorporación de componentes como Cal, está condicionada por el tipo de cemento disponible en el mercado, en vez de condicionar el tipo de cemento a la Cal. Esto resulta en especificaciones diseñadas para que la Cal se ajuste a los cementos que están disponibles en el mercado. Para explotar adecuadamente la cal que provee la industria, el

cemento debería ser formulado para optimizar la actuación de la combinación en términos de consistencia, resistencia y durabilidad de los concretos.

Es evidente la necesidad de más investigaciones que exploren el alcance real de la incorporación de Cal en el concreto. La influencia de la composición y propiedades físicas de los cementos en la durabilidad de los concretos con Cal no está bien definida.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Tecnología del Concreto a nivel mundial ha venido ligada a la historia del cemento y al desarrollo de la Ingeniería, en el Perú sucede algo similar. Como consecuencia del uso masivo del concreto, debido a ello, el costo del cemento y materiales que componen el concreto constituyen como el de mayor incidencia de afectación en los presupuestos de obras.

Además, las estructuras en la que se aplica el concreto, constantemente están expuestas a deterioros importantes ya sean estas debido a la exposición a la intemperie o exposición a condiciones extremas, una característica importante por la que se usa el concreto es su buena resistencia a la compresión.

En muchas partidas de presupuestos de obras, se necesitan concretos de resistencia normal, en las cuales habría la posibilidad de agregar contenidos de cal para aminorar costos; sin embargo, el efecto de agregar este mineral en el concreto no es conocido en la región Puno, siendo necesario verificar la influencia de esta adición en la resistencia a la compresión del concreto mezclado con cal.

Es conocido también, que la cal, como mineral de bajos costo, se encuentra con relativa facilidad en la Región Puno, la cual sería utilizado para ser adicionado de forma controlada al concreto fresco normal; sin embargo, no existe un estudio de investigación que permita conocer los efectos de esta adición en el concreto fresco, igualmente no se conoce los efectos de esta adición en la resistencia a la compresión del concreto.

Mediante el presente trabajo se plantea una alternativa de uso de la cal en la fabricación o elaboración de concretos de una resistencia adecuada y a un costo más económico con la reducción del cemento.

Teniendo en cuenta éstos antecedentes se ha planteado las siguientes preguntas de investigación:

GENERAL:

- ¿Cómo influye en la resistencia a la compresión del concreto la adición de diferentes proporciones de cal?

ESPECÍFICOS:

- ¿Cuál será la proporción óptima de cal en el diseño de mezcla del concreto estructural?
- ¿Cómo influirá la adición de cal en diferentes proporciones, en la resistencia del concreto endurecido?

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La adición de materiales al concreto normal se han conocido desde tiempos remotos, un ejemplo de ello es el uso de fibras vegetales en la antigüedad, como la paja, para incrementar la resistencia de los ladrillos del adobe.

Los materiales compuestos son diversos, y existen materiales de uso común que se pueden considerar como compuestos como son por ejemplo el ladrillo, concreto, madera, y también están los modernos compuestos sintéticos que existen en el mercado, como son los plásticos reforzados. Las características de ligereza, fuerza y rigidez son las que determinan el que sean elegidos para un uso en específico. Tales propiedades son las que los sitúan dentro del grupo de materiales compuestos de alto desempeño, y por lo general se componen de fibras de carbono y resinas epóxicas, entre otros. Las propiedades que se busca obtener en los materiales compuestos y definen el uso que se les dará son la densidad (baja), rigidez, y resistencia (a esfuerzos).

La adición de materias primas alternativas al concreto normal ha sido motivo de diversas investigaciones, seguidamente se hace un resumen de los resultados obtenidos.

En su investigación de concreto adicionado, (Fuentes, 2008), en una de sus conclusiones de su investigación manifiesta que: La relación entre la resistencia a la compresión y los días de curado fue ascendente, mientras que respecto al porcentaje de zeolita presente en la mezcla mostró que hasta el 15% aproximadamente presentó un incremento en la resistencia a la compresión, por tanto del hecho que la zeolita posea menor calor de hidratación no necesariamente a mayor cantidad de zeolita existirá una mayor resistencia a la compresión, referido a un curado al aire.

Respecto al tratamiento del mortero en obra, (Chur, 2010), en una de sus recomendaciones indica que: La aplicación de morteros de acabados continúa siendo a mano y es ésta una de las variables que más incide en su comportamiento final. Se recomienda implementar las medidas de control de calidad adecuadas para asegurar su desempeño.

Por su parte, (Madrid, 2014), en sus conclusiones de su investigación manifiesta en sus conclusiones que:

- Se ha corroborado la relación existente entre la velocidad de reacción y la temperatura máxima alcanzada durante el proceso de hidratación. A medida que la reacción se hace más exotérmica genera más expansión en el material.
- Al aumentar el contenido de cal, aumenta el calor liberado y por lo tanto aumenta la velocidad de reacción, respecto a la obtenida con la muestra patrón. En consecuencia, a esto se produce un aumento en la expansión final alcanzada.
- Al aumentar la relación agua cemento disminuye el calor de hidratación y la velocidad de reacción de los procesos. Adicionalmente la expansión final disminuye, debido a la existencia de mayor contenido de vacíos que colaboran en la disipación de las tensiones producidas durante el fraguado de la mezcla.

Respecto a la adición del mineral Níquel en el concreto, (Arnal, 2014) en una de sus conclusiones manifiesta: Al someter las probetas de concreto al ensayo de Esclerometría, se concluye que a medida que se sustituye la arena por escoria de Níquel va disminuyendo el índice esclerométrico respecto a la mezcla patrón, que nos permite determinar la dureza superficial del concreto, con la que se puede inferir el comportamiento de la resistencia mecánica del concreto. Estas condiciones se atribuyen a la creación interna y superficial de estructuras de poros.

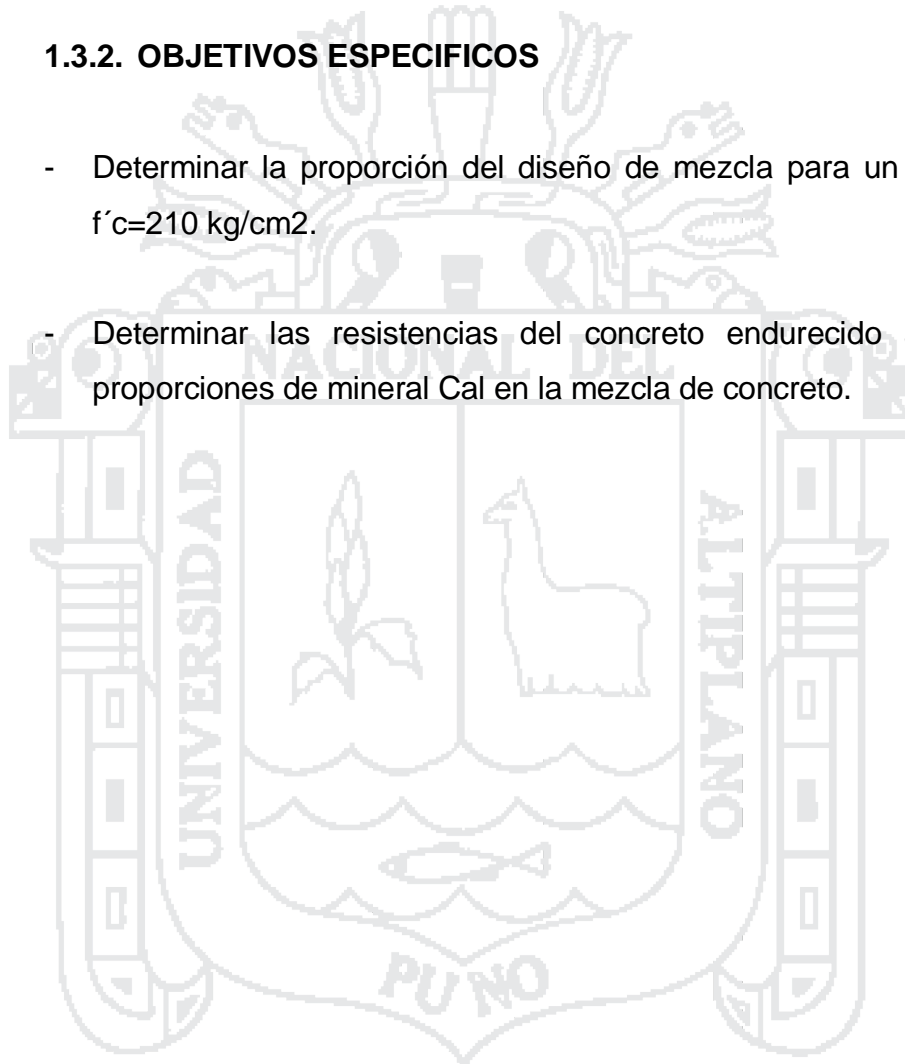
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la influencia del mineral Cal en la producción de concretos.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la proporción del diseño de mezcla para un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- Determinar las resistencias del concreto endurecido a diferentes proporciones de mineral Cal en la mezcla de concreto.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1.1. MINERAL CAL

La cal es un término que designa todas las formas físicas en las que pueden aparecer el óxido de calcio (CaO) y el óxido de calcio y magnesio (CaMgO_2), denominados también, cal viva (o generalmente cal) y dolomía calcinada respectivamente. Estos productos se obtienen como resultado de la calcinación de las rocas (calizas o dolomías). Adicionalmente, existe la posibilidad de añadir agua a la cal viva y a la dolomía calcinada obteniendo productos hidratados denominados comúnmente cal apagada ó hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y dolomía hidratada ($\text{CaMg}(\text{OH})_4$).

Otras denominaciones de la cal viva son las siguientes: Cal, Cal aérea, Cal de construcción, Cal química, Cal de albañilería y Cal fundente.

La cal se ha usado, desde la más remota antigüedad, de conglomerante en la construcción; también para pintar (encalar) muros y fachadas de los edificios construidos con adobes o tapial (habitual en las antiguas viviendas mediterráneas) o en la fabricación de fuego griego.

2.1.2. APLICACIONES DE LA CAL VIVA

La cal es uno de los productos más conocidos desde la antigüedad y con más aplicaciones diversas. Así en la construcción de infraestructura se utiliza en la estabilización de suelos: para secar suelos húmedos, descongelar los suelos helados y mejorar las propiedades de los suelos arcillosos. Además, en las edificaciones se utiliza en la fabricación de prefabricados de cal: Hormigón celular ó aireado, ladrillos silicocalcáreos y bloques de tierra comprimida.

2.1.3. EL CONCRETO

El concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción. (Pesquel, 1998)

De esta definición se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original.

En consecuencia, para poder dominar el uso de este material, hay que conocer no sólo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componentes y su interrelación, ya que son en primera instancia los que le confieren su particularidad.

Como cualquier material, se contrae al bajar la temperatura, se dilata si ésta aumenta, se ve afectado por sustancias agresivas y se rompe si es sometido a esfuerzos que superan sus posibilidades, por lo que responde perfectamente a las leyes físicas y químicas. Luego pues, la explicación a sus diversos comportamientos siempre responde a alguna de estas leyes; y la no obtención de los resultados esperados, se debe al desconocimiento de la

manera cómo actúan en el material, lo que constituye la utilización artesanal del mismo (por lo que el barco de la práctica sin el timón de la ciencia nos lleva a rumbos que no podemos predecir) o porque durante su empleo no se respetaron o se obviaron las consideraciones técnicas que nos da el conocimiento científico sobre él. (Pesquel, 1998, p. 11)

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. (Rivva, 2000)

La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de éste.

El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida.

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto. (Rivva, 2000 p.8)

2.1.4. COMPONENTES DEL CONCRETO

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaño de partícula que pueden llegar hasta 10 mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El

tamaño máximo del agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

Cemento: Los cementos hidráulicos son aquellos que tienen la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, porque reaccionan químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes.

Agua: Es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que estas desarrollen sus propiedades aglutinantes.

Agregados: Los agregados para concreto pueden ser definidos como aquellos materiales inertes que poseen una resistencia propia suficiente que no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico y que garantizan una adherencia con la pasta de cemento endurecida.

Aditivos: Se utilizan como ingredientes del concreto y, se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades para que sea más adecuada a las condiciones de trabajo o para reducir los costos de producción.

2.1.5. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO FRESCO

Se denomina “concreto fresco” al material mientras permanece en estado fluido, es decir desde el momento cuando todos los componentes son mezclados hasta que se inicia el asentamiento de la masa (período plástico). En ese lapso el concreto es transportado, encofrado y luego compactado manualmente o por vibración.

Son muchas las propiedades del concreto que interesan y pueden ser críticas. No sólo por su relación con el manejo del concreto en estado húmedo, sino porque pueden servir como señal anticipada de las propiedades que pueda tener el material al endurecer posteriormente. Indicios de algún comportamiento atípico en este estado inicial, avisa en muchos casos que en estado de

endurecimiento también puede ser impropia su calidad. En ese momento temprano y antes de completarse los vaciados del material, es cuando se deben ejecutar las correcciones. El comportamiento del concreto fresco depende de: sus componentes, de las características del mezclado, de su diseño, del medio ambiente circundante y de las condiciones de trabajo.

2.1.6. REOLOGÍA

Bajo el término “reología del concreto” se agrupa el conjunto de características de la mezcla fresca que posibilitan su manejo y posterior compactación. Desde el punto de vista físico, estas características dependen de las variaciones de la viscosidad y de la tixotropía de la mezcla a lo largo del tiempo. En la práctica se define la reología del concreto con base en tres características: Fluidez, Compactibilidad y Estabilidad a la segregación.

2.1.7. TRABAJABILIDAD

En la tecnología del concreto la palabra “trabajabilidad” se emplea con dos acepciones distintas. Una, general, con la cual se designa al conjunto de propiedades del concreto que permiten manejarlo sin que se produzca segregación, colocarlo en los moldes y compactarlo adecuadamente. La otra acepción es específica para designar el asentamiento medido por el procedimiento normalizado del Cono de Abrams. Esta segunda acepción es discutible porque, en realidad, el ensayo es sólo parcialmente representativo del conjunto de propiedades referidas.

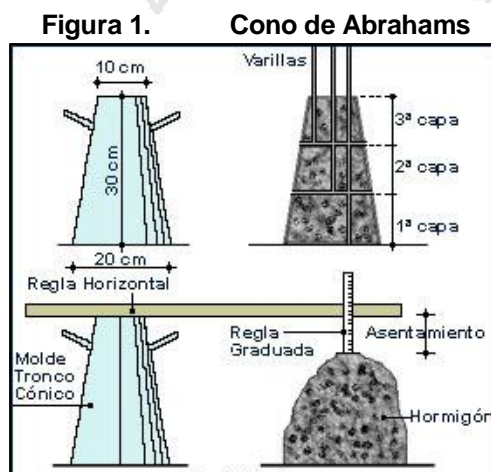
Desde hace algún tiempo, estudiosos de la materia señalan la conveniencia de diferenciar con mayor claridad los conceptos relativos a: i) la plasticidad en sí de la mezcla (docilidad, consistencia) y, ii) la facilidad de usarla (trabajabilidad, colocabilidad). Se requieren métodos de ensayos que permitan medir dichas características, pero, hasta el momento no se ha logrado con suficiente éxito. Por ejemplo, el Plasticímetro LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées), y el Medidor CES (Centre d'Essais des Structures). Ante

estas opciones, el método del Cono de Abrams sigue teniendo bastante aplicación pues, aun cuando no revela específicamente ciertas propiedades reológicas de la mezcla, el uso de la información que ofrece ha permitido la toma de decisiones acertadas.

2.1.8. CONO DE ABRAMS

En la preparación de la mezcla de concreto es muy importante que la combinación cemento/áridos y su relación con el agua, sean las adecuadas para lograr las propiedades fundamentales de la mezcla fresca primero (consistencia) y endurecida luego (resistencia). El molde en forma de cono truncado se llena con la mezcla en 3 capas de la misma altura, compactando con 25 golpes de varilla por vez, acto seguido se levanta el molde y se mide cuanto ha descendido la mezcla en el punto central. El valor obtenido, es la medida de la consistencia de la mezcla. Se la denomina también asentamiento, puede variar entre 2 y 18 cm, según sea el tipo de estructura y los procedimientos de encofrado, colocación y compactación.

El Método de ensayo para la medición del asentamiento con el Cono de Abrams” y ASTM C143, contempla el método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto fresco (en las obras y en el laboratorio), mediante el uso del Cono de Abrams. El rango de asentamiento adecuado para aplicar el método va desde $\frac{1}{2}$ ” (15 mm) a 8” (203 mm), No es aplicable para mezclas donde existan cantidades considerables de agregados mayores de $1\frac{1}{2}$ ” (3,75cm).



2.1.9. RETRACCIÓN

La retracción es la disminución del volumen del concreto durante el proceso de fraguado del mismo, y se produce por la pérdida de agua (debida a evaporación). Dicha pérdida de volumen genera tensiones internas de tracción que dan lugar a las fisuras de retracción. Dependiendo de la cantidad de finos, de la cantidad de cemento, del tipo de cemento, de la dosificación agua-cemento, del espesor de la pieza, y de la temperatura ambiental, la retracción puede ser mayor o menor, dando lugar a fisuras e incluso grietas.

Los métodos de cálculo para conocer la retracción se realizan en función del tiempo desde el vaciado del concreto, y depende básicamente de tres coeficientes: del coeficiente de la humedad ambiental, del coeficiente del espesor de la pieza y del coeficiente de la evolución de la retracción en el tiempo. Puede afirmarse que a mayor resistencia del concreto mayor va a ser la retracción que se produzca; que el concreto en masa retrae más que el concreto armado; que a mayor temperatura ambiental también será mayor la retracción; que la retracción crecerá cuanto menor sea el espesor de la pieza hormigonada, y que cuanto mayor sea la superficie del elemento habrá más retracción.

2.1.10. AGREGADOS

También denominados áridos o inertes, son fragmentos o granos, usualmente pétreos, cuyas finalidades específicas son abaratar la mezcla y dotarla de ciertas características favorables, entre las cuales se destaca la disminución de la retracción de fraguado o retracción plástica.

Los agregados constituyen la mayor parte de la masa del concreto, ya que alcanzan a representar entre el 70% y el 85% de su peso, razón por la cual sus propiedades resultan tan importantes para la calidad final de la mezcla. De igual manera las características de los agregados deberán ser aquellas que beneficien el desarrollo de la trabajabilidad, las exigencias del contenido de cemento, la

adherencia con la pasta y el desarrollo de las resistencias mecánicas. (Rivera, 2009)

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto.

Un adecuado conocimiento de la naturaleza física y química del concreto, así como del comportamiento de éste, implica necesariamente el de los materiales que conforman la corteza terrestre, estudiados a la luz de la geología y, específicamente, de la petrología. (Rivva, 2000, p. 16)

2.1.11. NIVELES DE CALIDAD

Las especificaciones normativas establecen límites para ciertas características de los agregados que, si no se respetan, pueden producir graves problemas en la calidad del concreto. Para mezclas de características especiales pueden requerirse que algunos límites de calidad de los agregados sean más estrictos que los normativos, por ejemplo: el desgaste, el cociente de forma, el contenido de ultra fino y otros. Parece haber una tendencia a solicitar concretos con niveles de exigencia cada vez más altos, lo cual plantea la necesidad de analizar la calidad de los agregados con mayor detenimiento.

2.1.12. CLASIFICACIÓN

El agregado empleado en la preparación del concreto se clasifica en agregado fino, agregado grueso y hormigón, conocido este último como agregado integral. Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el Tamiz de 3/8" y queda retenido en el tamiz N° 200. El más usual de los agregados finos es la arena, definida como el producto resultante de la desintegración natural de las rocas.

Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido en el Tamiz N° 4 y es proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas. El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso proveniente de la disgregación y abrasión natural de materiales pétreos se le encuentra generalmente en canteras y lechos de ríos depositado en forma natural. La piedra chancada, o piedra triturada, es el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas y gravas. Se define como hormigón, o agregado integral, al material conformado por una mezcla de arena y grava. Este material, mezclado en proporciones arbitrarias se da en forma natural en la corteza terrestre y se le emplea tal como se le extrae de la cantera. (Rivva, 2000, p. 17)

2.1.13. REQUISITOS DE CALIDAD

Según en RNE del Perú, Para conocer la calidad de los agregados se deben efectuar ciertos ensayos cuyas condiciones básicas generales son:

- Deben realizarse sobre muestras representativas del yacimiento, y de sus diferentes zonas.
- Deben ser llevadas a cabo en laboratorios con personal y equipos adecuados, siguiendo cuidadosamente los sucesivos pasos de un procedimiento normativo.

No cumplir con estas condiciones básicas invalida la utilidad de la información de los ensayos.

2.1.14. GRANULOMETRÍA

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para

agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100(150 micras) hasta 9.52 mm.

Los números de tamaño (tamaños de granulometría), para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas. Para la construcción de vías terrestres, la norma ASTM D 448 enlista los trece números de tamaño de la ASTM C 33, más otros seis números de tamaño para agregado grueso. La arena o agregado fino solamente tiene un rango de tamaños de partícula.

La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto. (Abanto, 1998)

2.1.15. TAMAÑO MÁXIMO

El tamaño máximo de los agregados gruesos en el concreto armado se fija por la exigencia de que pueda entrar fácilmente en los encofrados y entre las barras de la armadura. (Abanto, 1998)

En ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser mayor que:

- Un quinto, de la menor dimensión, entre caras de encofrados.
- Un tercio de la altura de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, cables o ductos de pre-esfuerzo.

El tamaño máximo del conjunto de agregados, está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15% o más, al cribar por ella el agregado más grueso. (Abanto, 1998, p. 33)

2.1.16. SEGREGACIÓN

Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del Agregado Grueso del Mortero. Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc. (Abanto, 1998, p. 50)

La segregación es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo: mayor cuanto más húmeda es esta y menor cuanto más seca lo es.

En el proceso de diseño de mezclas, es necesario tener siempre presente el riesgo de segregación, pudiéndose disminuir este, mediante el aumento de finos (cemento o A. fino) y de la consistencia de la mezcla.

Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la "lechada" asciende a la superficie.

Cuando se suelta el concreto de alturas mayores de 1/2 metro el efecto es semejante. (Abanto, 1998, p. 50)

También se produce segregación cuando se permite que el concreto corra por canaletas, máxime si estas presentan cambios de dirección. El excesivo vibrado de la mezcla produce segregación. (Abanto, 1998, p. 50)

2.1.17. MÓDULO DE FINURA

El módulo de finura del agregado fino, es el índice aproximado que nos describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen.

El módulo de finura de la arena se calcula sumando los porcentajes acumulados en las mallas siguientes: Numero 4, 8, 16, 30, 50 y 100 inclusive y dividiendo el total entre 100. Es un indicador de la finura de un agregado: cuanto mayor sea el módulo de finura, más grueso es el agregado. Es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto. (Abanto, 1998)

2.1.18. IMPUREZAS

A los agregados los pueden acompañar algunas impurezas perjudiciales, la mayoría de origen natural y acompañando a la arena. Las especificaciones ASTM C33, establecen límites para estas impurezas.

2.1.19. PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN

El uso principal de las relaciones peso/volumen es para la selección y manejo de los agregados, por lo que se relaciona, en cierta forma, con su calidad.

2.1.20. HUMEDAD

La humedad se considera como la diferencia en peso entre: el material húmedo y el mismo secado al horno. Se suele expresar como porcentaje en peso, referido al material seco. Esta humedad se encuentra en los agregados de dos maneras diferentes: una es rellenando los poros y microporos internos de los granos, y la otra es como una película o capa envolvente, más o menos gruesa.

Para la determinación de la humedad y de la absorción existen los siguientes ensayos normativos: “Método de ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino, y ASTM C128, C127, C709.

2.1.21. EL CEMENTO

Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

El cemento portland normal es el producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no excedan el 1% en peso del total y que la Norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker.

El cemento portland normal deberá cumplir con los requisitos indicados en la Norma ASTM C 150 para los Tipos I, II, y V, los cuales se fabrican en el Perú. Alternativamente podrán emplearse los requisitos de las Normas NTP para cementos. (Rivva, 2000, p. 31)

2.1.22. CLASIFICACIÓN. TIPOS DE CEMENTOS

La Norma ASTM C150, consideran cinco tipos de cemento Portland según su uso y características:

- Tipo I: para utilizarse en construcciones de concreto en general siempre y cuando no se requieran de especificaciones especiales.
- Tipo II: para usarse en obras expuestas a sulfatos o donde se requiera un calor de hidratación moderado.

- Tipo III: se utiliza en obras en las que se requiera altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: utilizado en obras donde el calor de hidratación requerido es bajo.
- Tipo V: para utilizarse en obras donde se requiera alta resistencia a los sulfatos.

El cemento portland normal Tipo I se empleará en todos aquellos casos en que no se requieren en el concreto las propiedades especiales especificadas para los otros Tipos. Debe cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334 039.

El cemento portland normal Tipo II se recomienda para construcciones de concreto expuestas a moderado ataque por sulfatos, o en aquellos casos en que se requiere un moderado calor de hidratación. Este cemento tendrá un contenido de aluminato tricálcico (C3A) menor del 8%; menores cambios de volumen; menor tendencia a la exudación; mayor resistencia al ataque por sulfatos; y menor generación de calor; así como adecuadas resistencias tanto en las edades iniciales como en las finales Este cemento debe cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 150 ó de la Norma NTP 334.038.

El cemento portland normal Tipo V se recomienda cuando se requiere en el concreto alta resistencia a la acción de los sulfatos; alta resistencia en compresión; o baja generación de calor. Este cemento tendrá un contenido de aluminato tricalcico (C3A) menor del 5%. Deberá cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334.044. (Rivva, 2000, p. 31)

2.1.23. CEMENTO PORTLAND CON ADICIONES

Los cementos hidráulicos combinados son el producto obtenido de la pulverización conjunta del clinker de cemento portland y un material reactivo que posee propiedades puzolánicas, con la adición eventual de sulfato de calcio. Estos cementos pueden igualmente ser preparados por mezcla de los

ingredientes finamente molidos. En ambos casos deben cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 595.

En el campo de los cementos hidráulicos combinados, en el Perú se fabrican los cementos puzolánicos Tipos IR IPM, y IS. El cemento puzolámico Tipo IP es un cemento Portland con un porcentaje adicionado de puzolana entre 15% y 45%, que debe cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 595 ó NTP 334 044.

El cemento puzolámico Tipo IPM es un cemento portland con un porcentaje adicionado de puzolana menor del 15%, que debe cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 595 ó NTP 334 044 Del cemento puzolánico IS no se tiene mayor información. (Rivva, 2000, p. 32)

2.1.24. CALIDAD DEL CEMENTO

Según el RNE, Los índices principales para poder determinar la calidad del cemento son el fraguado y la resistencia mecánica. De igual manera se debe tener especial cuidado con la composición química del cemento, la estabilidad del volumen, el grado de finura, la plasticidad, el calor de hidratación, la pérdida al fuego además de los residuos insolubles. Los ensayos para determinar la calidad del cemento deben realizarse tanto por el usuario como por el fabricante en condiciones específicas de humedad y temperatura con equipos sensibles, delicados y complejos siguiendo las especificaciones. (Ministerio de Vivienda, 2009)

2.1.25. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO

Al mezclar el cemento con el agua, se produce una pasta de cemento por cierto tiempo, esta pasta tiene una consistencia flexible que luego va endureciendo progresivamente. El tiempo que transcurre desde que se mezcló el cemento con el agua, hasta que surgió el endurecimiento se llama tiempo de fraguado. El proceso para detectar el tiempo de fraguado es gradual, aunque el

fraguado se define en un tiempo preciso. Eso obliga a establecer parámetros de validez universal como el usual procedimiento de la aguja de Vica, ensayo establecido en la Norma ASTM C191.

El tiempo de fraguado puede ser medido también en morteros y en concretos, empleando un penetrómetro apropiado tal como el que se establece en la Norma ASTM C403.

2.1.26. RESISTENCIAS MECÁNICAS

La resistencia mecánica del cemento suele determinarse a partir de la resistencia a compresión de morteros de cemento ya que disminuye los costos de los ensayos, las dificultades y los tamaños de las probetas ensayadas. Para realizar los diseños de mezclas suele considerarse la resistencia mecánica del cemento como parámetro fijo.

2.1.27. FINURA

El cemento es un polvo demasiado fino para poder determinar el tamaño de sus partículas por un procedimiento granulométrico con base en tamices. Hay varios métodos para determinar esta característica, pero en la práctica los de uso más extendido son dos: el turbidímetro Wagner (ASTM C115), y el permeabilímetro Blaine (ASTM C204), siendo este último el de más frecuente referencia.

Los cementos usualmente presentan finuras Blaine en el orden de 2800 a 3500 cm²/g. y cuando presentan valores mayores a los 4000 cm²/g. el concreto presenta problemas de retracción, dificultad de mezclado y sedimentación del cemento perdiendo la capacidad adherente de la pasta.

2.1.28. AGUA PARA CONCRETO

El agua es imprescindible en el mezclado, fraguado y curado del concreto por lo cual se debe trabajar con aquella que esté libre de contaminantes que puedan afectar esos procesos. En las zonas urbanas suele trabajarse con agua potable debido a que se considera adecuada a pesar de la cloración, que puede afectar los aditivos además del desarrollo de las resistencias. Por otra parte, en las zonas rurales, el agua de los pozos, ríos y lagos debe ser evaluada física y químicamente en un laboratorio competente para su uso en los procesos de mezclado, fraguado y curado.

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. (Abanto, 1998, p. 21)

- El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.
- Si se tuvieran dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de ésta, para comparar los resultados con los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto que a continuación indicamos:

Tabla 1. Cantidades Admisibles máximos de sustancia de agua en el concreto

| SUSTANCIAS DISUELTAS | VALOR MAXIMO ADMISIBLE |
|-----------------------|------------------------|
| Cloruros | 300 ppm |
| Sulfatos | 300 ppm |
| Sales de magnesio | 150 ppm |
| Sales solubles | 1500 ppm |
| P.H. | Mayor de 7 |
| Sólidos en suspensión | 1500 ppm |
| Materia orgánica | 10 ppm |

Fuente: (Abanto, 1998, p. 21)

- También deberá hacerse un ensayo de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, preparando testigos con agua destilada o potable y con el agua cuya calidad se quiere evaluar, considerándose como satisfactorias aquellas que arrojen una resistencia mayor o igual a 90% que la del concreto preparado con agua potable.
- Un método rápido para conocer la existencia de ácidos en el agua, es por medio de un papel tornasol, el que sumergido en agua acida tomará un color rojizo. Así mismo, para determinar la presencia de yeso u otro sulfato es por medio de cloruro de bario; se filtra él agua (unos 500 grs) y se le hecha algunas gotas de ácido clorhídrico; luego más gotas de solución de cloruro de bario, si se forma un precipitado blanco (sulfato de bario) es señal de presencia de sulfatos. Esta agua debe entonces mandarse analizar a un laboratorio para saber su concentración y ver si está dentro del rango permisible. Deberá entenderse que estos ensayos rápidos no pueden reemplazar a los de laboratorio, y sólo se utilizan para tener indicios que posteriormente se comprobarán en un laboratorio competente.
- El agua de mar, se puede usar en la elaboración de concreto bajo ciertas restricciones. (Abanto, 1998, p. 22)

2.1.29. AGUA DE MEZCLADO

El agua de mezclado cumple dos funciones: hidratar el cemento en la pasta y proporcionar lubricación y fluidez a la mezcla de concreto. Suele equivaler al 25% del peso del cemento y el resto se evapora para formar poros que se llenan parcialmente de aire que pueden producir concretos menos resistentes si no se utiliza un volumen de agua adecuado.

2.1.30. AGUA DE CURADO

Es el agua la que permitirá la continuidad del proceso de reacción agua cemento, que se inicia al momento de realizar la mezcla, que permitirá el desarrollo de las resistencias deseadas en el concreto. La cantidad de agua de curado dependerá de la tasa de evaporación que es generada a partir de las condiciones climáticas (temperatura, humedad y velocidad del viento), de la cantidad de calor generado al hidratarse el cemento, así como de las dimensiones de la pieza.

Por lo general el agua de curado no requiere cumplir con requisitos de calidad tan estrictos como el agua de mezclado, pero es recomendable que no presente impurezas o materia orgánica que puedan manchar el acabado de la pieza además es importante tener especial cuidado con la cantidad de cloro presente en el agua para evitar que las sales penetren los poros del concreto hasta llegar al acero e iniciar un proceso de corrosión.

2.1.31. DISEÑO DE MEZCLAS

Se conoce como diseño de mezcla al procedimiento mediante el cual se calculan las cantidades que debe haber de todos y cada uno de los componentes que intervienen en una mezcla de concreto, para obtener de ese material el comportamiento deseado, tanto en su estado plástico como después, en estado endurecido. Los requisitos que una dosificación apropiada debe cumplir son:

- a) Economía y manejabilidad en estado fresco.
- b) Resistencias, aspecto y durabilidad en estado endurecido.

En algunos casos puede ser importante el color, peso unitario y textura superficial. Las cantidades de los componentes sólidos, agregados, así como el cemento, suelen expresarse en kilogramos por metro cúbico de mezcla. El agua puede expresarse en litros o kilogramos entendiendo, para el diseño de mezclas, que un kilogramo de agua equivale a un litro de agua.

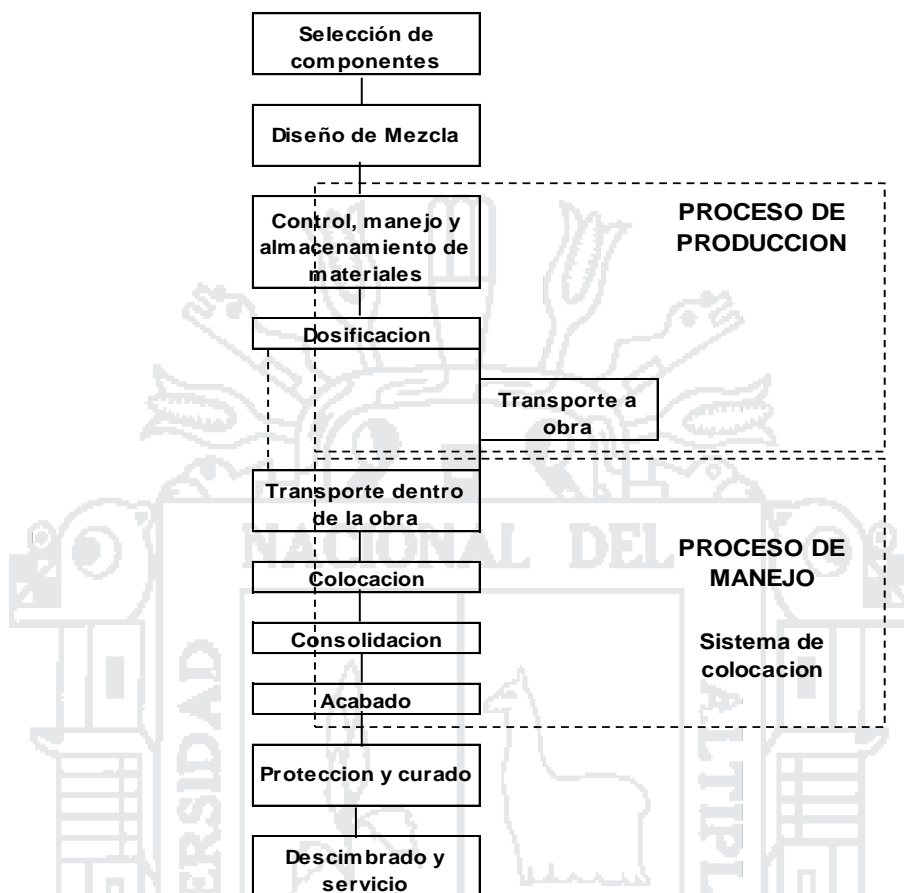
Un método de diseño de mezcla puede llegar a ser muy complejo si considera un gran número de variables además de una gran precisión o exactitud en la expresión de sus relaciones. Pero debe al mismo tiempo, ser de fácil manejo y operatividad. Lo acertado es lograr un equilibrio entre ambos extremos. Existen numerosos métodos para diseñar mezclas, que pueden asemejarse o pueden diferir entre sí profundamente, de acuerdo con las variables que manejen y las relaciones que establezcan; esto indica que ninguno de ellos es perfecto. De acuerdo con las condiciones reales de los materiales y de la tecnología del concreto, pueden ser preferidos unos u otros, e inclusive llegar a una unión de varios diseños para obtener lo mejor de cada uno.

De acuerdo con A. M. Neville (1 1.15). Las propiedades requeridas del concreto fresco están regidas por el uso al que estará destinado el concreto (tipo de construcción) y por las condiciones esperadas en el momento de su colocación (técnicas de vaciado y transporte) y, de otra parte, las propiedades en estado endurecido quedan especificadas por el proyectista de la estructura para las condiciones de servicio y exposición a que quedará sometida. Estos dos aspectos son los que en principio facultan al Ingeniero para determinar las proporciones de la mezcla, teniendo en cuenta, además, el grado de control que se ejercerá en la obra, el cual es definitivo para la determinación de la resistencia de diseño de la mezcla. Sin embargo, hay tres consideraciones básicas que deben ser contempladas por quien esté diseñando la mezcla; economía, especificaciones y tecnología existente en el sitio de producción. (Sanchez de Guzmán, 2001, pág. 222)

2.1.32. PREPARACIÓN Y MEZCLADO DEL CONCRETO

En el esquema siguiente se muestran los procesos de diseño, producción, manejo, protección y curado del concreto hasta obtener el concreto endurecida en la obra:

Figura 2. Diagrama de uso del concreto



Fuente: (Sanchez, 2001, p. 280)

Acorde al tipo de concreto que se desea preparar, los volúmenes requeridos y el lugar de mezclado se deben tener consideraciones que permitan obtener los resultados deseados de la mezcla. Se debe tener especial cuidado en el almacenamiento de los componentes para evitar contaminaciones previas al mezclado, así mismo a la hora de llevar a cabo su dosificación se debe llevar un control de las cantidades tomadas y sus medidas, además de, utilizar envases adecuados para su depósito y transporte.

2.1.33. MANEJO DEL CONCRETO

Una vez realizada la mezcla de concreto debe ser transportada hasta los encofrados donde serán vaciadas y compactadas hasta lograr el fraguado para

finalmente ser desencofradas. Es importante realizar estos procesos en el momento y manera adecuada para evitar que el concreto pueda dañarse.

2.1.34. TRANSPORTE

Al transportar el concreto desde el lugar de mezclado hasta su vaciado se debe evitar la pérdida de material o derrames, contar con los equipos y personal necesarios para no atrasar el proceso de vaciado con respecto al anterior, no perder tiempo para evitar una evaporación parcial del agua de mezclado, evitar la segregación del material ya que, de producirse disminuirá las condiciones de resistencia y durabilidad.

Entre los diversos procedimientos o equipos para transportar concreto se citan aquí los siguientes: carretillas y buggies, canaletas y tubos, elevadores, grúas y torres grúas, camiones transportadores con volteo, cintas transportadoras y bombeo.

2.1.35. COLOCACIÓN O VACIADO

Una vez realizada la mezcla para ser transportada hasta los encofrados o moldes de se inicia el proceso de colocación o vaciado, para esto los moldes deben haber sido limpiados internamente, haberse comprobado sus armaduras, así como tratados con una superficie que evite la adherencia de la mezcla para facilitar el desencofrado.

De igual manera es importante considerar las dimensiones del elemento a vaciar para garantizar el llenado del mismo envolviendo los aceros de refuerzo por el concreto. También es de suma importancia tomar en cuenta que si el elemento a vaciar es menor a 40 cm. de espesor debe hacerse en tres capas, al ser mayor en dos capas para garantizar una buena compactación, además de hacerse lo más rápido posible para evitar planos de separación. Así mismo no se recomiendan caídas del material mayores a 3 metros desde el punto de caída hasta el de llegada para evitar segregaciones.

2.1.36. COMPACTACIÓN

La compactación es un proceso por medio del cual se densifica la mezcla de concreto reduciendo la cantidad de vacíos en ella, evitando planos de separación entre capas. Los vacíos pueden aparecer por evaporación del agua de mezclado o por manejo de la masa de concreto durante su transporte y colocación, es por ello que es necesario disminuir los espacios vacíos que pueden generar puntos de vulnerabilidad sin resistencia mecánica.

Existen dos procesos de compactación: manual o por vibrado. En el primero se golpea verticalmente, se penetra con la barra o se aplasta con pisón la mezcla de concreto hasta desaparecer gran parte de los espacios vacíos. El segundo aprovecha la condición tixotrópica del concreto para hacerlo menos viscoso permitiéndole acomodarse en el molde, con él se expulsa gran parte del aire atrapado subiendo a la superficie parte del agua unificando la masa, eliminando planos de contacto.

2.1.37. CURADO

Una vez colocado y compactado el concreto, debe ser curado, especialmente en edades tempranas. El curado es la operación mediante la cual se protege el desarrollo de las reacciones de hidratación del cemento, evitando la pérdida parcial del agua de reacción por efecto de la evaporación superficial.

2.1.38. DESENCOFRADO

El tiempo que el encofrado debe permanecer colocado, protegiendo algunas de las caras de las piezas vaciadas, dependerá de la resistencia del material, del nivel de cargas que recibe y del que deba recibir el elemento. Un retiro prematuro de los encofrados puede provocar daños en el concreto.

Tomando en consideración que el tiempo de desencofrado es una función de la resistencia del concreto, el método preferido es el ensayo de muestras de concretos curados en obra.

2.1.39. CONCRETO ENDURECIDO

2.1.39.1. PESO UNITARIO

Se calcula al dividir el peso del material entre el volumen que este ocupa. En el sistema técnico, se mide en kilopondios por metro cúbico (kp/m^3). En el Sistema Internacional de Unidades, en newton por metro cúbico (N/m^3). (Porrero S., 2003, pág. 263)

2.1.39.2. RESISTENCIAS MECÁNICAS

La resistencia mecánica del concreto se debe al cemento y es la propiedad del material que tiene mayor influencia en los fines estructurales, ya que las estructuras de concreto armado se encuentran sometidas a solicitaciones variadas como compresión, corte, tracción, flexotracción, agentes agresivos, entre otras.

Para detectar o comparar calidades resistentes de cementos con base en el ensayo de probetas de concreto, las mezclas deben ser estrictamente iguales en todos los aspectos, incluidas las condiciones del ensayo, excepto naturalmente, el cemento que se desea comparar. Sin embargo, no es práctico ni económico realizar el control de todos los estados tensionales, por lo que se acostumbra a realizar el ensayo destructivo a compresión simple en probetas normalizadas y a partir de los resultados obtenidos se infieren los valores de otras características mecánicas tales como la resistencia a la tracción o al corte. En normas correspondientes al cálculo de estructuras de concreto armado se correlaciona empíricamente la resistencia del concreto bajo los diversos estados de sollicitación con el valor de la resistencia a compresión simple, por esto es importante conocer esta propiedad y definir sus criterios de interpretación.

2.1.39.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Es la característica mecánica más importante del concreto, pues sirve para juzgar su calidad; para determinarla se emplea el promedio de los resultados de ensayos válidos, sobre un conjunto de probetas normalizadas, en una fecha determinada y siguiendo un procedimiento establecido. Se hace referencia a ensayos válidos porque eventualmente el resultado de alguna o varias probetas puede ser rechazado por ciertas anomalías.

Se debe trabajar siempre con un conjunto mínimo de probetas para contar con una confiabilidad estadística, el número mínimo acostumbrado suele ser tres por cada edad y condición de ensayo. El número de muestras puede variar dependiendo del grado de probabilidad esperado, de la importancia de la obra y de la precisión con la que se ha venido trabajando. (Porrero S., 2003)

2.2. HIPÓTESIS

2.2.1. GENERAL

- El uso del mineral Cal en el cemento portland tipo IP influye en la elaboración de los concretos de los concretos.

2.2.2. ESPECIFICO

- Es posible determinar las proporciones de materiales para elaboración de concreto normal.
- El concreto fresco se ve directamente afectado por la adición de mineral Cal, generando cambios en la consistencia del concreto.
- Con la adición de diferentes proporciones del mineral Cal, se obtiene diferentes resistencias en el concreto endurecido.

CAPÍTULO III

MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

La metodología de investigación que se emplea para este trabajo de investigación es del tipo experimental.

3.1.1. MÉTODO DEL ACI PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

Para el diseño de mezcla se utilizará el método del comité 211 de la ACI, y el método del Módulo de fineza de combinación de agregados, que son procedimientos de diseño de mezclas bastante simples, el cual, basándose en tablas elaboradas, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto.

Para la elaboración de los diferentes tipos de diseño de mezclas se empleará los agregados provenientes del río Cutimbo. Ubicado aproximadamente a 15 Km de la ciudad de Puno.

El diseño de mezcla se ha realizado de la siguiente manera:

1. Cálculo de la resistencia promedio.
2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
3. Selección del asentamiento.

4. Selección del volumen unitario del agua.
5. Selección del contenido de aire.
6. Selección de la relación agua/cemento.
7. Determinación del factor cemento.
8. Determinación de la suma de los volúmenes absolutos, de cemento, agua, aire y
9. Determinación del volumen absoluto de agregado fino.
10. Determinación del peso seco del agregado fino.
11. Determinación de los valores de diseño
12. Corrección por humedad y absorción del agregado.
13. Determinación de la proporción de diseño.

3.1.2. ENSAYOS A REALIZARSE EN EL CONCRETO FRESCO

El ensayo que se tomará en cuenta para el concreto fresco es la prueba de revenimiento, para la determinación de la consistencia o manejabilidad del concreto fresco mediante el ensayo de cono de Abrams, es la determina el estado de fluidez de la mezcla y la uniformidad de la mezcla.

3.1.3. ENSAYO PARA LA ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

Una vez determinada la consistencia del concreto se procederá inmediatamente a la elaboración de probetas, en un tiempo no mayor de diez minutos después del muestreo

3.1.4. CURADO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO

Una vez moldeadas las probetas, estas se cubrirán para prevenir la exudación y/o evaporación del agua de la superficie superior del concreto con una lámina de plástico durable, posteriormente después de 24 horas se extraen los moldes.

3.1.5. ENSAYOS REALIZADOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO

Se realizará el ensayo a la compresión axial de cada uno de los especímenes, previa revisión de los especímenes.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es del tipo aplicada y descriptiva. Es del tipo aplicada y descriptiva debido a que la investigación está orientada a la comparación y aplicación de nueva tecnología a diferentes dosis de aplicación del mineral Cal; y teniendo en consideración las variables de la investigación.

Posteriormente se describen sus comportamientos del concreto a diferentes dosis del mineral Cal.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es del tipo experimental.

3.3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Nivel de investigación experimental – comparativo.

3.3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación que se emplea para este tipo de trabajo de investigación es del tipo experimental.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. POBLACIÓN

Elaboración del concreto adicionado con cal a diferentes tiempos.

3.4.2. MUESTRA

Las muestras utilizadas para este trabajo de investigación son las diferentes proporciones o dosis del mineral Cal con resistencia a los 7, 14 y 28 días con tratamientos a:

T1 = 0% de Cal (testigo)

T2 = 5% de Cal

T3 = 10% de Cal

T4 = 15% de Cal

3.5. VARIABLES DE ANÁLISIS

3.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTE (X)

- Dosis de mineral Cal.
- Resistencia a diferentes números de días.
- Diseño de mezcla.

3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE (Y)

- Resistencia del concreto fresco y endurecido.

3.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

DIIMENSIONES

Variable Independiente (X). Las dimensiones identificadas para la variable Independiente:

X1 = dosis de diferentes proporciones de mineral Cal.

X2 = caracterización a 7 días.

X3 = caracterización a 14 días.

X4 = caracterización a 28 días.

Variable Dependiente (Y). Las dimensiones identificadas para la variable dependiente:

Y1= Eficiencia de la resistencia del concreto estructural a diferentes dosis de Cal.

INDICADORES

Los indicadores para la Variable independiente:

X1= proporción óptima de mineral Cal.

Los indicadores para la Variable dependiente:

Y1= Resistencia a la compresión adquirida del concreto a diferentes días.

3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. MATERIALES E INSTRUMENTOS

- Libreta de apuntes.
- Fichas de registro de datos

3.6.2. EQUIPOS DE INGENIERÍA

- Equipos de laboratorio.
- Ensayo a la compresión axial
- Cono de Abrams.
- Horno.
- Balanza analítica, entre otros.

3.7. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE DATOS

Los datos obtenidos serán ordenados, seleccionados, clasificados, y presentado en forma de resúmenes y/o en cuadros estadísticos, respecto a los cuales se realizarán apreciaciones objetivas, presentando el cuadro de distribución de frecuencias con sus respectivos gráficos.

3.8. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Las apreciaciones objetivas, se emplearán como premisas para contrastar las Hipótesis, el resultado de la contrastación permitirá formular las conclusiones parciales y estas a su vez, se emplearán como premisas para la contratación de la hipótesis general, llegando a una conclusión general.

Aplicación de las medidas' de tendencia central, medidas de dispersión y análisis porcentual. Contrastación de hipótesis con margen de error de cinco por ciento 5%. La lógica de análisis a emplearse será el hipotético-deductivo y el comparativo.

Luego el modelo estadístico a utilizar es aquel que nos permita hacer pronósticos o estimaciones siendo el más apropiado el Análisis de regresión simple que nos permitirá examinar la relación entre la variable dependiente y la variable independiente.

El modelo de regresión simple es el siguiente:

$$y = a_0 + a_1x^2 + a_2x^3 + a_3x^4 + \dots a_{n-1}x^n$$



CAPÍTULO IV

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

4.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

Puno constituye un importante centro de servicios, comercial, turístico, industrial, cultural. Su extensión abarca desde el centro poblado de Uros Chulluni al noreste, la zona urbana del distrito de Paucarcolla al norte, la urbanización Ciudad de la Humanidad Totorani al noroeste (carretera a Arequipa) y se extiende hasta el centro poblado de Ichu al sur y la comunidad Mi Perú al suroeste (Carretera a Moquegua).

Figura 3. Vista Aérea de la ciudad de Puno.



4.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la ciudad de Puno.

- Distrito : Puno.
- Provincia : Puno.
- Departamento : Puno.

4.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Su posición geográfica corresponde a las siguientes coordenadas:

- Latitud : 15° 30' 56" Sur
- Longitud : 70° 00' 12" Oeste
- Altitud : 3839 m.s.n.m.

4.1.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA EN ESTUDIO

La climatología del departamento de Puno es muy variada que han sido estudiados por diferentes autores, todos los datos que se utilizaron para las interpretaciones climáticas como la hidrología y otros, provienen del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) de Puno.

Para la zona comprendida entre 3.800 y 4.000 m.s.n.m., la dispersión de las temperaturas es grande. En toda la cuenca, las temperaturas medias más bajas tienen lugar en Julio, en pleno invierno, mientras que las más elevadas se sitúan de diciembre a marzo, generalmente centradas en febrero.

4.2. RECURSOS

Para la ejecución del presente Proyecto de Investigación de Tesis se empleará los siguientes tipos de recursos. Las cuales fueron utilizados en las distintas etapas de la investigación.

4.2.1. RECURSOS HUMANOS

- Ejecutor : Bach. Juan Francisco, PACCO MESCCO
- Director : Ing. Arturo Joels VENTURA MAMANI
- Asesor : Ing. M.Sc. Luis Alberto MAMANI HUANCA

4.3. RECURSOS FINANCIEROS

El presupuesto para la realización de la presente investigación se detalla en el siguiente cuadro.

Tabla 2. Recursos financieros utilizados en la investigación.

| Rubro | Cantidad | Unidad de medida | Costo Unitario S/. | Costo Total S/. |
|---------------------------------|----------|------------------|--------------------|---------------------|
| Gasto directo | | | | |
| personal: | | | | |
| Asesoramiento | 3 | Mes | S/. 500.00 | S/. 1,500.00 |
| Digitador | 3 | Mes | S/. 200.00 | S/. 600.00 |
| Estadística | 1 | Mes | S/. 500.00 | S/. 500.00 |
| Investigador | 3 | Mes | S/. 700.00 | S/. 2,100.00 |
| Servicios subcontratados | | | | |
| Copias | 1 | Mill. | S/. 200.00 | S/. 200.00 |
| Gastos Administrativos | 1 | Glb. | S/. 300.00 | S/. 300.00 |
| Gastos de sustentación | 1 | Glb. | S/. 500.00 | S/. 500.00 |
| Ensayos de laboratorio | 2 | Mes | S/. 1,000.00 | S/. 2,000.00 |
| materiales y equipos | | | | |
| Computadora. | 2 | Und | S/. 200.00 | S/. 400.00 |
| Impresora | 1 | Und. | S/. 400.00 | S/. 400.00 |
| Internet | 3 | Mes | S/. 120.00 | S/. 360.00 |
| Material de oficina | 1 | Glb | S/. 400.00 | S/. 400.00 |
| TOTAL | | | | S/. 9,260.00 |

Fuente: Elaboración propia del proyectista.

La presente investigación fue autofinanciada por el ejecutor en su totalidad.

CAPÍTULO V

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1. CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Las fichas de recolección de datos han sido validadas y el laboratorio ha sido calibrada por lo tanto los resultados son confiables.

5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

5.2.1. DATOS GENERALES

5.2.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA

El presente trabajo de investigación se llevó acabo en la ciudad de Puno.

- Distrito : Puno.
- Provincia : Puno.
- Departamento : Puno.

Su posición geográfica corresponde a las siguientes coordenadas:

- Latitud : 15° 30' 56" Sur
- Longitud : 70° 00' 12" Oeste
- Altitud : 3839 m.s.n.m.

5.2.1.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA EN ESTUDIO

La climatología del departamento de Puno es muy variada que han sido estudiados por diferentes autores, todos los datos que se utilizaron para las interpretaciones climáticas como la hidrología y otros, provienen del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) de Puno.

Para la zona comprendida entre 3.800 y 4.000 m.s.n.m, la dispersión de las temperaturas es grande. En toda la cuenca, las temperaturas medias más bajas tienen lugar en Julio, en pleno invierno, mientras que las más elevadas se sitúan de diciembre a marzo, generalmente centradas en febrero.

5.3. MATERIALES EMPLEADOS

Los materiales que se emplearon para la elaboración de los concretos fueron los siguientes:

a) **El cemento:** El cemento utilizado para este trabajo de investigación es de marca Rumi Portland tipo IP clasificado por la ASTM C150 como cemento puzolánico; la razón por la que se usó este cemento es porque es el cemento que se produce en la zona y es el más comercial dentro de nuestro departamento. El cemento presenta un peso específico de 3.15gr/cm^3 .

b) **Los agregados:** Para la elaboración del concreto en la investigación fueron obtenidos de la cantera del río Cutimbo, ubicado a 24 Km., a lado sur de la ciudad de Puno, estos agregados de esta cantera tienen mayor uniformidad y menor cantidad posible de partículas finas como arcillas y limos.

Para asegurar la calidad de los agregados se realizaron los ensayos necesarios para poder realizar el diseño de mezclas dentro de ellos fueron: granulometría, módulo de fineza, contenido de humedad, peso específico y peso unitario todos estos ensayos se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos del J & C - LABORATORIOS.

c) Granulometría. Una vez obtenido el agregado de la cantera del río Cutimbo se llevó al Laboratorio de Suelos y Concreto – J&C-LABORATORIOS, para realizar su respectivo análisis granulométrico.

Los resultados obtenidos del laboratorio de granulometría de los agregados, se encuentran dentro de los límites permitidos y recomendados de acuerdo a la granulometría por lo tanto se aceptan dichos agregados para utilizar en este trabajo de investigación.

d) Módulo de fineza o finura para el agregado fino. Una vez obtenidos los resultados de granulometría según la Norma MTC E-204-2000, para los agregados se muestra que el módulo de fineza del agregado fino es de 3.17 (Modulo de Fineza – terminología relativa para concreto y agregados de concreto).

Los resultados obtenidos nos indican que es un agregado con un adecuado módulo de fineza, el cual es un factor muy importante para realizar el diseño de mezclas, este valor obtenido de 3.17 nos indica que el agregado fino presenta una granulometría de media y adecuada para la elaboración del concreto.

e) Contenido de humedad y absorción. Según laboratorio se realizó dos ensayos, para cada tipo de agregados, esto con la finalidad de obtener una mejor media representativa de los agregados, siguiendo las recomendaciones de la Norma ASTM C 566 de Contenido de Humedad total de los agregados, y la norma ASTM C 127 – 128 del Peso Específico y absorción de los agregados fino y grueso.

Tabla 3. Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados del río Cutimbo.

| Agregado | Grava | Arena |
|-------------------------|-------|-------|
| Contenido de humedad | 1.96 | 3.27 |
| Porcentaje de absorción | 2.15 | 5.65 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos.

En el cuadro 3.1 se muestra los resultados del contenido de humedad y porcentaje de absorción de agregados de los dos tipos, en donde indican que presentan una absorción menor al contenido de humedad lo que originará una menor cantidad necesaria de agua en el diseño de mezcla.

f) **Peso específico.** De acuerdo a la recomendación de la Norma ASTM C 127 – 128, el peso específico de los agregados finos y gruesos obtenidos se muestran en el siguiente cuadro los resultados:

Tabla 4. Pesos específicos de los agregados del río Cutimbo.

| Agregado | Grava | Arena |
|-----------------|-------|-------|
| Peso específico | 2.59 | 2.65 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos.

Los valores obtenidos en este ensayo muestran valores específicos promedios de los agregados los cuales no presentan características especiales, más bien un comportamiento normal, lo cual nos garantiza una dureza adecuada para el comportamiento mecánico del concreto.

g) **Peso unitario compactado del agregado grueso.** Para obtener el peso unitario se realizó un ensayo de este tipo para el agregado grueso, con la finalidad de obtener una mejor medida representativa de los agregados, tal como lo recomienda la Norma ASTM C 29 (Peso Unitario del agregado).

Tabla 5. Peso unitario suelto de los agregados del río Cutimbo.

| Agregado | Grava | Arena |
|----------------------|-------|-------|
| Peso unitario suelto | 1444 | 1495 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos.

h) Agua: El agua que se ha utilizado para la elaboración de los concretos deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser de preferencia potable ya que el agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales: Reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la manejabilidad del conjunto y procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse. Para la presente investigación se utilizó agua potable distribuido por EMSA PUNO.

Las proporciones utilizadas para la ejecución del presente trabajo de investigación fueron las siguientes dosis de Cal: 5.00%, 10.00% y 15.00% con relación al peso del cemento empleado en la elaboración del concreto.

Después de haber realizado los ensayos y los análisis de los materiales a utilizarse para poder cumplir con el objetivo principal de la presente tesis, se ha considerado probar las muestras en estado sumergido, realizando 9 pruebas por cada condición de ensayo; es decir 3 probetas para ensayarlas a los 7 días, 3 probetas para los 14 días y 3 probetas para los 28 días, las cuales se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 6. Cantidad de probetas utilizadas en los ensayos

| Nº | Probetas | 7 días | 14 días | 28 días | Sub total |
|----|--------------------------|--------|---------|---------|-----------|
| 1 | Concreto normal | 3 | 3 | 3 | 9 |
| 2 | Concreto con 5 % de Cal | 3 | 3 | 3 | 9 |
| 3 | Concreto con 10 % de Cal | 3 | 3 | 3 | 9 |
| 4 | Concreto con 15 % de Cal | 3 | 3 | 3 | 9 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos.

Se realizó un total:

Muestras Testigo : 9 muestras

Muestras Estudio : 27 muestras

Total de Muestras : 36 muestras

5.4. HERRAMIENTAS EMPLEADAS

Para la determinación de la consistencia se utilizaron los siguientes materiales:

- Molde del Cono de Abrams, de forma tronco cónica, de bases paralelas de 10 cm diámetro superior y 20 cm. Diámetro inferior; con una altura de 30cm.
- Barra compactadora, barra de acero lisa de 5/8" y 60cm. De longitud con punta semiesférica.
- Base metálica como superficie de apoyo.

Los equipos y herramientas que se utilizaron para la elaboración de los concretos fueron los siguientes:

- Mezcladora de 5 pie³ de capacidad.
- Moldes metálicos para verter la mezcla.
- Probetas de ensayo de 15 cm. de diámetro x 30 cm. de altura.
- Las briqueteras metálicas
- Una varilla de 5/8" de diámetro, con 60cm. de longitud y punta semiesférica.

- Mazo de caucho.
- Pala, espátula y cuchara.
- Carretilla u otro contenedor apropiado.
- Máquina para compresión.

Figura 4. Cono de Abrams, prensa hidráulica, cilindros de concreto y mezcladora.



Fuente: elaboración Propia del investigador

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. PROPORCIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA

Se ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual permitió obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto, para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1. Cálculo de la resistencia promedio: considerando el factor de 84, se obtiene una Resistencia promedio de 294 Kg/cm^2
2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado: 1"
3. Selección del asentamiento: La selección del asentamiento fue de 4"-3"
4. Selección del volumen unitario del agua: Para una resistencia promedio de 294 Kg. /cm^2 , se encuentra una relación agua cemento por resistencia de 0.54
5. Determinación del factor cemento: $FC = 195 / 0.54 = 361 \text{ Kg}$ En bolsas de cemento por m^3 : $361/42.5 = 8.50 \text{ bolsas/m}^3$.

6. Determinación del contenido de agregado grueso: Peso del agregado grueso = 1042.00 kg.
7. Determinación de la suma de los volúmenes absolutos, de cemento, agua, aire y agregado grueso: 0.7281 m^3
8. Determinación del volumen absoluto de agregado fino:
9. Volumen de agregado fino = $1 - 0.7281 = 0.2719 \text{ m}^3$
10. Determinación del peso seco del agregado fino: 722 Kg.
11. Determinación de los valores de diseño
 - Cemento = 361.00 Kg. /m^3
 - Agua = 195.00 Lt. /m^3
 - Agregado fino = 722.00 Kg. /m^3
 - Agregado grueso = 1042.00 Kg. /m^3
12. Corrección por humedad y absorción del agregado.
 - Cemento = 361.00 Kg. /m^3
 - Agua = 214.00 Lt. /m^3
 - Agregado fino = 745.00 Kg. /m^3
 - Agregado grueso = 1063.00 Kg. /m^3
13. Determinación de la proporción en peso de diseño, corregidos por humedad del agregado son:
 - Cemento = $361/361 = 1$
 - Agua = $214 /361 = 0.59$
 - Agregado fino = $745 /361 = 2.06$
 - Agregado grueso = $1063 /361 = 2.94$

Tabla 7. La proporción de mezcla en volumen para un $f'c = 210 \text{ kg./cm}^2$.

| Cemento | Agregado fino | Agregado grueso | Agua |
|---------|---------------|-----------------|------|
| 1 | 2.08 | 2.90 | 0.59 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos

Tabla 8. La proporción en peso de los componentes del concreto:

| Cemento (kg.) | Agregado fino (kg.) | Agregado grueso (kg.) | Agua (lt.) |
|---------------|---------------------|-----------------------|------------|
| 42.5 | 88.33 | 123.10 | 25.20 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos

Tabla 9. Concreto adicionado con un 5.00 % de Cal.

| Cemento (kg.) | Cal (kg.) | Agregado fino (kg.) | Agregado grueso (kg.) | Agua (lt.) |
|---------------|-----------|---------------------|-----------------------|------------|
| 40.38 | 2.13 | 88.33 | 123.10 | 25.20 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos.

Tabla 10. Concreto adicionado con un 10.00 % de Cal.

| Cemento (kg.) | Cal (kg.) | Agregado fino (kg.) | Agregado grueso (kg.) | Agua (lt.) |
|---------------|-----------|---------------------|-----------------------|------------|
| 38.25 | 4.25 | 88.33 | 123.10 | 25.20 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos.

Tabla 11. Concreto adicionado con un 15.00 % de Cal.

| Cemento (kg.) | Cal (kg.) | Agregado fino (kg.) | Agregado grueso (kg.) | Agua (lt.) |
|---------------|-----------|---------------------|-----------------------|------------|
| 36.13 | 3.38 | 88.33 | 123.10 | 25.20 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos.

6.2. RESISTENCIA DEL CONCRETO A DIFERENTES PROPORCIONES DE CAL

En el proceso de fabricación se utiliza menor cantidad de cemento que la requerida, el concreto será poco resistente, por lo tanto, para disminuir su cantidad en la mezcla, sin alterar sustancialmente la resistencia final del producto, es recomendable reemplazarlo total o parcialmente por otros materiales con propiedades cementantes de menor costo, uno de estos es la puzolana. Así

se ha verificado la respuesta de la resistencia del concreto frente a la adición de Cal.

En los siguientes cuadros se presentan los valores del concreto endurecido, obtenidos por ensayos de compresión simple, realizados en el laboratorio de suelos y concreto J&C-LABORATORIOS.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se han establecido como tratamientos las siguientes dosis de proporciones en la mezcla de concreto:

- T1 = concreto normal sin CAL (testigo).
- T2= Se empleó 5.00% de Cal.
- T3= Se empleó 10.00% de Cal.
- T4= Se empleó 15.00% de Cal.

Las pruebas se han efectuado en tres fechas diferentes (es decir 7, 14, y 28 días), así como se muestra en el cuadro 4.13.

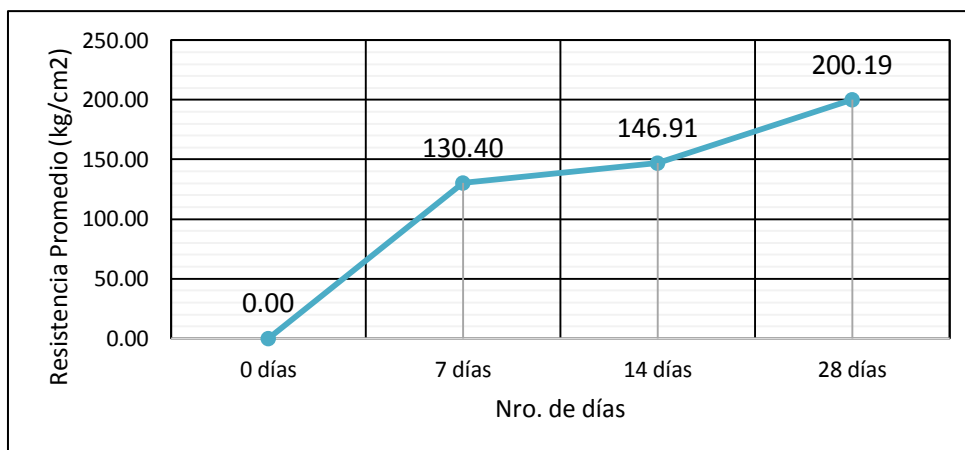
6.2.1. TRATAMIENTO 1 (0% DE CAL)

Tabla 12. Valores de resistencia para un concreto normal (T1).

| Espécime n | N° | f'c (kg/cm ²) | Propiedades Mecánicas | | % | % Promedio | |
|----------------------|---------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------|------------|--------|
| | | | Dial (KN) | Resistencia (kg/cm ²) | | | |
| Muestras (0% de Cal) | 7 días | 1 | 210 | 228.40 | 131.10 | 130.40 | 62.43% |
| | | 2 | 210 | 222.60 | 127.43 | | 60.68% |
| | | 3 | 210 | 229.90 | 132.67 | | 63.18% |
| | 14 días | 1 | 210 | 257.60 | 148.45 | 146.91 | 70.69% |
| | | 2 | 210 | 252.00 | 145.02 | | 69.06% |
| | | 3 | 210 | 256.90 | 147.26 | | 70.12% |
| | 28 días | 1 | 210 | 352.00 | 199.97 | 200.19 | 95.22% |
| | | 2 | 210 | 350.60 | 200.29 | | 95.38% |
| | | 3 | 210 | 351.80 | 200.30 | | 95.38% |

Fuente: J&C-LABORATORIOS

Figura 5. Variación de la resistencia 100% C + 0% Cal



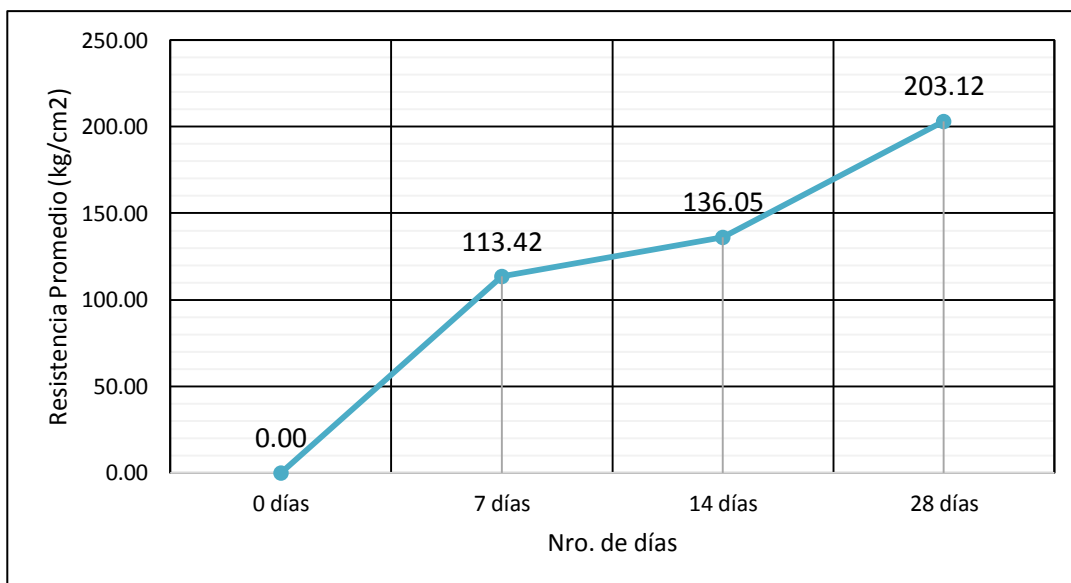
6.2.2. TRATAMIENTO 2 (5% DE CAL)

Tabla 13. Valores de resistencia para un concreto normal (T2).

| Espécime n | N° | f'c | Propiedades Mecánicas | | % | % Promedio | |
|----------------------|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------|------------|--------|
| | | (kg/cm ²) | Dial (KN) | Resistencia (kg/cm ²) | | | |
| Muestras (5% de Cal) | 7 días | 1 | 210 | 199.80 | 113.71 | 54.15% | 54.01% |
| | | 2 | 210 | 202.80 | 116.06 | 55.27% | |
| | | 3 | 210 | 194.10 | 110.50 | 52.62% | |
| | 14 días | 1 | 210 | 237.30 | 135.45 | 64.50% | 64.79% |
| | | 2 | 210 | 237.90 | 135.13 | 64.35% | |
| | | 3 | 210 | 240.30 | 137.58 | 65.51% | |
| | 28 días | 1 | 210 | 365.50 | 207.98 | 99.04% | 96.73% |
| | | 2 | 210 | 348.80 | 198.81 | 94.67% | |
| | | 3 | 210 | 355.60 | 202.58 | 96.47% | |

Fuente: J&C-LABORATORIOS

Figura 6. Variación de la resistencia 95% C + 5% Cal



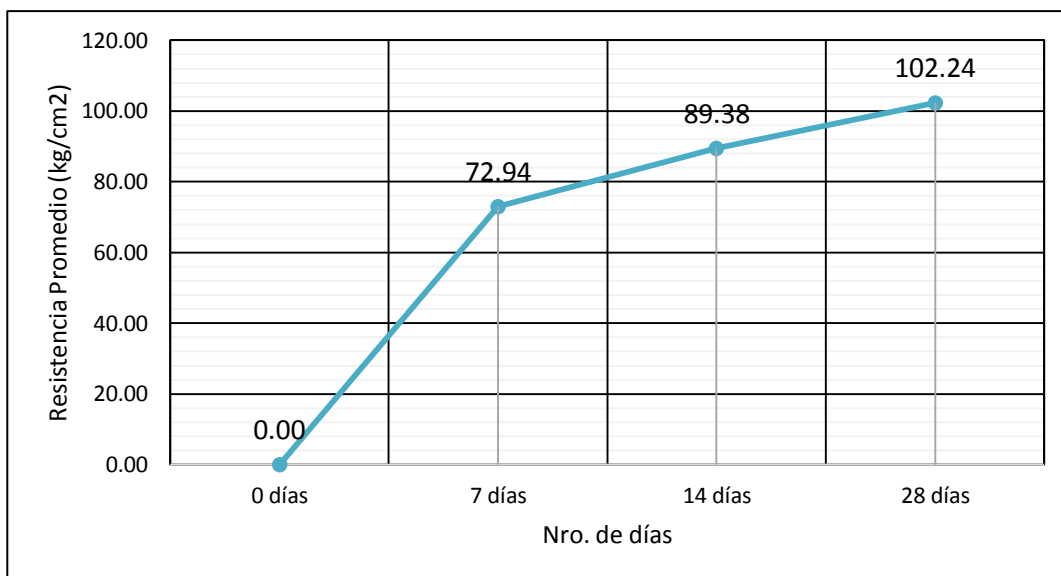
6.2.3. TRATAMIENTO 3 (10% DE CAL)

Tabla 14. Valores de resistencia para un concreto normal (T3).

| Espécimen | N° | f'c (kg/cm ²) | Propiedades Mecánicas | | % | % Promedio | | |
|-----------------------|---------|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------|------------|--------|--------|
| | | | Dial (KN) | Resistencia (kg/cm ²) | | | | |
| Muestras (10% de Cal) | 7 días | 1 | 210 | 132.20 | 75.68 | 36.04% | 34.73% | |
| | | 2 | 210 | 124.40 | 70.91 | 72.94 | | 33.77% |
| | | 3 | 210 | 126.90 | 72.22 | 34.39% | | |
| | 14 días | 1 | 210 | 152.30 | 86.66 | 89.38 | 41.27% | 42.56% |
| | | 2 | 210 | 158.10 | 89.96 | | 42.84% | |
| | | 3 | 210 | 161.40 | 91.52 | | 43.58% | |
| | 28 días | 1 | 210 | 177.30 | 101.06 | 102.24 | 48.12% | 48.68% |
| | | 2 | 210 | 181.40 | 103.34 | | 49.21% | |
| | | 3 | 210 | 179.60 | 102.31 | | 48.72% | |

Fuente: J&C-LABORATORIOS

Figura 7. Variación de la resistencia 90% C + 10% Cal



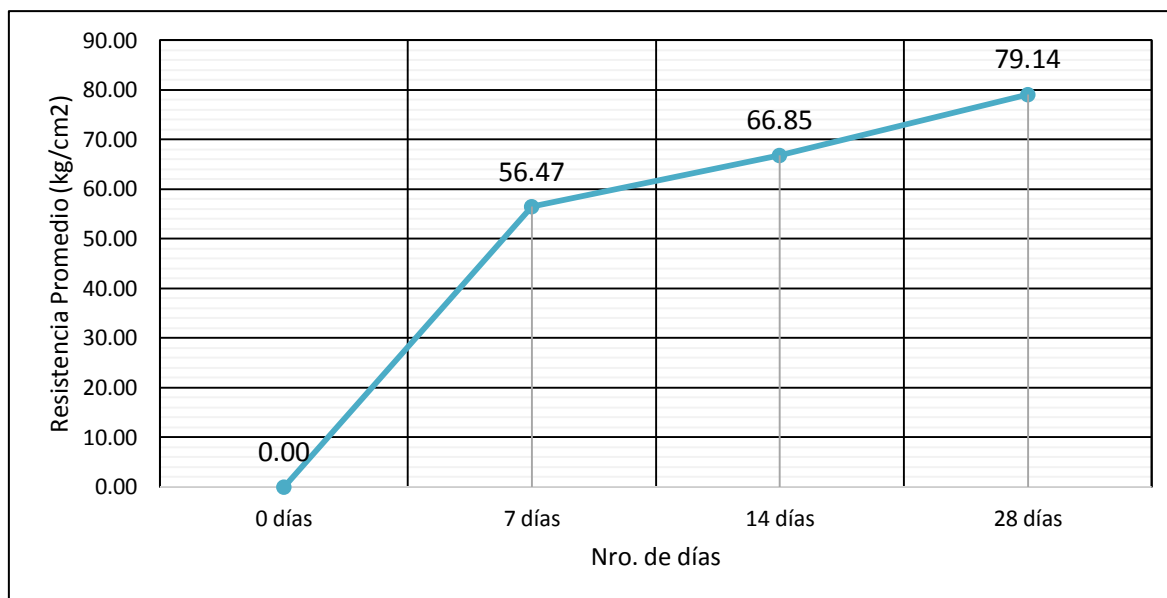
6.2.4. TRATAMIENTO 4 (15% DE CAL)

Tabla 15. Valores de resistencia para un concreto normal (T4).

| Espécimen | N° | f'c | Propiedades Mecánicas | | % | % Promedio | | |
|-----------------------|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------|------------|--------|--------|
| | | (kg/cm ²) | Dial (KN) | Resistencia (kg/cm ²) | | | | |
| Muestras (15% de Cal) | 7 días | 1 | 210 | 94.60 | 53.83 | 25.63% | 26.89% | |
| | | 2 | 210 | 98.50 | 56.15 | 56.47 | | 26.74% |
| | | 3 | 210 | 104.70 | 59.44 | 28.30% | | |
| | 14 días | 1 | 210 | 116.00 | 66.26 | 66.85 | 31.55% | 31.83% |
| | | 2 | 210 | 118.30 | 67.15 | 31.98% | | |
| | | 3 | 210 | 117.80 | 67.15 | 31.98% | | |
| | 28 días | 1 | 210 | 135.00 | 76.99 | 79.14 | 36.66% | 37.68% |
| | | 2 | 210 | 142.40 | 81.08 | 38.61% | | |
| | | 3 | 210 | 139.20 | 79.34 | 37.78% | | |

Fuente: J&C-LABORATORIOS

Figura 8. Variación de la resistencia 85% C + 15% Cal



6.3. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS A LA COMPRESIÓN MEDIANTE EL ARREGLO FACTORIAL

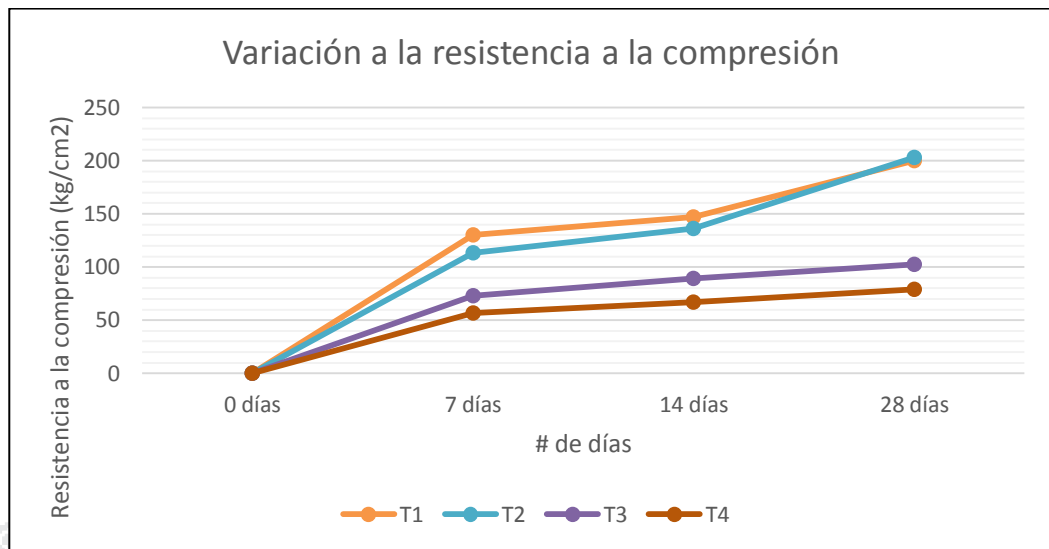
La distribución de los factores en estudio con tiempos de endurecimiento a 07, 14, y 28 días y adición de dosis de cal de 0.00% de cal (T1); Adición de dosis de cal de 5.00% de cal (T2); Adición de dosis de cal de 10.00% de cal (T3); Adición de dosis de cal de 15.00% de cal (T4); mediante el arreglo factorial y utilizando el diseño completo al azar y de acuerdo al cuadro 4.13.

Tabla 16. Resultados de las pruebas a la compresión de concreto y para diferentes dosis de cal

| N° | 7 Días | | | | 14 Días | | | | 28 Días | | | |
|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| 1 | 131.10 | 113.71 | 75.68 | 53.83 | 148.45 | 135.45 | 86.66 | 66.26 | 199.97 | 207.98 | 101.06 | 76.99 |
| 2 | 127.43 | 116.06 | 70.91 | 56.15 | 145.02 | 135.13 | 89.96 | 67.15 | 200.29 | 198.81 | 103.34 | 81.08 |
| 3 | 132.67 | 110.5 | 72.22 | 59.44 | 147.26 | 137.58 | 91.52 | 67.15 | 200.30 | 202.58 | 102.31 | 79.34 |
| Prom. | 130.40 | 113.42 | 72.94 | 56.47 | 146.91 | 136.05 | 89.38 | 66.85 | 200.19 | 203.12 | 102.24 | 79.14 |

Fuente: Resultados de estudio en laboratorio de mecánica de suelos.

Figura 9. Resistencia a la compresión del concreto a diferentes dosis de Cal y número de días de endurecimiento.



Las resistencias a la compresión de todas las mezclas de concreto se dan en el cuadro 4.13, Las mezclas de concreto con Cal desarrollan resistencias menores que los controles de cemento portland sin adición de Cal. Sin embargo, con la adición de Cal en un 5% a los 28 días, ésta desarrolla mayor resistencia que el tratamiento 1 (T1) sin adición de Cal.

El concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo y su producción aparentemente es muy simple; sin embargo, se dice que un concreto es eficiente cuando alcanza la resistencia deseada, y que es económico y durable cuando resulta apropiado para las condiciones ambientales a las que estará expuesto. Las investigaciones han sido orientadas en producir mezclas muy compactas que aumenten la densidad y disminuyan la permeabilidad. Esto puede ser logrado añadiendo materiales cementantes suplementarios, tales como Cal, escorias, que a su vez mejoran las propiedades de la mezcla de concreto en estado fresco.

Figura 10. Resultados de las dosis a diferentes tiempos de aplicación.

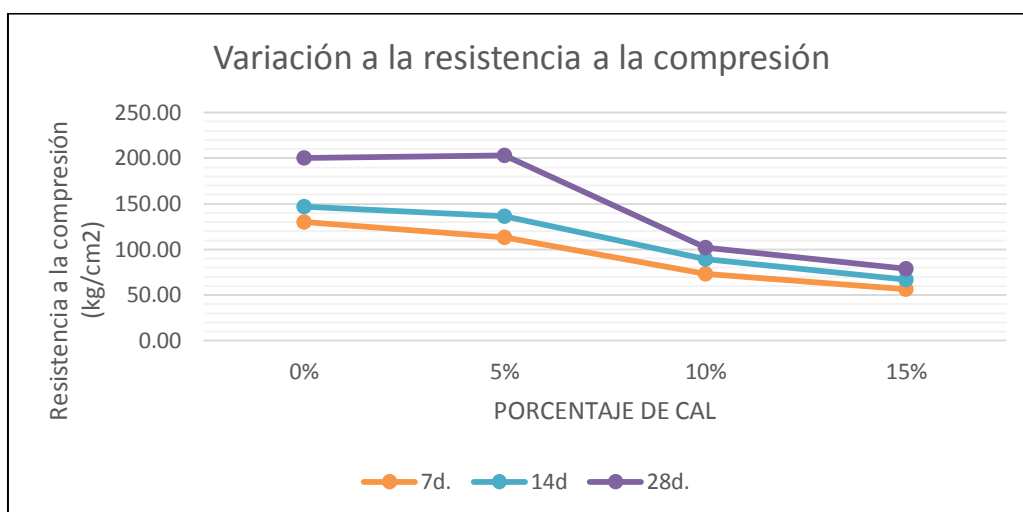


Tabla 17. Resultados promedios de los diferentes tratamientos

| | 0% | 5% | 10% | 15% |
|----------|--------|--------|--------|-------|
| # días | T1 | T2 | T3 | T4 |
| 0 días | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 días | 130.40 | 113.42 | 72.94 | 56.47 |
| 14 días | 146.91 | 136.05 | 89.38 | 66.85 |
| 28 días | 200.19 | 203.12 | 102.24 | 79.14 |
| PROMEDIO | 119.37 | 113.15 | 66.14 | 50.62 |

Fuente: Estudio de datos de Laboratorio de mecánica de suelos.

6.4. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE RESULTADOS

Para la evaluación de resultados del presente trabajo de investigación se ha adoptado a un modelo de arreglo factorial 3x4 con 3 repeticiones, es decir se han probado 36 unidades experimentales, de los cuales los datos se han evaluado a través del análisis de varianza que se detalla en la tabla 19 de acuerdo a los resultados promedios obtenidos de todas las unidades experimentales que se muestra en la tabla 20.

Tabla 18. Resumen de tratamientos

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Tratamiento 1 | 3 | 477.50 | 159.17 | 1330.19 |
| Tratamiento 2 | 3 | 452.60 | 150.87 | 2176.10 |
| Tratamiento 3 | 3 | 264.55 | 88.18 | 215.69 |
| Tratamiento 4 | 3 | 202.46 | 67.49 | 128.71 |

Tabla 19. Análisis de varianza.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probab.</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|----------------|-----------------------------|
| Entre grupos | 18616.09 | 3 | 6205.36 | 6.45 | 0.016 | 4.07 |
| Dentro de los grupos | 7701.39 | 8 | 962.67 | | | |
| Total | 26317.48 | 11 | | | | |

De acuerdo al cuadro del análisis de varianza, en la cual se ha considerado un nivel de significancia del 95% equivalente a $\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$, se obtiene una probabilidad de 0.016; con lo cual comparando $0.05 > 0.016$ se determina rechazar la hipótesis nula que considera que la adición de cal no modifica al concreto elaborado con el 100% de cemento (T1). Es decir, existe al menos un tratamiento cuyo promedio de resistencia difiere de la muestra (Testigo) y/o entre muestras con adición de cal en diferentes porcentajes.

Esto implica que, las pruebas de resistencias del concreto con las pruebas de compresión son diferentes estadísticamente. Las pruebas a los 07 días, 14 días y 28 días presentan una resistencia distinta en cada uno de los casos y de acuerdo a los resultados de análisis de variancia para las resistencias se realizó la prueba de significancia de Duncan.

Tabla 20. Resumen de Resultados a la compresión axial, según tratamientos.

| # días | 0% | 5% | 10% | 15% |
|----------|--------|--------|--------|-------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 |
| 0 días | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 días | 130.40 | 113.42 | 72.94 | 56.47 |
| 14 días | 146.91 | 136.05 | 89.38 | 66.85 |
| 28 días | 200.19 | 203.12 | 102.24 | 79.14 |
| PROMEDIO | 159.17 | 150.87 | 88.18 | 67.49 |

Fuente: Estudio de tratamientos realizado por el autor.

En la tabla 20, el tratamiento T1 es considerada como muestra de comparación.

- Cálculo de rango de menor significancia:

$$R_p = r_p \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

- Para 3 tratamientos y 8 grados de libertad se obtiene utilizando la siguiente tabla: $r_p=3.399$

Tabla 21. Rangos estandarizados significativos mínimos.

| $\alpha = 0.05$ | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ν | p | | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 17.97 | 17.97 | 17.97 | 17.97 | 17.97 | 17.97 | 17.97 | 17.97 | 17.97 |
| 2 | 6.085 | 6.085 | 6.085 | 6.085 | 6.085 | 6.085 | 6.085 | 6.085 | 6.085 |
| 3 | 4.501 | 4.516 | 4.516 | 4.516 | 4.516 | 4.516 | 4.516 | 4.516 | 4.516 |
| 4 | 3.927 | 4.013 | 4.033 | 4.033 | 4.033 | 4.033 | 4.033 | 4.033 | 4.033 |
| 5 | 3.635 | 3.749 | 3.797 | 3.814 | 3.814 | 3.814 | 3.814 | 3.814 | 3.814 |
| 6 | 3.461 | 3.587 | 3.649 | 3.68 | 3.694 | 3.697 | 3.697 | 3.697 | 3.697 |
| 7 | 3.344 | 3.477 | 3.548 | 3.588 | 3.611 | 3.622 | 3.626 | 3.626 | 3.626 |
| 8 | 3.261 | 3.399 | 3.475 | 3.521 | 3.549 | 3.566 | 3.575 | 3.579 | 3.579 |

Obteniéndose: $R_p=60.888$

- Diferencia de promedios de grupos:

Tabla 22. Diferencia de promedios de grupos.

| | T1 | T2 | T3 | T4 |
|----|-------|--------|-------|--------|
| T1 | | 8.30 | 70.98 | 91.68 |
| T2 | 8.30 | | 62.68 | 123.99 |
| T3 | 70.98 | 62.68 | | 20.70 |
| T4 | 91.68 | 123.99 | 20.70 | |

- Se observa que el T2 y T1 no tienen significativa diferencia, puesto que: $8.30 < 60.888$.
- Se observa que el T4 y T3 no tienen significativa diferencia, puesto que: $20.70 < 60.888$.
- En los demás casos de comparación de tratamientos existe significativa diferencia de tratamientos.
- Los resultados obtenidos con la prueba estadística de Duncan no difieren de la gráfica mostrada de variación de resistencia a la compresión. Por lo cual los resultados son aceptables estadísticamente.

Figura 11. Variación a la resistencia a la compresión

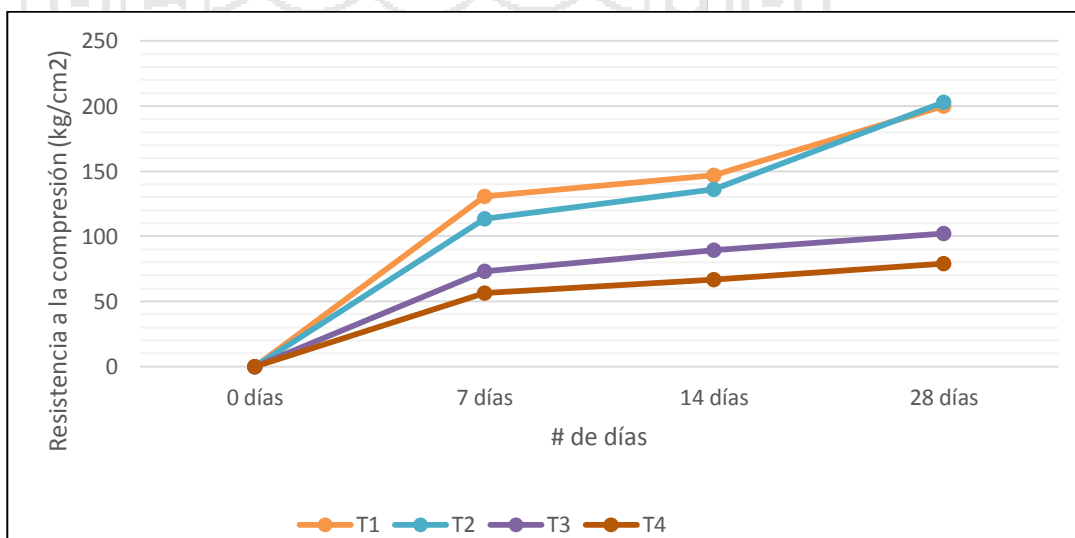
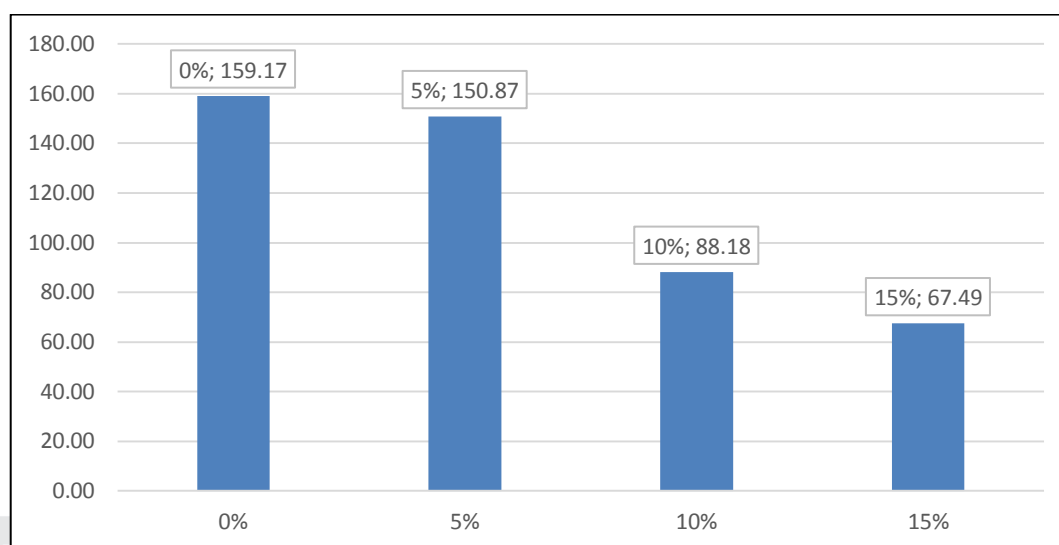


Figura 12. Resistencias promedio según tratamiento.

La prueba de rango múltiple de Duncan ($P=0.05$) para la resistencia a la compresión de concreto para las diferentes dosis de Cal, indican en el gráfico 6.4, muestra que la dosis de 5% de Cal, con promedio de resistencia 150.87kg/cm^2 se aproxima con límites tolerables a la resistencia a la compresión de la muestra y los tratamientos 10% y 15% difieren significativamente de la resistencia de la muestra.

CONCLUSIONES

1. La adición de Cal influye en la resistencia a la compresión del concreto, reduciendo significativamente la resistencia a la compresión del concreto cuando se adiciona 10 y 15%, así lo demuestra el análisis estadístico, que muestra que el promedio de resultados del T2 y T3 tiene una diferencia altamente significativa respecto al T1.
2. La adición de Cal en un 5% (T2) es aceptable y modifica la resistencia del concreto en límites tolerables, la cual puede ser aplicado a fin de reducir costos de adquisición de cemento portland, esto se demuestra en el análisis estadístico mostrado.
3. El diseño de mezclas con adición de Cal óptimo para un concreto de $f'c=210\text{kg. /cm}^2$, se encontró con 5% de Cal.
4. A mayor proporción de Cal el concreto pierde su resistencia a la compresión.
5. Los valores de $f'c$ para las diferentes fuentes de variación que se muestran son altamente significativos por lo que era necesario evaluar utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan ($P=0.05$)

RECOMENDACIONES

1. Utilizar Cal como adicionado en proporciones no mayores al 5.00%, respecto al diseño del concreto patrón o normal.
2. Se recomienda que para futuras investigaciones se interesen en el reuso de otros materiales similares a la Cal, que permita sustituir en proporción adecuada el uso del cemento a fin de aminorar los costos de producción de concreto.
3. Realizar investigaciones similares utilizando Cal en diferentes proporciones para la estabilización de suelos, aplicable para construcción de caminos.
4. Se recomienda utilizar la prueba de significancia de Duncan para realizar las comparaciones de promedios de investigaciones similares a la presente.

BIBLIOGRAFÍA

- Abanto Castillo, F. (1998). *Tecnología del concreto*. Lima - Peru: San Marcos.
- Arnal, C. D. (2014). Tesis: *Evaluación de las características de mezclas de concreto elaboradas con CPCA2 sustituyendo parcialmente el agregado fino por escoria de Niquel en altas proporciones*. Caracas - Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Chur Perez, G. (2010). Tesis: *Evaluación del uso de cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería*. Guatemala: Universidad de San carlos de Guatemala.
- Fuentes Bayne, X. E. (2008). Tesis: *Modelamiento de la respuesta mecánica del cemento puzolánico mediante la adición de Zeolita tipo I y curado al aire*. Guayaquil - Ecuador. Escuela Superior Politecnica del Litoral.
- Madrid Zuluaga, C. (2014). Tesis: *Caracterización de adiciones de CAO para desarrollar hormigones de retracción compensada*. Catalunya - España: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2009). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima - Perú: El Peruano.
- Pesquel Carvajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto*. Lima-Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Pontificia Universidad Católica, C. (15 de agosto de 2015). *Glosario*. Obtenido de http://www7.uc.cl/sw_educ/construccion/urbanizacion/html/glosario.html
- Porrero S., J. (2003). *Manual del concreto estructural*. Caracas - Venezuela: PAG Marketing Soluciones.
- Rivera L, G. A. (2009). *Concreto Simple*. Cauca - Colombia: Universidad del Cauca.
- Rivva Lopez, E. (2000). *Materiales para el concreto*. Lima - Perú: ACI - Perú.
- Sanchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y mortero*. Santa fé de Bogotá D.C. - Colombia: Bhandar Editores Ltda.



ANEXOS

| DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | | | | | | | | | |
|---|---------------------|---|----------------|--------------------|-------------|--------------------|--------|-----------|--|
| METODO ACI - 211 | | | | | | | | | |
| f'c. = 210 Kg./cm ² | | | | | | | | | |
| PROYECTO | | : <u>EFFECTO DE LA ADICION DE CAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO UNA - PUNO</u> | | | | | | | |
| SOLICITANTE | | : PROYECTO DE INVESTIGACION DE UNA PUNO | | | | | | | |
| UBICACIÓN | | : PUNO - PUNO - PUNO | | | | | | | |
| FECHA | | : NOVIEMBRE DEL 2015 | | | | | | | |
| Mat. Procedente | | : CANTERA RIO CUTIMBO | | | | | | | |
| CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS MATERIALES | | | | | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CEMENTO | AGREGADOS | | | | | |
| PROCEDENCIA: | CANTERA RIO CUTIMBO | | TIPO IP | FINO | GRUESO | | | | |
| TAMAÑO MAXIMO | | Pulg. | | 1/16 | 1" | | | | |
| PESO UNITARIO SUELTO | | Kg/m ³ | | 1444 | 1495 | | | | |
| PESO UNITARIO COMPACTO | | Kg/m ³ | | 1575 | 1601 | | | | |
| PESO ESPECIFICO | | gr./cc | 3.12 | 2.65 | 2.59 | | | | |
| ABSORCION | | % | | 5.65 | 2.15 | | | | |
| MUDULO DE FINEZA | | | | 3.17 | 7.19 | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | % | | 3.27 | 1.96 | | | | |
| DOSIFICACION | | | | | | | | | |
| F _c | SLUMP | CONTENIDO | RELACION | AIRE | VOLUMEN | FACTOR CEMENTO | | CONTENIDO | |
| f'cr. Kg/cm ² | Pulg. | DE AGUA | A/C | (%) | A . Grueso | Kg./m ³ | bolsas | A.GRUESO | |
| 294 | 3" - 4" | 195 | 0.54 | 1.5 | 0.65 | 361 | 8.50 | 1042 | |
| DOSIFICACION EN PESO | | | | | | | | | |
| DESCRIPCION | VOLUMEN | PESO ESTIMADO | CORREC./ | PESO CORREGIDO | | PROPORCION | | | |
| | ABSOLUTO | SECO /m ³ | HUMEDAD | Kg./m ³ | | | | | |
| CEMENTO | 0.1157 | 361 | | 361 | | 1 | | | |
| AGREGADO FINO | 0.2719 | 722 | -17.19 | 745 | | 2.06 | | | |
| AGREGADO GRUESO | 0.4024 | 1042 | -1.92 | 1063 | | 2.94 | | | |
| AGUA | 0.1950 | 195 | -19.10 | 214 | | 0.59 | | | |
| AIRE | 0.0150 | | | | | | | | |
| DOSIFICACION EN VOLUMEN | | | | | | | | | |
| DESCRIPCION | EN PIES 3 | | PROPORCION | | PROPORCION | | | | |
| | PARA 1 M3 | | p ₃ | | EN PESO Kg. | | | | |
| CEMENTO | 8.50 | | 1 | | 42.5 | | | | |
| AGREGADO FINO | 17.65 | | 2.08 | | 88.3 | | | | |
| AGREGADO GRUESO | 24.61 | | 2.90 | | 123.1 | | | | |
| AGUA | 0.021 | | 0.59 | | 25.2 | | | | |

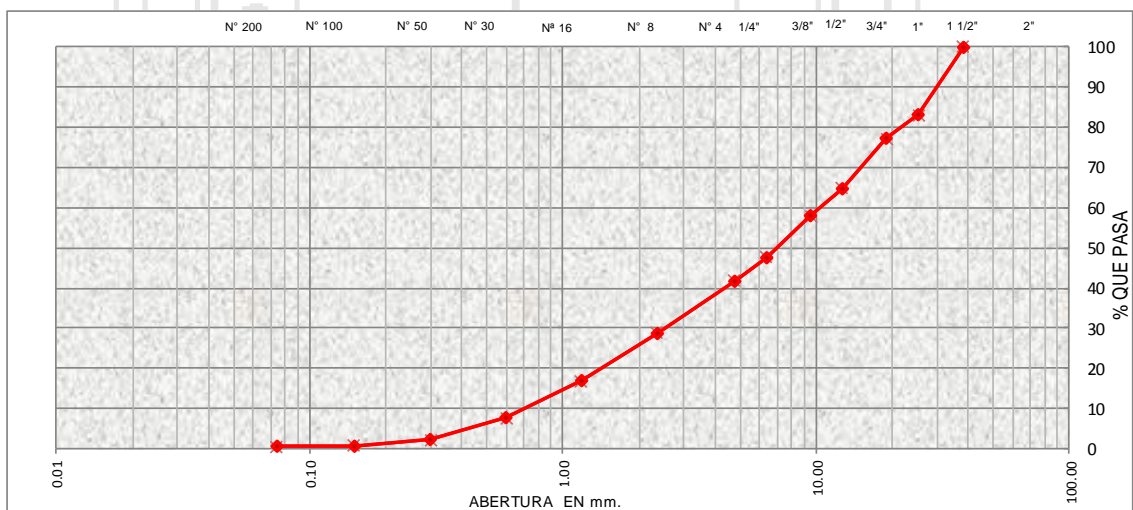
ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(Método ASTM D - 422)

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

| | | | |
|--------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------|
| MUESTRA | : Disturbada de Hormigón Global | PRESENTACIÓN | : Bolsa de Polietileno |
| DESCRIPCION | : Gravas arena, color Gris | CANTIDAD | : 50 Kg. |
| USO | : Elaboracion de Concreto | PROCEDENTE | : CANTERA RIO CUTIMBO |

| TAMICES ASTM | Abertura m.m. | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | %QUE PASA | ESPECIFICACIONES | DESCRIPCIÓN DE MUESTRA |
|--------------|---------------|---------------|-------------------|---------------------|-----------|------------------|-------------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | 100.0 | | |
| 2" | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 915 | | Peso Inicial : 5673.00 Gr. |
| 1 1/2" | 38.100 | 480.0 | 8.5 | 8.5 | 915 | | Peso Lavado : 5645.00 Gr. |
| 1" | 25.400 | 481.0 | 8.5 | 16.9 | 83.1 | | Peso Perdido : 28.00 Gr. |
| 3/4" | 19.050 | 336.0 | 5.9 | 22.9 | 77.1 | | Humedad Natural : % |
| 1/2" | 12.700 | 700.0 | 12.3 | 35.2 | 64.8 | | TAMANO MAXIMO : 1 1/2" |
| 3/8" | 9.525 | 392.0 | 6.9 | 42.1 | 57.9 | | MODULO DE FINEZA : |
| 1/4" | 6.350 | 575.0 | 10.1 | 52.2 | 47.8 | | CLASIFICACION |
| Nº 4 | 4.750 | 343.0 | 6.0 | 58.3 | 41.7 | | AASHTO : |
| Nº 8 | 2.360 | 735.0 | 13.0 | 71.2 | 28.8 | | SUCS : GP |
| Nº 16 | 1.180 | 667.0 | 11.8 | 83.0 | 17.0 | | GRAVA : 58.3 % |
| Nº 30 | 0.600 | 531.0 | 9.4 | 92.4 | 7.6 | | ARENA : 41.2 % |
| Nº 50 | 0.300 | 301.0 | 5.3 | 97.7 | 2.3 | | FINOS : 0.5 % |
| Nº 100 | 0.150 | 85.0 | 1.5 | 99.2 | 0.8 | | TOTAL : 100.0 % |
| Nº 200 | 0.075 | 19.0 | 0.3 | 99.5 | 0.5 | | |
| Fondo | | 28.0 | 0.5 | 100.0 | | | |
| TOTAL | | 5673.0 | 100.0 | | | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



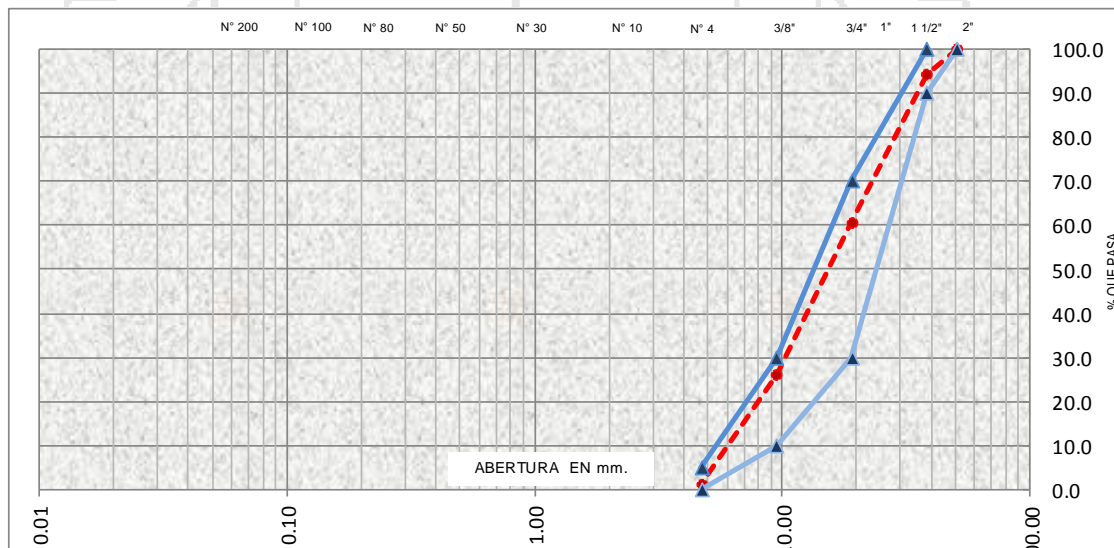
ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(Método ASTM D - 422)

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

| | |
|--|--|
| MUESTRA : Agregado Grueso | PRESENTACIÓN : Bolsa de Polietileno |
| DESCRIPCIÓN : Gravas Canto rodado | CANTIDAD : 50 Kg. |
| USO : Elaboracion de Concreto | PROCEDENTE : CANTERA RIO CUTIMBO |

| TAMICES ASTM | Abertura m.m. | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | %QUE PASA | ESPECIFIC. CH-2 | DESCRIPCIÓN DE MUESTRA |
|--------------|---------------|---------------|-------------------|---------------------|-----------|-----------------|----------------------------------|
| 3" | 76.20 | | | | 100.0 | | |
| 2" | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | Peso Inicial : 7672.0 Gr. |
| 1 1/2" | 38.100 | 4310 | 5.6 | 5.6 | 94.4 | 95-100 | Peso Lavado : 7592.0 Gr. |
| T | 25.400 | 6000.0 | 20.9 | 26.5 | 73.5 | | Peso Perdido : 80.0 Gr. |
| 3/4" | 19.050 | 1007.0 | 13.1 | 39.6 | 60.4 | 30-70 | Humedad Natural : 1.96 % |
| 1/2" | 12.700 | 1685.0 | 22.0 | 616 | 38.4 | | |
| 3/8" | 9.525 | 943.0 | 12.3 | 73.9 | 26.1 | 10-30 | T. Max. Nominal : 1" |
| 1/4" | 6.350 | 1302.0 | 17.0 | 90.8 | 9.2 | | |
| Nº 4 | 4.750 | 624.0 | 8.1 | 99.0 | 10 | 0-5 | |
| Nº 8 | 2.360 | | | | | | PROPIEDADES |
| Nº 16 | 1.180 | | | | | | > 2" : 0.0 % |
| Nº 30 | 0.600 | | | | | | GRAVA : 99.0 % |
| Nº 50 | 0.300 | | | | | | ARENA : 1.0 % |
| Nº 100 | 0.150 | | | | | | FINOS : 0.0 % |
| Nº 200 | 0.075 | | | | | | TOTAL : 100.0 % |
| Fondo | | 80.0 | 10 | 100.0 | | | MODULO DE FINEZA : 7.19 |
| TOTAL | | 7672.0 | 100.0 | | | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

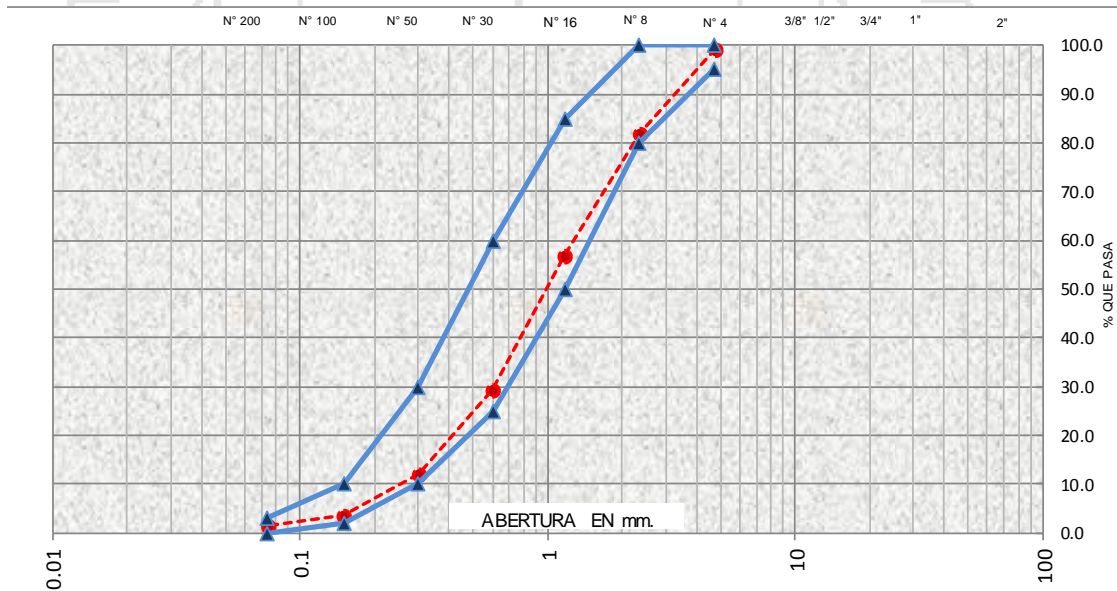
(Método ASTM D - 422)

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

| | | | |
|--------------------|---|---------------------|------------------------|
| MUESTRA | : Agregado Fino - Anrena Natural | PRESENTACIÓN | : Bolsa de Polietileno |
| DESCRIPCION | : Arena Naturao de Canto Rodado de Color Gris | CANTIDAD | : 50 Kg. |
| USO | : Elaboracion de Concreto | PROCEDENTE | : CANTERA RIO CUTIMBO |

| TAMICES ASTM | Abertura m.m. | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | %QUE PASA | ESPECIFICACIONES | DESCRIPCIÓN DE MUESTRA |
|--------------|---------------|---------------|-------------------|---------------------|-----------|------------------|-----------------------------------|
| 2" | 50,800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38,100 | | | | | | |
| 1" | 25,400 | | | | | | Peso Inicial : 2143.00 Gr. |
| 3/4" | 19,050 | | | | | | Peso Lavado : 2112.00 Gr. |
| 1/2" | 12,700 | | | | | | Peso Perdido : 31.00 Gr. |
| 3/8" | 9,525 | | | | 100.0 | 100 | Humedad Natural : 3.27 % |
| 1/4" | 6,350 | | | | | | PROPIEDADES |
| Nº 4 | 4,750 | 15.0 | 0.7 | 0.7 | 99.3 | 95-100 | GRAVA : 0.7 % |
| Nº 8 | 2,360 | 373.0 | 17.4 | 18.1 | 81.9 | 80-100 | ARENA : 97.9 % |
| Nº 16 | 1,180 | 539.0 | 25.2 | 43.3 | 56.7 | 50-85 | FINOS : 14 % |
| Nº 30 | 0,600 | 586.0 | 27.3 | 70.6 | 29.4 | 25-60 | TOTAL : 100.0 % |
| Nº 50 | 0,300 | 372.0 | 17.4 | 88.0 | 12.0 | 10-30 | |
| Nº 100 | 0,150 | 180.0 | 8.4 | 96.4 | 3.6 | 02-10 | |
| Nº 200 | 0,075 | 47.0 | 2.2 | 98.6 | 1.4 | .00-03 | MODULO DE FINEZA : 3.17 |
| Fondo | | 310 | 14 | 100.0 | | | |
| TOTAL | | 2143.0 | 100.0 | | | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM 2216 - 84)

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

| | | | |
|--------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|
| MUESTRA | : Grava y Arena | PRESENTACIÓN | : Bolsa de Polietileno |
| DESCRIPCION | : Gravas arena, color Gris | CANTIDAD | : 50 Kg. |
| USO | : Elaboracion de Concreto | PROCEDENTE | : CANTERA RIO CUTIMBO |

| <i>Descripcion de la Muestra</i> | | GRUESO | | FINO | |
|--------------------------------------|-----------|-------------|--------|-------------|--------|
| <i>Tarro N°</i> | | 20 | 16 | 05 | 14 |
| <i>Peso del Tarro</i> | <i>gr</i> | 22.62 | 23.08 | 24.05 | 23.18 |
| <i>Peso del tarro + Suelo Húmedo</i> | <i>gr</i> | 517.26 | 474.88 | 332.10 | 261.72 |
| <i>Peso del tarro + Suelo Seco</i> | <i>gr</i> | 508.00 | 465.95 | 322.45 | 254.08 |
| <i>Peso Suelo Húmedo - tarro</i> | <i>gr</i> | 494.64 | 451.80 | 308.05 | 238.54 |
| <i>Peso Suelo Seco - tarro</i> | <i>gr</i> | 485.38 | 442.87 | 298.40 | 230.90 |
| <i>Peso del Agua</i> | <i>gr</i> | 9.26 | 8.93 | 9.65 | 7.64 |
| <i>Contenido de Humedad</i> | <i>%</i> | 1.91 | 2.02 | 3.23 | 3.31 |
| <i>Promedio de Humedad</i> | <i>%</i> | 1.96 | | 3.27 | |



GRAVEDAD ESPECIFICA, ABSORCION DE LOS AGREGADOS Y POROSIDAD (MÉTODO ASTM C - 127 Y C - 128)

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

| | | | |
|--------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|
| MUESTRA | : Grava y Arena | PRESENTACIÓN | : Bolsa de Polietileno |
| DESCRIPCION | : Gravas arena, color Gris | CANTIDAD | : 50 Kg. |
| USO | : Elaboracion de Concreto | PROCEDENTE | : CANTERA RIO CUTIMBO |

MUESTRA AGREGADO FINO

| MUESTRAS | 1 | 2 | PROMEDIO | |
|----------|---|---------|----------|------|
| A | PESO MAT. SAT. SUP. SECA (AL AIRE) | 500.00 | 500.00 | |
| B | PESO DEL FRASCO + H2O | 642.00 | 653.00 | |
| C | PESO DEL FRASCO + H2O + A (A+B) | 1142.00 | 1153.00 | |
| D | PESO DE MATERIAL + H2O EN EL FRASCO | 937.00 | 948.00 | |
| E | VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIOS (C-D) | 205.00 | 205.00 | |
| F | PESO DEL MATERIA SECO EN HORNO | 473.00 | 473.50 | |
| G | VOLUMEN DE MASA (A-F)-E | 178.00 | 178.50 | |
| | P.E. BULK (base seca) F/E | 2.31 | 2.31 | |
| | P.E. BULK (base saturada) A/E | 2.44 | 2.44 | |
| | P.E. APARENTE (base seca) F/G | 2.66 | 2.65 | 2.65 |
| | % DE ABSORCION ((A-F) /F) *100 | 5.71 | 5.60 | 5.65 |

MUESTRA AGREGADO GRUESO

| MUESTRAS | 1 | 2 | PROMEDIO | |
|----------|-------------------------------------|---------|----------|------|
| A | PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE) | 1144.60 | 1079.00 | |
| B | PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AGUA) | 688.70 | 647.80 | |
| C | VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS = A-B | 455.90 | 431.20 | |
| D | PESO DE MAT. EN ESTUFA (105° C) | 1120.80 | 1056.10 | |
| E | VOLUMEN DE MASA =C-(A-D) | 432.10 | 408.30 | |
| | P.E. BULK (Base seca) = D/C | 2.46 | 2.45 | |
| | P.E. BULK (Base saturada) = A/C | 2.51 | 2.50 | |
| | P.E. APARENTE (Base seca) =D/E | 2.59 | 2.59 | 2.59 |
| | % DE ABSORCION = ((A-D) /D)*100 | 2.12 | 2.17 | 2.15 |
| | % DE POROSIDAD = ((A-D)/E)*100 | 5.51 | 5.61 | 5.56 |

Observ. : Ensayo efectuado por el método de cesta metálica según la Norma de la ASTM C - 128 y por la AASTHO T-85.

PESO UNITARIO DEL AGREGADO
(METODO ASTM C - 29)

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

| | | | |
|--------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|
| MUESTRA | : Grava y Arena | PRESENTACIÓN | : Bolsa de Polietileno |
| DESCRIPCION | : Gravas arena, color Gris | CANTIDAD | : 50 Kg. |
| USO | : Elaboracion de Concreto | PROCEDENTE | : CANTERA RIO CUTIMBO |

MUESTRA AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO

| NUMERO DE ENSAYO | | O1 | O2 | O3 |
|--------------------------|----------|--------------|-------|-------|
| PESO DE MATERIAL + MOLDE | GRS. | 9087 | 9077 | 9060 |
| PESO DE MOLDE | GRS. | 6000 | 6000 | 6000 |
| PESO DEL MATERIAL | GRS. | 3087 | 3077 | 3060 |
| VOLUMEN DEL MOLDE | CC | 2129 | 2129 | 2129 |
| PESO UNITARIO | GRS./CC. | 1.450 | 1.445 | 1.437 |
| PROMEDIO | GRS./CC. | 1.444 | | |

PESO UNITARIO VARILLADO

| NUMERO DE ENSAYO | | O1 | O2 | O3 |
|--------------------------|----------|--------------|-------|-------|
| PESO DE MATERIAL + MOLDE | GRS. | 9357 | 9357 | 9348 |
| PESO DE MOLDE | GRS. | 6000 | 6000 | 6000 |
| PESO DEL MATERIAL | GRS. | 3357 | 3357 | 3348 |
| VOLUMEN DEL MOLDE | CC | 2129 | 2129 | 2129 |
| PESO UNITARIO | GRS./CC. | 1.577 | 1.577 | 1.573 |
| PROMEDIO | GRS./CC. | 1.575 | | |

MUESTRA AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO

| NUMERO DE ENSAYO | | O1 | O2 | O3 |
|--------------------------|----------|--------------|-------|-------|
| PESO DE MATERIAL + MOLDE | GRS. | 12718 | 12697 | 12712 |
| PESO DE MOLDE | GRS. | 7857 | 7857 | 7857 |
| PESO DEL MATERIAL | GRS. | 4861 | 4840 | 4855 |
| VOLUMEN DEL MOLDE | CC | 3245 | 3245 | 3245 |
| PESO UNITARIO | GRS./CC. | 1.498 | 1.492 | 1.496 |
| PROMEDIO | GRS./CC. | 1.495 | | |

PESO UNITARIO VARILLADO

| NUMERO DE ENSAYO | | O1 | O2 | O3 |
|--------------------------|----------|--------------|-------|-------|
| PESO DE MATERIAL + MOLDE | GRS. | 13054 | 13040 | 13062 |
| PESO DE MOLDE | GRS. | 7857 | 7857 | 7857 |
| PESO DEL MATERIAL | GRS. | 5197 | 5183 | 5205 |
| VOLUMEN DEL MOLDE | CC | 3245 | 3245 | 3245 |
| PESO UNITARIO | GRS./CC. | 1.602 | 1.597 | 1.604 |
| PROMEDIO | GRS./CC. | 1.601 | | |



J & C - LABORATORIOS
 JR. MANUEL PINO N° 120
 CEL. 951 682115 - PUNO - PERU

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 SERVICIO DE MECANICA DE SUELOS
 CONCRETO, ASFALTO Y PAVIMENTOS

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
 (ASTM C - 39)

PROYECTO : ADICION DE LA CAL EN LA RESISTENCIA DE LA COMPRESION DE UN CONCRETO - PUNO
 UBICACIÓN : Distrito de Puno, Provincia de Puno, Region de Puno
 SOLICITA : JUAN F. PACCO
 DOSIFICACION : 100% Cemento Portland + 0 % Cal Hidratado
 F'c : 210 Kg./ cm²

FECHA : 19 DE DICIEMBRE DEL 2015
 OPERADOR : F.J.C.P.
 ING. RESPONSABLE : H.Ñ. B.

| M. N° | PROCEDENCIA PROBETAS | SLUMP (Pulg.) | AREA cm ² | ALTURA (cm) | PESO Ptb. (Ks.) | FECHA DE MOLDEO | EDAD Dias | FECHA DE ROTURA | LECTURA del DIAL EN. K/V | RESISTENCIA f'c=Kg./ cm ² | DISEÑO f'c=Kg./ cm ² | COEF. A LA RESISTENCIA (%) |
|-------|---|---------------|----------------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 1 | 100 % Cemento Portland + 0% Cal Hidratado | 3" | 177.66 | 29.98 | 11,960 | 21/11/2015 | 7 | 28/11/2015 | 228.40 | 131.10 | 210 | 62.43 |
| 2 | 100 % Cemento Portland + 0% Cal Hidratado | 3" | 178.13 | 30.00 | 11,919 | 21/11/2015 | 7 | 28/11/2015 | 222.60 | 127.43 | 210 | 60.68 |
| 3 | 100 % Cemento Portland + 0% Cal Hidratado | 3" | 176.71 | 29.95 | 11,972 | 21/11/2015 | 7 | 28/11/2015 | 229.90 | 132.67 | 210 | 63.17 |
| 4 | 100 % Cemento Portland + 0% Cal Hidratado | 3" | 176.95 | 29.95 | 12,046 | 21/11/2015 | 14 | 05/12/2015 | 257.60 | 148.45 | 210 | 70.69 |
| 5 | 100 % Cemento Portland + 0% Cal Hidratado | 3" | 177.19 | 30.00 | 11,965 | 21/11/2015 | 14 | 05/12/2015 | 252.00 | 145.02 | 210 | 69.06 |
| 6 | 100 % Cemento Portland + 0% Cal Hidratado | 3" | 177.89 | 30.00 | 11,948 | 21/11/2015 | 14 | 05/12/2015 | 256.90 | 147.26 | 210 | 70.13 |
| 7 | 100 % Cemento Portland + 0% Cal Hidratado | 3" | 179.50 | 30.10 | 11,922 | 21/11/2015 | 28 | 19/12/2015 | 352.00 | 199.97 | 210 | 95.22 |
| 8 | 100 % Cemento Portland + 0% Cal Hidratado | 3" | 178.50 | 29.90 | 11,892 | 21/11/2015 | 28 | 19/12/2015 | 350.60 | 200.29 | 210 | 95.38 |
| 9 | 100 % Cemento Portland + 0% Cal Hidratado | 3" | 179.10 | 30.20 | 11,932 | 21/11/2015 | 28 | 19/12/2015 | 351.80 | 200.30 | 210 | 95.38 |

OBSERVACIONES : Los respectivos especimenes arriba prescritos son ejecutados con la nivelación de Equipo ECONOCAP y con Almohadillas de Neopreno en ambas bases de la probeta. La toma de Concreto Fresco fueron Elaboradas, Etiquetadas, Curadas en Laboratorio por el Solicitante.



J & C - LABORATORIOS
 JR. MANUEL PINO N° 120
 CEL. 951 682115 - PUNO - PERU

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 SERVICIO DE MECANICA DE SUELOS
 CONCRETO, ASFALTO Y PAVIMENTOS

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
 (ASTM C - 39)

PROYECTO : ADICION DE LA CAL EN LA RESISTENCIA DE LA COMPRESION DE UN CONCRETO - PUNO
 UBICACIÓN : Distrito de Puno, Provincia de Puno, Region de Puno
 SOLICITA : JUAN F. PACCO
 DOSIFICACION : 95% Cemento Portland + 5 % Cal Hidratado
 F'c : 210 Kg/cm²

FECHA : 20 DE DICIEMBRE DEL 2015
 OPERADOR : F.J.C.P.
 ING. RESPONSABLE : H.Ñ. B.

| M. N° | PROCEDENCIA PROBETAS | SLUMP (Pulg.) | AREA cm ² | ALTURA (cm) | PESO Ptb. (Kg.) | FECHA DE MOLDEO | EDAD Dias | FECHA DE ROTURA | LECTURA del DIAL EN. KN | RESISTENCIA f'c=Kg./cm ² | DISEÑO f'c=Kg./cm ² | COEF. A LA RESISTENCIA (%) |
|-------|---|---------------|----------------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1 | 95 % Cemento Portland + 5 % Cal Hidratado | 3" | 179.18 | 30.45 | 11884 | 22/11/2015 | 7 | 29/11/2015 | 199.80 | 113.71 | 210 | 54.15 |
| 2 | 95 % Cemento Portland + 5 % Cal Hidratado | 3" | 178.18 | 30.45 | 11774 | 22/11/2015 | 7 | 29/11/2015 | 202.80 | 116.06 | 210 | 55.27 |
| 3 | 95 % Cemento Portland + 5 % Cal Hidratado | 3" | 179.12 | 30.05 | 11873 | 22/11/2015 | 7 | 29/11/2015 | 194.10 | 110.50 | 210 | 52.62 |
| 4 | 95 % Cemento Portland + 5 % Cal Hidratado | 3" | 178.65 | 29.95 | 11982 | 22/11/2015 | 14 | 06/12/2015 | 237.30 | 135.45 | 210 | 64.50 |
| 5 | 95 % Cemento Portland + 5 % Cal Hidratado | 3" | 179.52 | 30.13 | 11811 | 22/11/2015 | 14 | 06/12/2015 | 237.90 | 135.13 | 210 | 64.35 |
| 6 | 95 % Cemento Portland + 5 % Cal Hidratado | 3" | 178.10 | 30.18 | 11910 | 22/11/2015 | 14 | 06/12/2015 | 240.30 | 137.58 | 210 | 65.52 |
| 7 | 95 % Cemento Portland + 5 % Cal Hidratado | 3" | 179.20 | 29.90 | 11877 | 22/11/2015 | 28 | 20/12/2015 | 365.50 | 207.98 | 210 | 99.04 |
| 8 | 95 % Cemento Portland + 5 % Cal Hidratado | 3" | 178.90 | 30.20 | 11946 | 22/11/2015 | 28 | 20/12/2015 | 348.80 | 198.81 | 210 | 94.67 |
| 9 | 95 % Cemento Portland + 5 % Cal Hidratado | 3" | 179.00 | 30.00 | 11919 | 22/11/2015 | 28 | 20/12/2015 | 355.60 | 202.58 | 210 | 96.47 |

OBSERVACIONES : Los respectivos especimenes arriba prescritos son ejecutados con la nivelación de Equipo ECONOCAP y con Almohadillas de Neopreno en ambas bases de la probeta. La toma de Concreto Fresco fueron Elaboradas, Etiquetadas, Curadas en Laboratorio por el Solicitante.

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN



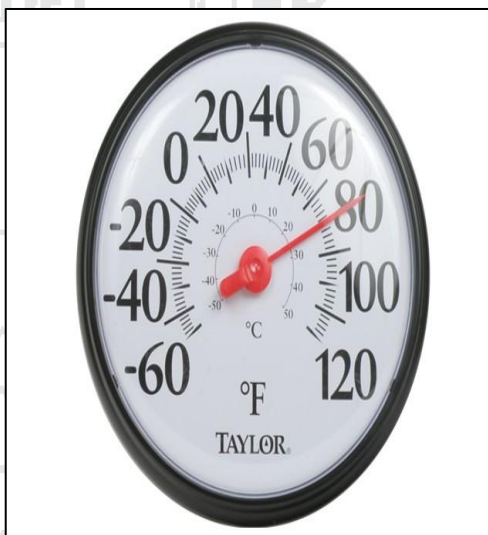
Nº 01: Pala



Nº 02: Martillo de Goma



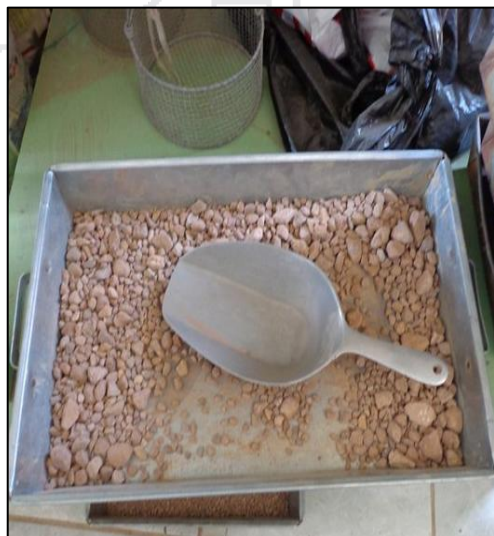
Nº 03: Cucharon de Aluminio



Nº 04: Termómetro para concreto



Nº 05: Mezcladora eléctrico para concreto



Nº 06: Bandeja y cucharon

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN



Nº 07: Cono de Abrams



Nº 08: Juego de Tamices



Nº 09: Horno eléctrico para materiales



Nº 10: Prensa hidráulica



Nº 11: Briqueta o molde de metal



Nº 12: Balanza analítico

PANEL FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN



Fotografía Nº 001: Pesado de cemento en balanza analítico



Fotografía Nº 002: Tamizado de agregados

PANEL FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN



Fotografía N° 003: control de concreto con cono de Abrams



Fotografía N° 004: Etiquetado de Moldes Metálicos para vaciado de concreto

PANEL FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN



Fotografía N° 005: vaciado de concreto en los Moldes Metálicos



Fotografía N° 006: Acabado de concreto en los Moldes Metálicos

PANEL FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN



Fotografía N° 007: Desmolde de concreto endurecido después de 24 horas



Fotografía N° 008: Curado de concreto endurecido en poza de cilindro

PANEL FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN



Fotografía Nº 009: Concreto moldeado maduro listo para la prueba de compresión



Fotografía Nº 010: Prueba de compresión